

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
И АГРОТЕХНОЛОГИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

На правах рукописи



Шейда Елена Владимировна

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ, МИКРОБИОМ ЖЕЛУДОЧНО-
КИШЕЧНОГО ТРАКТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ
НУТРИЕНТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ**

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и
производства продукции животноводства

Диссертация на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Научный консультант:
доктор биологических наук,
член-корреспондент РАН,
С.В. Лебедев

Оренбург – 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 Особенности пищеварения жвачных животных и переваримость питательных веществ у крупного рогатого скота.....	14
1.2 Факторы, оказывающие влияние на деятельность пищеварительной системы.....	25
1.3 Использование жировых добавок в кормлении жвачных животных..	36
1.4 Использование белковых добавок в кормлении крупного рогатого скота.....	48
1.5 Эффективность использования различных кормовых добавок в кормлении сельскохозяйственных животных.....	55
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	64
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	83
3.1 Изучение влияния различного уровня включения в рационы белковых концентратов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота.....	83
3.1.1 Химический анализ соевого шрота и подсолнечного жмыха.....	83
3.1.2 Результаты опытов <i>in vitro</i>	86
3.1.3 Оценка влияния дополнительного введения в рацион различных источников белка на метаболические процессы в организме молодняка крупного рогатого скота.....	95
3.1.4 Влияние качества протеина на процессы пищеварения в различных участках желудочно-кишечного тракта у подопытных животных.....	116
3.1.5 Взаимосвязь активности пищеварительных ферментов с лабильными системами организма в разных биологических средах, а также связь переваримости и усвояемости питательных веществ в кишечнике с активностью пищеварительных ферментов.....	125
3.1.6 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния введения белковых концентратов в рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота.....	126
3.2 Изучение влияния дополнительного введения в рационы жировых компонентов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота.....	130
3.2.1 Сравнительная оценка влияния различных растительных масел на метаболические процессы и адаптацию пищеварительной системы жвачных.....	131
3.2.2 Влияние различных жиров на антиоксидантный статус организма, изменение уровня NO-метаболитов и трипсина в сыворотке крови.....	161
3.2.3 Переваримость аминокислот и жирных кислот при включении в рацион бычков различных источников жира.....	165

3.2.4 Корреляционные связи между активностью пищеварительных ферментов в панкреатическом соке, химусе тонкого отдела кишечника и переваримостью питательных веществ.....	170
3.2.5 Результаты опытов <i>in vitro</i> при использовании в рационах жировых компонентов.....	184
3.2.6 Метагеномный анализ микробиома толстого отдела кишечника бычков при включении в рацион растительных жиров.....	194
3.2.7 Исследование по оценке влияния жировых добавок на обмен веществ и энергии в организме молодняка крупного рогатого скота....	199
3.2.8 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения растительных жиров в рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота.....	205
3.3 Результаты пилотных исследований по апробации включения минеральных веществ в рацион крупного рогатого скота.....	209
3.3.1 Обмен химических элементов в организме молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе различных по ингредиентному составу кормов.....	209
3.3.2 Характеристика используемых минеральных препаратов и установление дозозависимого эффекта влияния данных добавок на рубцовое пищеварение жвачных животных.....	219
3.3.3 Биологическая аттестация минеральных препаратов хрома и железа. Определение порогов токсичности химических элементов на моделях «репортерных» люминесцирующих клеточных тест-систем....	223
3.3.4 Мясная продуктивность опытных бычков.....	228
3.4 Влияние дополнительного включения в рационы микроэлементов на фоне белковых рационов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота.....	235
3.4.1 Влияние дополнительного включения в рационы хрома на обмен веществ и энергии в организме молодняка крупного рогатого скота....	242
3.4.2 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения хрома в белковые рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота.....	264
3.4.3 Влияние дополнительного включения в белковые рационы молодняка крупного рогатого скота железа на обменные процессы в организме.....	269
3.4.4 Результаты опытов <i>in vitro</i> при дополнительном включении в белковые рационы железа.....	273
3.4.5 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения железа в белковые рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота.....	290
3.5 Изучение влияния дополнительного включения микроэлементов хрома и железа в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота на пищеварение и обмен веществ в организме.....	295

3.5.1 Влияние дополнительного включения в жировые рационы микроэлементов хрома на функциональную активность пищеварительной системы.....	295
3.5.2 Результаты опытов <i>in vitro</i> при дополнительном включении в жировые рационы хрома.....	300
3.5.3 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения в жировые рационы хрома при выращивании молодняка крупного рогатого скота.....	315
3.5.4 Влияние дополнительного включения в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота железа на функциональную активность пищеварительной системы.....	318
3.5.5 Изучение адаптационных процессов пищеварительной системы при введении железа в жировые рационы крупного рогатого скота.....	326
3.5.6 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения в жировые рационы железа при выращивании молодняка крупного рогатого скота.....	341
3.6 Разработка математических моделей, описывающих метаболические процессы в организме бычков с различной нутриентной обеспеченностью рационов.....	345
ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	364
ВЫВОДЫ	392
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	397
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	398
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	393
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	439

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Современная концепция питания жвачных основана на знаниях о формировании и деятельности микробиомов преджелудков как действенного инструмента расщепления и переваривания кормов. Микрофлора преджелудков играет ключевую роль в метаболизме, оказывая влияние на иммунитет, усвоение питательных веществ корма и продуктивность животных. При этом специфика рубцового пищеварения накладывает свой отпечаток на системы оценки качества кормов для жвачных, обосновывая необходимость учета таких уникальных особенностей кормовых средств, как расщепляемость протеина и жиров в рубце (NRC, 1980; ARC, 1984; Григорьев Н.Г. с соавт., 1989).

Знания о распаде кормов в преджелудках, способности последних влиять на рубцовое пищеварение были использованы при разработке новых технологий, обеспечивающих повышение полноценности питания животных через «защиту» компонентов кормов от влияния микрофлоры (Фицев А.И., 1995; N. Prafulla, 2013).

Между тем на фоне беспрецедентного повышения генетического потенциала современных пород и кроссов все более очевидным становится недостаток детальных знаний о роли отдельных групп микроорганизмов в пищеварении и формировании продуктивности животных.

Степень разработанности темы. Впервые детальное описание рубцового пищеварения было представлено в начале прошлого века. I. Ph.D. Mc. Donald (1952); А.Д. Синещевым (1965) и другими. Изучены процессы переваримости в рубце протеина, образования и обмена аммиака. Судьба липидов в рубце описана Garton G.A. et al. (1961). Почти в то же время исследования Hungate R.E. (1966) позволили дать оценку роли микрофлоры в рубцовом пищеварении. В последующем учение о микрофлоре рубца и ее функциях получило развитие через использование классических методов микробиологии (Dehority V.A., Orpin C.G., 1988; Hespell R.V. et al., 1997). Однако полученные знания были далеко не

полные ввиду ряда ограничений и недостатков классических методов (Dehority В.А., 2003), в том числе невозможности правильного подсчета микробов (Wells J.E., Russell J.B., 1996), разного количества микроорганизмов, выявляемых при микроскопировании и культивировании на искусственных средах (Leedle J.A.Z. et al, 1982; Wells J.E., Russell J.B., 1996; Zoetendal E.G. et al., 2004). При этом, как оказалось, значительная часть микроорганизмов рубца представлена видами некультивируемыми на существующих питательных средах (Cammack KM et al., 2018; Matthews C et al., 2019). И только в последние десятилетия с появлением современных высокоэффективных методов, таких как метагеномное секвенирование, изучение микроорганизмов рубца стало по-настоящему возможным. Это позволило реализовать ряд глобальных проектов. В частности, в рамках проекта Hungate1000 выявлено и описано около 75 % таксонов на уровне рода бактерий и архей из основного микробиома рубца (Stewart R.D. et al., 2018). В целом микробиом рубца примерно на 95 % представлен бактериями, на 2-5 % археями и на 0,1-1,0 % эукариотами (Kim M., Morrison M., Yu Z., 2011; Mizrahi I, 2018).

Между тем пока успехи в описании роли отдельных микробных сообществ в рубцовом пищеварении куда более скромные, что лишает зоотехнику как науку о трансформации кормов в продукцию фундаментального базиса.

Цель и задачи исследования. Цель работы, которая выполнялась в соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2009-2020 годы» ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (до 2018 года Всероссийский НИИ мясного скотоводства) (госрегистрация: № 0761-2014-0012, № 0761-2014-0010; № 115040610064; № АААА-А17-117021650038-6; АААА-А18-118042090039-1); «Программой выполнения фундаментальных научных исследований, определяемых президиумом Российской академии наук (соглашение № 075-02-2019-1847)»; тематическим планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005); тематическим планом выполнения научных исследований при финансовой

поддержке Российского научного фонда (проект № 20-16-00088; 21-76-10014; 23-16-00061), - изучить особенности рубцового пищеварения и таксономический состав микрофлоры в условиях изменений качественных особенностей протеина и жира кормов, разработать методы коррекции рубцового пищеварения для регуляции адаптации пищеварительной системы, повышения эффективности использования кормов и увеличения продуктивности крупного рогатого скота.

Для достижения поставленной цели выполнялись следующие **задачи**:

- изучить таксономический состав микробиома желудочно-кишечного тракта молодняка крупного рогатого скота при изменении состава рациона;

- изучить особенности процессов метаболизма в организме молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе различных жировых и белковых компонентов;

- изучить в опытах *in vitro* и *in vivo* физиологические особенности процессов пищеварения, протекающих на фоне использования различных кормовых добавок;

- установить дозозависимый эффект влияния препаратов хрома и железа на рубцовое пищеварение и продуктивность животных;

- провести оценку влияния различных кормовых добавок и изменения состава рационов на адаптацию пищеварительной системы крупного рогатого скота;

- установить влияние дополнительного введения микроэлементов на фоне использования белковых и жировых компонентов рационов на физиолого-биохимические процессы в организме молодняка крупного рогатого скота;

- дать научно-хозяйственную и экономическую оценку различных решений по увеличению эффективности использования корма и кормовых добавок в рационах крупного рогатого скота.

Научная новизна состоит в том, что впервые проведен комплексный анализ таксономического состава микробиома рубца и кишечника жвачных при изменении состава рациона по полноценности протеинового и жирового питания

и построены корреляционные связи между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота (свидетельство о регистрации базы данных № 2022620699).

Охарактеризовано таксономическое разнообразие микроорганизмов рубца молодняка крупного рогатого скота в зависимости от состава рациона (свидетельства о регистрации базы данных № 202262068; № 2022620671; № 2022620672; № 2022620708; № 2022620782; № 2022620784; № 20226208324).

В экспериментальных исследованиях определены количественные и качественные показатели чистого панкреатического сока и химуса при включении в рацион крупного рогатого скота различных масел (подсолнечного, пальмового, соевого, рапсового, льняного) и протеиновых добавок (соевого шрота и подсолнечного жмыха).

Получены новые для науки данные об интенсивности течения метаболических процессов в организме и биодоступности компонентов корма при включении протеиновых и жировых компонентов в рационы молодняка крупного рогатого скота.

Получены новые данные о влиянии различных комбинаций минеральных препаратов с растительными жирами и протеиновыми компонентами.

Впервые разработаны математические модели, позволяющие спрогнозировать работу секреторной функции поджелудочной железы в зависимости от жирно- и аминокислотного состава кормов. Дополнены сведения о влиянии химических элементов на морфологические и биохимические показатели, антиоксидантную и ферментативную активность крови, показаны индексы токсичности минералов, установлено изменение уровня NO-метаболитов. Ценность полученных в работе моделей заключается в возможности оценить влияние ингредиентного состава рациона на функции поджелудочной железы по фазам регуляции, что с высокой вероятностью позволит корректировать работу пищеварительной системы при изменяющемся нутриентном спектре рационов кормления полигастричных животных.

Новизна исследований подтверждена патентами РФ на изобретения № 2711259, № 2744196, № 2751961, № 2751962, № 2766683.

Практическая значимость и реализация результатов работы. Изучение таксономического состава микробиома рубца и кишечника жвачных позволило выявить классифицированные и неклассифицированные виды бактерий и установить их связь с физиолого-биохимическими показателями пищеварения (концентрацией летучих жирных кислот, метаболитов азота, переваримостью питательных компонентов корма) и продуктивностью, что позволяет предложить производству дополнительные способы регулирования микробиологических процессов в желудочно-кишечном тракте животного, направленные на повышение эффективности использования корма и увеличение продуктивности.

Разработан способ повышения переваримости питательных компонентов корма в пищеварительном тракте крупного рогатого скота, характеризующийся тем, что бычкам в возрасте 8-9 месяцев вводят в комбикорм ультрадисперсное железо в дозе 2,4 мг на голову в течение 14 дней, что сопровождается повышением эффективности использования корма.

Дополнительное включение в рацион бычков белковой подкормки - подсолнечного жмыха, с включением ультрадисперсного хрома в дозе 200 мг на голову в течение 14 дней сопровождается увеличением активности ферментов поджелудочной железы: амилазы, липазы и кишечных протеаз на 24,8; 56,8 и 7,7 %, что сопровождается повышением интенсивности роста бычков на величину 7-15 %.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке рабочих гипотез и последующей их проверкой по проблематике согласованности таксономического состава микрофлоры рубца и кишечника, формирования ферментативной вооруженности в рубце и кишечнике крупного рогатого скота в рамках разворачивания энтерального гомеостаза при введении в рацион различных источников протеина и сырого жира.

Изучение функциональной активности поджелудочной железы расширяет знания о процессах адаптации пищеварительной системы к изменениям в составе рациона.

Ранее установленные факты по снижению содержания целлюлозолитической микрофлоры в рубце при включении в рацион бычков незащищенного жира с возможным частичным перераспределением расщепления структурных углеводов на толстый отдел кишечника подтверждены экспериментальным материалом: в толстом кишечнике при таких условиях имеет место увеличение численности *Lachnospiraceae* на 11-13 %, участвующих в разложении клетчатки, что сопряжено с ростом численности *Bifidobacteriales* в толстом отделе кишечника.

В работе теоретически обосновано и подтверждено использование отдельных микроэлементов как дополнительного инструмента мобилизации эндогенных пищеварительных энзимов и метагенома желудочно-кишечного тракта в целях повышения доступности для обмена энергии кормов. По итогам исследований разработаны математические модели, позволяющие спрогнозировать работу секреторной функции поджелудочной железы в зависимости от ингредиентного состава рациона и создать условия для разработки моделей неинвазивной оценки пищеварения жвачных животных.

Результаты исследований использованы в методической работе коллектива ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН при подготовке магистров (аккредитация № 2931 от 31 октября 2018 года), ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», внедрены в хозяйствах Оренбургской области.

Основные положения, выносимые на защиту:

- таксономический состав микробиома рубца тесно связан с составом рациона крупного рогатого скота;
- включение кормов с различным содержанием труднорасщепляемого протеина в рацион молодняка крупного рогатого скота сопровождается

изменениями в микробиоме рубца и кишечника, сочетанной коррекцией ферментативной активности в тонком кишечнике;

- включение растительных масел в рацион молодняка крупного рогатого скота сопровождается изменениями в микробиоме рубца и кишечника, сочетанной коррекцией ферментативной активности в тонком кишечнике;

- использование жировых и белковых кормовых добавок отдельно и в комбинации с препаратами микроэлементов железа и хрома активизирует обменные процессы в рубце, способствует стимуляции ферментативной активности поджелудочной железы и увеличению активности пищеварительных ферментов;

- содержимое рубца ингибирует токсичность биотических доз препаратов хрома и железа, что подтверждается в тестах с использованием «репортерных» люминесцирующих клеточных тест-систем;

- отдельные морфологические и биохимические параметры крови молодняка крупного рогатого скота связаны с уровнем труднорасщепляемого протеина и незащищенного жира в рационе;

- использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота комбинации препаратов ультрадисперсных частиц, белковых и жировых кормовых добавок способствует повышению переваримости корма и увеличению экономических показателей производства говядины.

Степень достоверности и апробация работы. Научные положения, выводы и предложения производству обоснованы и базируются на аналитических и экспериментальных данных, степень достоверности которых доказана путем статистической обработки с использованием программного пакета Statistica 10.0.

Выводы и предложения основаны на научных исследованиях, проведенных с использованием современных методов анализа и расчета. Формирование базы данных проводилось с использованием современного оборудования Центра коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН.

Основные материалы диссертационной работы доложены и получили положительную оценку на конференциях и семинарах различного уровня: Международной научно-практической конференции (Оренбург, 2018); Russian conference on innovations in agricultural and rural development (AGROCON-2019) (Курган, 2019); International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA (Омск, 2020); V International workshop on innovations in agro and food technologies (WIAFT-V-2021) (Волгоград, 2021); Sustainable development of traditional and organic agriculture in the concept of green economy (SDGE 2021) (Смоленск, 2021); 2ND International conference on advances in materials, systems and technologies, CAMSTECH 2021 (Красноярск, 2021); 3-й Международной научно-практической конференции (Москва, 2021); Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 2021); Всероссийской научно-практической конференции (Оренбург, 2021); Международной научно-практической конференции «От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК» (Екатеринбург, 2022).

Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормления им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (Оренбург, 2022).

Публикация материалов исследований. По теме диссертации опубликована 61 научная работа, в том числе 3 монографии, 15 статей в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*; 24 – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Новизна исследований подтверждена 6 патентами РФ на изобретения, 13 свидетельствами на базы данных.

Объем и структура работы. Диссертационная работа представлена на 468 страницах компьютерной верстки, состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием материалов и методов исследований, глав собственных

исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, предложений производству и перспектив дальнейшей разработки темы. Содержит 183 таблицы, 85 рисунков и 10 приложений. Список литературы включает 364 источников, в том числе 311 зарубежных.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Особенности пищеварения жвачных животных и переваримость питательных веществ у крупного рогатого скота

Знание физиологических особенностей пищеварения у жвачных животных является необходимой основой для обеспечения их полноценного кормления, содержания, обслуживания, выращивания молодняка, а также профилактики, диагностики и лечения желудочно-кишечных заболеваний. У жвачных животных желудок состоит из 4 камер: преджелудков – рубца, сетки, книжки и желудка – сычуга. Исключение среди жвачных в этом отношении составляют верблюды и ламы, у которых желудок состоит из 3 отделов – рубца, сетки и сычуга (Степанов Д.В., 2006; Георгиевский, 1990; Цюпко В.В., 1984).

В сычуге имеются пищеварительные железы, вырабатывающие желудочный сок. В преджелудках желез, выделяющих желудочный сок, нет, однако именно здесь активно идут сложнейшие пищеварительные процессы, которые осуществляются благодаря симбиозу организма животного с микрофлорой и микрофауной, населяющих преджелудки. Это результат эволюционного приспособления жвачных животных к потреблению и перевариванию больших количеств растительного корма (Pérez-Barbería F.J. и др., 2004; Щипакин М.В. и др., 2017).

Корм в рубце переваривается под действием микроорганизмов – бактерий, простейших и грибов. Преобразуя питательные вещества кормов в структуры собственного тела, микроорганизмы после гибели и прохождения в сычуг и кишечник, сами служат для организма животного важнейшим источником питания (Лаптев и др., 2020; Liu К. и др., 2021). В сутки взрослые животные за счет микроорганизмов могут получать до 400-450 г полноценного белка и удовлетворять свою суточную потребность в нем на 20-30 %. По мнению некоторых исследователей, взрослые жвачные могут полностью удовлетворять свою потребность в белке за счет микроорганизмов (Боголюбова и др., 2019).

Кроме того, макроорганизм использует в метаболических целях промежуточные и конечные продукты бактериальной ферментации. Под действием микроорганизмов в преджелудках расщепляется 95 % сахаров и крахмала, 70 % клетчатки (30 % в толстом кишечнике) и 40-80 % протеина (Голиков А., 1991; Krehbiel C.R., 2014).

Содержимое рубца представляет собой кашицеобразную массу бурого, желтого, серо-зеленого, или интенсивно-зеленого цвета, имеет сильный, своеобразный запах. В рубце жвачных создана почти идеальная среда для размножения микрофлоры и микрофауны (Черная Л., 2017; Лаптев Г. и др., 2018; Хализова З., 2021). Постоянно поступающая слюна содержит необходимые для их роста и развития бикарбонаты, натрий, калий, фосфаты, мочевины, аскорбиновую кислоту. Поддерживается постоянная температура (39-40 °С) и газовый состав. Реакция содержимого рубца у здоровых животных при сбалансированном кормлении нейтральная, слабокислая или слабощелочная, рН обычно 6,8-7,0-7,4. Такая среда, близкая к нейтральной, наиболее благоприятна для метаболических процессов в рубце. Значительные отклонения реакции среды в кислую или щелочную стороны ведут к серьезным патологиям рубцового пищеварения, вплоть до полного отмирания простейших (Ильина Л.А., Йылдырым Е.А., 2017).

Бактериальная масса составляет около 10 % сухого вещества содержимого преджелудков. Концентрация микрофлоры в содержимом рубца весьма велика – 10^9 - 10^{11} бактерий в 1 мл. Число их видов достигает 150. Это переваривающие клетчатку *Ruminococcus flavefaceus*, *R. albus* (Zhang T. и др., 2019), *Bact. succinogenus*, *Cl. cellolyticum*, *Geotrichum candidum* (Swift C. L. И др., 2021); использующие продукты расщепления целлюлозы, крахмала, образующие летучие жирные кислоты и витамины группы В – *Propionibacterium*, *Vellonella*, *Peptostreptococcus elsdenii*, *P. bituribacterium*, *E. coli var.communis* и др. (Brown M.S. и др., 2006; Pang J. и др., 2020).

По форме различают палочки, кокки, спирохеты, вибрионы; по среде обитания это в основном облигатные или факультативные анаэробы.

По используемому субстрату их классифицируют следующим образом:

- а) целлюлозолитические – активно расщепляющие клетчатку;
- б) протеолитические – расщепляющие азотсодержащие вещества;
- в) липолитические – расщепляющие липиды и вызывающие гидрирование и изомеризацию жирных кислот (Ильина Л.А., Йылдырым Е.А., 2017).

В зависимости от конечного продукта жизнедеятельности выделяют молочнокислые бактерии, сбраживающие сахара (глюкозу, мальтозу, галактозу, сахарозу), метаногенные и др. бактерии. Расщепляя растительные корма, бактерии синтезируют вещества собственного тела, аминокислоты, гликоген, микробиальные липиды, витамины группы В (тиамин, рибофлавин, никотиновую кислоту, фолиевую кислоту, биотин, цианкобаламин и др.), а также жирорастворимый витамин К (филохинон). Поэтому взрослые жвачные при сбалансированном кормлении не нуждаются в добавлении этих витаминов в рацион, но молодняк, у которого рубец еще не функционирует, должен получать их с кормом (Jiang Q. и др., 2022).

В рубце также обитают гнилостные, маслянокислые микробы, энтерококки, стафилококки, диплококки, псевдомонасы, бактериофаги. Между отдельными видами бактерий существуют различные формы взаимоотношений (симбиоз, антагонизм, кооперация), что формирует микробную экосистему преджелудков. Видовой состав микрофлоры и микрофауны меняется при смене рационов. Это необходимо учитывать при включении в рацион нового корма, т.е. замену одного корма другим надо проводить постепенно, на протяжении 3-4 дней (Ильина Л., 2017).

Микрофауна преджелудков представлена реснитчатыми и равнореснитчатыми инфузориями (около 50 видов). Общее их количество более 10^9 в 1 мл содержимого. Заселение простейшими преджелудков происходит постепенно, в начале потребления грубого корма. У ягнят ресничные инфузии

появляются на 8-12-й день, у бычков – позднее. Есть данные, свидетельствующие о том, что у бычков инфузории становятся постоянными обитателями рубца с 2-3-месячного возраста. Количество и видовой состав инфузорий в содержимом рубца зависит от условий питания животных (Черная Л., 2015).

В процессе жизни инфузории измельчают и разрыхляют частицы корма, ферментируют сахара, накапливают полисахариды, участвуют в азотистом обмене. В них содержится около 20 % азота, тогда как в бактериях – 12 %. Они синтезируют незаменимые аминокислоты. Белок простейших имеет высокую биологическую ценность.

Имеющиеся в содержимом рубца грибки (дрожжи, плесени, актиномицеты (*Absidia corumbifera*, *Ab. ramose*, *Mucor pusillus*, *Geotrichum candidum*, *Aspergillus fumigates*) обладают целлюлозолитической активностью, сбраживают сахара, синтезируют гликоген, аминокислоты, витамины группы В (Mizrahi I. и др., 2021).

В рубце клетчатка под влиянием целлюлозолитических бактерий, которые выделяют ферменты целлюлазу и целлобиазу, расщепляется до моносахаридов. Крахмал занимает второе место после клетчатки в углеводном питании жвачных животных. Скорость переваривания крахмала зависит от его происхождения и физико-химических свойств. Усваивая сахар, бактерии выделяют продукты его превращения – летучие жирные кислоты (ЛЖК): уксусную (45-76 %), пропионовую (12-29 %), масляную (6-19 %), валериановую (0,6-3,3 %), муравьиную (0-5,0 %). За сутки в среднем образуется до 4-х литров ЛЖК (Russell J.V. и др., 2009; Moraïs S., Mizrahi I., 2019).

Корма растительного происхождения с большим содержанием клетчатки (сено) активируют образование уксусной и пропионовой кислот, а концентрированные - уксусной и масляной. Всосавшиеся кислоты используются организмом для энергетических и пластических целей. Уксусная кислота является предшественником молочного жира, пропионовая - участвует в углеводном обмене и идет на синтез глюкозы, масляная - используется как

энергетический материал и для синтеза тканевого жира. При сбалансированном рационе концентрация ЛЖК в рубце крупного рогатого скота колеблется от 6 до 14 мг/100 мл и у овец от 5 до 15 мг/100 мл (Baldwin R.L., Connor E.E., 2017).

Растительные протеины, поступившие в рубец, расщепляются ферментами протеолитических микроорганизмов до пептидов, аминокислот и аммиака. В рубце происходит всасывание аммиака в кровь, и он поступает в печень, где превращается в мочевины, которая частично выделяется с мочой, а частично со слюной. Значительная часть аммиака путем диффузии из крови через стенку рубца вновь возвращается в его полость и продолжает участвовать в азотистом обмене (Meyer J.H. и др., 1986).

Одновременно с процессами расщепления растительного белка в рубце происходит и синтез бактериального белка. Для этой цели можно использовать и небелковый азот. В основе усвоения азота небелковых соединений (мочевины) лежит микробиологический процесс. Выявлено, что в рубце мочевины (карбамид) быстро гидролизуются микроорганизмами с образованием аммиака, который используется ими для дальнейших синтетических процессов. Скармливание мочевины не вызывает осложнений, если дозы ее не слишком высоки. При скармливании азотсодержащих веществ небелкового происхождения рацион должен быть сбалансирован по содержанию легкопереваримых углеводов, иначе образуется большое количество аммиака, который не может быть полностью использован микроорганизмами, это вызывает нарушения функций почек и печени (Natnael D. A. и др., 2020).

Количество липидов в рационе жвачных обычно невелико. Растительные жиры содержат до 70 % ненасыщенных жирных кислот. Под влиянием ферментов липолитических бактерий жиры в рубце подвергаются гидролизу до моноглицеридов и жирных кислот. Глицерин в рубце подвергается сбраживанию с образованием пропионовой кислоты. Жирные кислоты частью используются для синтеза липидов микробных тел, частью поступают в другие отделы пищеварительного тракта (Dawson R. и др., 1977).

В процессе сбраживания корма в рубце, кроме летучих жирных кислот, образуются газы (углекислый газ, метан, водород, азот, сероводород) и очень незначительное количество кислорода. Количество и состав образующихся в рубце газов непостоянны, что зависит как от содержащихся в рационе кормов, возраста животного, температуры внешней среды, так и от многих других причин. По некоторым данным у крупных животных за сутки образуется до 1000 л газов. Среди них 25-35 % приходится на метан, 60-70 % - углекислый газ, 10-14 % - азот, кислород, водород. Наибольшее количество газов образуется при употреблении легкосбраживаемых и сочных кормов, особенно бобовых культур, что может привести к острому вздутию рубца (тимпанию). Образующиеся в рубце газы удаляются из организма, главным образом, при отрыгивании корма во время жвачки. Значительная их часть всасывается в рубце, переносится кровью в легкие, через которые они удаляются с выдыхаемым воздухом. Через легкие удаляется углекислый газ и метан. Некоторая часть газов используется микроорганизмами для дальнейших биохимических и синтетических процессов (Natnael D.A. и др., 2020).

Жвачка – это процесс многократного отрыгивания корма из рубца в ротовую полость с целью повышения его усвояемости. Рефлекторный механизм включает процесс, который проходит периодически и постоянно. Отрыгивается не весь поступивший корм, а отдельные его порции. Каждая порция перемещается обратно в ротовую полость, где снова смачивается слюной и подвергается пережевыванию в течение примерно минуты, затем вновь поступает в первый преджелудочный отдел. Последовательное сокращение волокон сетки и мышц рубца продвигает пережеванную часть пищи вглубь первого отдела. Период жвачки длится около часа (примерно 50 минут), затем на некоторое время прерывается. В этот промежуток продолжаются сократительные и расслабляющие движения (перистальтика) в системе пищеварения, но отрыгивание не происходит (Зинатдинов Д. и др., 2022).

Деятельность рубца самым тесным образом взаимосвязана с другими органами и системами и находится под контролем центральной нервной системы. Имеющиеся в рубце механо- и барорецепторы раздражаются от растяжения и сокращения мышечного слоя, хеморецепторы - средой содержимого рубца, и все вместе влияют на тонус мышечного слоя рубца. Движения каждого из отделов преджелудков оказывают влияние на другие отделы пищеварительного тракта. Так переполнение сычуга замедляет моторную деятельность книжки, переполнение книжки ослабляет или прекращает сокращение сетки и рубца. Раздражение механорецепторов двенадцатиперстной кишки вызывает торможение сокращений преджелудков (Meyer J.H. и др., 1986).

Потребление и усвояемость являются основными факторами, определяющими качество зерновых кормов, которое можно определить как относительную производительность животных при скармливании кормов для потребления вволю. Продуктивность животных зависит от концентрации питательных веществ, их потребления, усвояемости и метаболической эффективности поглощенных питательных веществ (Гамко Л.Н. и др., 2020). Хотя концентрация питательных веществ, особенно пищевых волокон или концентрация растительных клеточных стенок, влияет на потенциал потребления и усвояемость, именно реакция животного на эти характеристики корма в конечном итоге определяет питательную ценность корма. Добровольное потребление обычно объясняет большую часть различий в продуктивности животных среди кормов, но усвояемость важна, потому что фекалии представляют собой наибольшую потерю проглоченных питательных веществ (Талалай Г.С. и др., 2020).

Корма представляют собой уникальную проблему для способности животного поглощать и переваривать питательные вещества. Корма имеют большой объем по отношению к массе сухого вещества (СВ); то есть они громоздки и трудно перевариваются по сравнению с зерновыми и концентрированными кормами. Оба недостатка кормов связаны с более высокой

концентрацией пищевых волокон, которые они содержат, по сравнению с концентрированными кормами (Van Soest P., 1967).

Для жвачных животных клетчатка – это питательный термин, определяемый как неперевариваемая и медленно перевариваемая фракция корма, занимающая место в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Теоретически нерастворимое пищевое волокно определяется его питательными свойствами, но практически оно определяется химическим методом, используемым для его измерения. Из доступных в настоящее время методов использование волокна нейтрального детергента, обработанного амилазой, является единственным официальным методом (Mertens D., 2002), применяемым обычно для оценки общего количества клетчатки в клеточных стенках растений. Хотя эти термины не являются синонимами, термины «клетчатка», «пищевая клетчатка» или «клетчатка с нейтральным детергентом» используются для обозначения клеточных стенок растений во многих статьях (Banakar P. и др., 2018; Li Z. и др., 2018; Vieira R. и др., 2020; Hendawy A. и др., 2021).

По сравнению с зерном более высокое содержание клетчатки в кормах приводит к большей объемности не потому, что удельная плотность клетчатки выше, чем у неволокнистых компонентов, а потому, что клетчатка в клеточных стенках окружает пространство, которое увеличивает объем корма по отношению к весу. Это аналогично соотношению объема и веса комнаты, окруженной стенами, так называемой «концепции отеля» (Van Soest P., 1994). Объем строения (растительной ткани) намного больше, чем тот, на который указывает вес блоков (тщательно пережеванной растительной ткани), из которого он состоит. Поскольку волокнистые корма более объемные, масса корма, который может быть потреблен или сохранен в желудочно-кишечном тракте животного, ниже, чем у концентратов.

В дополнение к поглощению клетчатка в клеточных стенках растений также влияет на общую усвояемость кормов. Клетчатка состоит в основном из полисахаридов, связанных бета-связями и связанных с лигнином.

Пищеварительные ферменты млекопитающих для углеводов реагируют исключительно с альфа-связями; следовательно, они неэффективны в гидролизе, бета-связанные полисахариды в растениях находятся преимущественно в клеточных стенках. Бактерии и другие микроорганизмы синтезируют ферменты, которые могут гидролизовать бета-связи, а бактериальное брожение – это механизм, используемый животными для расщепления этих полисахаридов до продуктов, которые могут быть абсорбированы и метаболизированы (Galyean M.L., Goetsch A.L., 1993; Kalyani D.C. и др., 2021). Однако бактериальная ферментация бета-связанных полисахаридов является медленным процессом по сравнению с перевариванием альфа-связанных полисахаридов или других питательных веществ, таких как белки и жиры. Эффективное переваривание бета-связанных полисахаридов требует как бактериальной ферментации, так и длительного времени удержания (> 30 часов) в желудочно-кишечном тракте (Selinger L.B. и др., 1996; Liang J. и др., 2020).

Эти химические связи и связи между полисахаридами клеточной стенки и лигнином являются основными факторами, определяющими усвояемость клетчатки. Соотношение различных типов растительных тканей также влияет на усвояемость и варьируется в зависимости от вида растения, анатомической части растения и стадии роста. Рубцовое пищеварение часто лучше всего переваривается мезофиллом и флоэмой, за которыми следуют эпидермис и паренхима, склеренхима и, наконец, лигнифицированная сосудистая ткань (Burns J.C. и др., 1994).

У жвачных животных обычно 60 % общего переваривания СВ происходит в рубце. Основными питательными веществами, ферментируемыми в рубце, являются белки и углеводы. Липиды не перевариваются в какой-либо заметной степени, но избыток водорода, образующийся во время анаэробной ферментации, может гидрогенизировать ненасыщенные жирные кислоты в кормах. В норме жирные кислоты полностью гидрогенизированы, что объясняет, почему жир в мясе жвачных животных является насыщенным (Kellens M.J. и др., 1986). В

условиях низкого рН рубца полиненасыщенные жиры лишь частично гидрогенизируются, что приводит к образованию биоактивных жирных кислот, таких как С18:2 транс-10, цис-12, которые оказывают существенное влияние на метаболизм липидов у животных, что приводит к снижению содержания молочного жира (Nafikov R.A., Beitz D.C., 2007).

Ферментация белка уникальна, потому что она включает как деградацию, так и синтез. Как правило, 60-90 % сырого протеина (СП) в кормах расщепляется в рубце. Сухие корма обычно имеют более низкую способность к разложению белка, чем свежие пастбища или ферментированные силосы. Большая часть белка, ферментированного в рубце, превращается в аммиак, хотя часть поглощается в виде аминокислот и используется для микробного размножения и роста (Stokes S.R. и др., 1991; Харитонов Е.Л., и др., 1999). Некоторое количество аммиака используется бактериями для синтеза аминокислот, но значительная его часть поглощается животными и детоксицируется путем преобразования его в мочевины, которая может либо выводиться с мочой, либо рециркулировать в рубец. Когда аммиак в рубце выводится с мочой в виде мочевины, это представляет собой потерю потенциального пищевого белка, что является отрицательным фактором в результате ферментативного переваривания белка в передней кишке. Эти потери являются наибольшими для кормов с высоким содержанием сырого протеина, особенно кормов с большой долей растворимого протеина или с быстрыми темпами деградации. Однако рециркуляция мочевины в рубец или толстую кишку обеспечивает возможность повторного захвата некоторого количества расщепленного белка микробами. Утилизация мочевины особенно важна при потреблении кормов с низким содержанием белка, поскольку микроорганизмам требуется азот. Когда азот в содержимом рубца не может удовлетворить микробные потребности, ферментация клетчатки снижается, и животное реагирует меньшим потреблением и усвояемостью СВ (Colmenero J.J.O., Broderick G.A., 2006).

Большинство растворимых углеводов в кормах почти полностью сбраживается в рубце. Кроме того, 90 % или более общего переваривания клетчатки жвачными животными также происходит в рубце. Ферментация крахмала в рубце варьирует в зависимости от источника и размера частиц. Крахмал в семенах кукурузы и сорго ферментируется очень медленно (как правило, со скоростью, очень близкой к скорости брожения клетчатки), но крахмал семян ячменя, овса и пшеницы ферментируется гораздо медленнее.

Обработка крахмалистых продуктов путем тонкого измельчения или нагревания для клейстеризации крахмала может значительно увеличить скорость их ферментации. Конечными продуктами ферментации углеводов являются соединения углерода в микробных клетках, летучие жирные кислоты (ЛЖК), углекислый газ, метан и тепло (Huntington G.V., 1997). Микробные клетки и ЛЖК могут быть переварены и использованы животным, но углеводы, ферментированные до углекислого газа, метана и тепла, теряются. Хотя ферментативное пищеварение неэффективно, оно приводит к чистому увеличению питательных веществ для животного, поскольку клетчатка, которая не гидролизуется ферментами млекопитающих, превращается в микробные клетки и ЛЖК, которые используются животным. Кроме того, микробный белок, который синтезируется из аммиака и кормовых аминокислот, имеет высокую питательную ценность и часто дополняет качество белка кормов (Harmon D. и др., 2004; Harmon D.L., Swanson K.C., 2020).

Рубец действует как ферментационная камера с постоянным перемешиванием, в которую добавляется корм, а переваривается при проходе. Таким образом, ферментативное пищеварение является результатом конкуренции между пищеварением и пассажем. Материал ферментируется только тогда, когда он остается в рубце. По мере увеличения потребления увеличивается скорость прохождения перевариваемой пищи и уменьшается время пребывания в рубце для ферментативного пищеварения (Thornton and Minson, 1973; Mertens D.R., Grant, R.J., 2020).

Таким образом, жвачные животные с высоким уровнем потребления переваривают свой корм менее полно, потому что некоторый материал, который мог бы быть переварен, выходит из рубца до завершения пищеварения. Поскольку больше непереваренного материала попадает в нижние отделы желудочно-кишечного тракта, место переваривания смещается.

1.2 Факторы, оказывающие влияние на деятельность пищеварительной системы

Как пищеварительная железа поджелудочная железа состоит из эндокринной части, секретирующей гормоны, такие как инсулин и глюкагон (Jenstad M., Chaudhry F.A., 2013), и экзокринной части, секретирующей пищеварительные ферменты, такие как амилаза, протеаза и липаза, которые играют важную роль в пищеварении. Пищеварение в тонкой кишке у жвачных сходно с таковым у животных с однокамерным желудком, которое в основном зависит от пищеварительных ферментов, выделяемых поджелудочной железой. Однако, поскольку ферментация в рубце разлагает большую часть проглоченного корма, функция и регуляция поджелудочной железы могут различаться у жвачных животных и животных с однокамерным желудком.

Поджелудочная железа выполняет эндокринную и экзокринную функции. Экзокринная поджелудочная железа состоит из многоветвленного дольчатого ацинуса, секретирующего панкреатические ферменты и электролиты, а также другие жидкости. Сок поджелудочной железы состоит из неорганических солей, частиц зимогена и воды и поступает в двенадцатиперстную кишку через проток для переваривания крахмала, белка и жира в химусе. Эндокринная часть поджелудочной железы плотно шаровидная, погружена в экзокринный отдел и состоит из островковых клеток. Островковые клетки делятся на α -, β -, δ - и PP-клетки и секретируют глюкагон, инсулин, соматостатин и полипептиды поджелудочной железы (ингибирование перистальтики желудочно-кишечного

тракта, секреции поджелудочной железы и сокращения желчного пузыря) соответственно (Brereton M.F. и др., 2015).

Хотя поджелудочная железа играет центральную роль в пищеварении и последующем метаболизме питательных веществ, относительно мало известно об адаптации поджелудочной железы к изменениям питания жвачных животных (Harmon D.L., 1992; Harmon D.L., Swanson K.C., 2020). Было высказано предположение, что увеличение потребления крахмала увеличивает активность α -амилазы поджелудочной железы; однако недавняя работа предполагает, что пищевая энергия сама по себе может вызывать эти изменения, и могут существовать взаимодействия с другими питательными веществами, такими как белок. Исследования и описания влияния измененного потребления белков и липидов на адаптацию поджелудочной железы у жвачных животных отсутствуют. Панкреатическая секреция как инсулина, так и глюкагона резко реагирует на внутривенное вливание ЛЖК; тем не менее, исследования кормления показывают, что влияние ЛЖК на инсулин и глюкагон может быть более тонким. Между стимулирующими сигналами и физиологическим состоянием, таким как лактация, существуют взаимодействия (Harmon D.L., Swanson K.C., 2020).

Оценка панкреатической эндокринной секреции дополнительно осложняется непостоянством выведения инсулина и глюкагона печеночными тканями. Эти исследования указывают на то, что секреция гормонов поджелудочной железы контролируется интегрированными и сложными механизмами. Исследования этих контролирующих механизмов должны учитывать весь спектр, чтобы более полно понять секрецию гормонов (Harmon D.L., 1992; Harmon D.L., 1993).

Задача исследования питания жвачных животных включает в себя две различные, но взаимосвязанные цели. Во-первых, необходимо позаботиться о снабжении необходимыми питательными веществами или потребностями в питании, которые коллективно составляют сбалансированную диету для целевых

видов. Эта же цель актуальна и для нежвачных видов. Однако из-за уникальной структуры и функции пищеварительного тракта жвачных все пищевые компоненты подвергаются преджелудочной (рубцовой) ферментации, которая изменяет содержание питательных веществ по сравнению с тем, что содержится в проглоченном корме (Cholewińska P. и др., 2021). В результате ферментация в рубце позволяет использовать широкий спектр пищевых ингредиентов, включая корма, концентраты, побочные продукты и даже переработанные отходы животноводства (Mizrahi I. и др., 2021). Чтобы оптимизировать это использование, необходимо понимать как реакцию экосистемы рубца (например, количество и пропорции произведенных конечных продуктов ферментации), так и то, как характеристики ферментации влияют на реакцию животного. Поэтому вторая цель – понять пищеварительные и метаболические процессы адаптации, возникающие в результате манипуляций с питанием (Harmon D.L., 1992).

Наиболее распространенные изменения в режиме питания жвачных связаны с потреблением корма, соотношением корма и концентрата, а также количеством или качеством белка. По сравнению с нежвачными, немногие исследования на жвачных были сосредоточены непосредственно на адаптации к питанию и еще меньше на секреции поджелудочной железы (Harmon D.L., 1992; Harmon D.L. и др., 2004; Harmon D.L., Swanson K.C., 2020).

Из-за уникальности пищеварения регуляция секреции поджелудочной железы у жвачных животных может отличаться от таковой у нежвачных животных (Harmon D.L., 1992). Поскольку брожение в рубце приводит к непрерывному всасыванию конечных продуктов брожения и полупостоянному потоку пищеварительного тракта после еды, состояние пищеварения жвачных животных существенно отличается от постпрандиального, постабсорбтивного состояния нежвачных животных. Taylor (1962) исследовал секрецию поджелудочной железы у овец и сообщил о непрерывном потоке панкреатического сока и белка с небольшими постпрандиальными колебаниями или без них. Только при длительном голодании (48 ч) было заметно снижение

скорости секреции. Несмотря на постоянную скорость панкреатической секреции, поджелудочная железа жвачных реагирует на многие из тех же раздражителей, которые действуют на поджелудочную железу нежвачных животных (Magee D., 1961; Mostaghni K., 1979; Veretta et al., 1981).

Холецистокинин и секретин являются мощными стимуляторами секреции, как и у нежвачных животных (Blomfield J. et al., 1982). Возможно, одно важное различие может относиться к роли ЛЖК. Внутривенное введение ацетата, пропионата и бутирата стимулирует как панкреатический сок, так и секрецию белка у анестезированных овец (Harada E., Kato S., 1983). Katoh и Tsuda (1984) определили, что секреторная реакция на бутират зависит от концентрации и похожа на ацетилхолин по своему действию на секреторные клетки. Этот ответ на ЛЖК зависит от присутствия как алифатической области, так и свободной карбоксильной группы, качественно подобен ответу, вызываемому ацетилхолином (Katoh K., Tsuda T., 1984), и было показано, что он возникает также у морских свинок (Katoh K., Tsuda T., 1984) и крыс (Ohbo M. и др., 1989), физиологическая значимость этого не установлена.

Brannon P. (1990) проанализировал доступную информацию о пищевой адаптации нежвачных животных. Повышенное потребление белка увеличивает содержание и синтез панкреатических протеаз, но снижает содержание амилазы. Увеличение потребления крахмала или глюкозы увеличивает синтез и секрецию α -амилазы поджелудочной железы, но снижает концентрацию протеазы и липазы. Кормление триглицеридами или жирными кислотами увеличивает секрецию липазы, но снижает секрецию α -амилазы.

Очевидно, что увеличение количества какого-либо одного питательного вещества приводит к увеличению количества пищеварительных ферментов поджелудочной железы для этого питательного вещества. Однако Johnson A. с соавторами (1977) смогли продемонстрировать, что реакция поджелудочной железы на увеличение количества углеводов в рационе не возникает без достаточного количества высококачественного белка в рационе, что указывает на

то, что питательные вещества взаимодействуют друг с другом в своем влиянии на адаптацию поджелудочной железы. Можно предположить, что из-за характера ферментации в рубце, питательные вещества, поступающие в тонкую кишку, не зависят от состава рациона у жвачных животных так сильно, как у нежвачных животных. Тем не менее, необходимо помнить, что рубцовая ферментация позволяет жвачным животным получать гораздо больший набор питательных веществ, и что пищевая адаптация может быть весьма выраженной. Этой адаптацией можно манипулировать для повышения эффективности пищеварения жвачных животных.

Несомненно, наиболее изученным аспектом пищевой адаптации жвачных животных является соотношение пищи и концентрата и панкреатической α -амилазы. Clary J.J. и др. (1969) содержали бычков на пастбище или на цельноконцентратном рационе за 126 дней до убоя. У бычков, получавших полностью концентратный рацион, активность α -амилазы в ткани поджелудочной железы была на 40 % выше, чем у бычков, содержащихся на пастбище. Похожая тенденция была отмечена у овец, которых кормили либо сушеной травой, либо молотой кукурузой в течение 4 недель (Janes et al., 1985). Концентрация α -амилазы поджелудочной железы была на 34 % выше у ягнят, получавших корм на основе молотой кукурузы. Из-за влияния микробиоты рубца на пищеварение в ЖКТ, изменения в синтезе ферментов поджелудочной железы, вероятно, не были зафиксированы после однократного приема пищи.

В нескольких исследованиях изучалось влияние формы углеводов на панкреатическую секрецию α -амилазы. Chittenden L.W. (1984) вводил в двенадцатиперстную кишку глюкозу, мальтозу или крахмал (200 г/день) на срок до 23 дней, контролируя секрецию α -амилазы поджелудочной железы. Инфузия глюкозы повышала секрецию панкреатической α -амилазы на 16-й день, но не на 23-й день. Инфузия мальтозы не влияла на секрецию α -амилазы поджелудочной железы, в то время как вливание крахмала снижало секрецию α -амилазы поджелудочной железы в обоих случаях. Это было первым признаком того, что

повышенное поступление крахмала в тонкий кишечник может оказывать негативное влияние на секрецию α -амилазы поджелудочной железы. Call J.L. и др. (1975) ранее продемонстрировали, что внутривенное вливание 16 % раствора глюкозы снижает секрецию α -амилазы поджелудочной железы. Однако концентрация глюкозы в плазме не изменилась в исследовании Chittenden et al. (1984). Pierzynowski (1990) вводил глюкозу (60 г/ч) в двенадцатиперстную кишку коров (400 кг) через 24 часа голодания. Секреция панкреатической α -амилазы снижалась в течение 19-24 часов голодания по сравнению с первыми 6 часами. Секреция панкреатической α -амилазы еще больше снижалась в течение первых 6 часов приема инфузии глюкозы (от 25 до 30 часов), но восстановилась в течение последних 6 часов (от 43 до 48 часов) инфузии глюкозы. Сходные паттерны реакции наблюдались для общего панкреатического оттока и общей секреции белка, а также для трипсина и секреции химотрипсина.

Johnson D.D. и др. (1986) сравнили влияние дуоденального введения пропионата и кормления монезином на секрецию панкреатической амилазы у овец. Инфузия пропионата кратковременно увеличивала удельную активность α -амилазы в 1-й день инфузии, но в целом ни дуоденальный пропионат, ни этаримонезин не изменяли секрецию α -амилазы поджелудочной железой. В совокупности эти данные указывают на то, что форма углеводов, и особенно глюкоза, может спорадически влиять на общую секрецию поджелудочной железы.

Эти несоответствия затрудняют прогнозирование реакции и мало что делают для решения вопроса о том, как изменения в питании влияют на адаптацию. Одним из важных аспектов может быть взаимосвязь с пищевым белком. Johnson D.D. и др. (1977) продемонстрировали, что у крыс, получавших рацион, содержащий 64 % сахарозы, синтез α -амилазы поджелудочной железы увеличивался в 2-3 раза, если в рационе присутствовал высококачественный белок (19 % казеина), тогда как адаптация поджелудочной железы не происходила при более низком уровне сахара.

Качественный белок (зеин) был источником диетического белка. В исследовании Kreikemeier et al. (1990), фуражные рационы содержали более высокие концентрации сырого протеина, а также потенциально более качественный белок из люцерны. Таким образом, явно негативное влияние зернового кормления на концентрацию панкреатической амилазы может быть положительной реакцией на качество и (или) количество белка в рационе. Эти изменения ферментов поджелудочной железы могут также быть опосредованы другими питательными веществами или их метаболитами.

Lahaie R. (1984) указывал, что изменения в синтезе α -амилазы поджелудочной железы у нежвачных животных были опосредованы изменениями уровня глюкозы и инсулина в крови, а липаза индуцировалась за счет повышения уровня кетонов в крови, связанного с повышенным содержанием жира. Kreikemeier с соавторами (1990) скармливали 90 % фуража (люцерна) и 90 % зернового рациона один или два раза в день. Вполне вероятно, что ЛЖК могут играть постабсорбционную роль в регуляции синтеза белка поджелудочной железы, точно так же, как глюкоза и кетоны у нежвачных животных. Очевидно, большие сдвиги в пропорциях и концентрациях ЛЖК, происходящие при изменении состава рациона, не соответствуют изменениям метаболизма глюкозы во всем организме, связанным с изменениями состава рациона.

Необратимая потеря глюкозы из организма связана с потреблением кормов, независимо от соотношения корм: концентрат (Herbein et al., 1978). Аналогичный вывод был сделан Schmidt S.P., Keith R.K. (1983), которые показали, что необратимая потеря глюкозы увеличивается при повышенном потреблении обоих: 70 % фуража и 70 % рациона концентрата. Взаимосвязь между пищевой энергией и метаболизмом глюкозы может объяснить повышенные концентрации α -амилазы поджелудочной железы, наблюдаемые при повышенном потреблении энергии (Kreikemeier K. et al., 1990). Этот механизм может быть опосредован изменениями содержания ЛЖК в рубце и увеличением количества ЛЖК после

абсорбции, которые происходят при повышенном потреблении (Huntington G.V., Prior R.L., 1981).

Имеющиеся результаты исследований указывают на то, что концентрацией, синтезом и секрецией панкреатической α -амилазы можно управлять с помощью питания. Исследования по определению точных регуляторных механизмов у жвачных животных отсутствуют. Однако остаются неописанными факторы, которые делают невозможным прогнозирование этих изменений только на основе состава рациона. Остается выяснить, можно ли увеличить переваривание крахмала в тонком кишечнике за счет манипуляций с протеазой поджелудочной железы. На жвачных животных было проведено практически мало других исследований, связанных с синтезом и секрецией ферментов поджелудочной железы (Harmon D.L., 1992; Harmon D.L. и др., 2004; Harmon D.L., Swanson K.C., 2020).

Способность к гидролизу белка в тонком кишечнике обычно считается высокой (Owens F.N., Bergen W.G., 1983), но большинство значений переваримости белка в тонком кишечнике находится в диапазоне от 70 до 80 %. Повышенный синтез и секреция протеазы при повышенном потреблении белка (Brannon P., 1990) отсутствуют у жвачных животных. Ферментация в рубце может допускать лишь незначительные колебания в снабжении белком тонкой кишки, а адаптация поджелудочной железы может быть относительно незначительной. Khorasani G. et al. (1990) кормили бычков полуочищенными рационами, содержащими либо соевую муку (35,5 %), либо муку канолы (43 %), и оценивали поступление аминокислот в тонкий кишечник и секрецию панкреатической протеазы. Не было отмечено различий ни по объему панкреатического сока, ни по секреции химотрипсина, ни по трипсину.

Данные о секреции липазы у жвачных животных скудны. Pierzynowski S. (1986) исследовал секрецию поджелудочной железы у овец, подвергавшихся различным диетическим воздействиям. Секреция панкреатической липазы увеличивалась примерно в два раза, когда овец кормили

быстроферментирующим кормом после периода голодания, и была относительно постоянной, когда овцам внутрирубцово вводили быстро или медленно ферментирующийся корм. Значения липазы были намного более постоянными, чем те, о которых сообщалось для панкреатической амилазы в том же исследовании. Неизвестно, будут ли жвачные животные, получающие повышенное количество пищевого жира, адаптироваться к повышенной секреции липазы. Ulbrich M. и др. (1981) продемонстрировали, что у ягнят, выращенных на заменителе молока, активность панкреатической липазы была выше, чем у ягнят, выращенных на овечьем молоке.

Информация по оценке минерального статуса жвачных животных в связи с секрецией поджелудочной железы отсутствует. Fell В. с соавторами (1985) исследовали поджелудочную железу крупного рогатого скота с дефицитом Си. Дефицит меди, о чем свидетельствуют низкие концентрации Си в печени, приводил к поражениям поджелудочной железы у крупного рогатого скота. Эти поражения характеризовались высокой частотой аутофагических вакуолей и липидных капель в ацинарных клетках. Smith В.Л. и Embling P.P. (1984) оценили эффекты пероральных доз ZnO (240 мг Zn/кг массы тела три раза в неделю) на секрецию поджелудочной железы у овец. Пероральное введение привело к тяжелому повреждению поджелудочной железы, сопровождавшемуся снижением выделения панкреатического сока и α -амилазы.

В целом, на секрецию пищеварительных ферментов в поджелудочной железе влияет также множество факторов, например, возраст животного, нейрогуморальная регуляция и диетические компоненты.

Возраст животного является одним из факторов, влияющим на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы жвачных животных. С возрастом происходит развитие поджелудочной железы животных, увеличивается общее количество панкреатического сока, а также увеличивается количество пищеварительных ферментов, содержащихся в поджелудочной железе (Naranjo J. и др., 1997). Скорость выделения панкреатического сока у 4-

дневного теленка составляет всего 150 мл/24 ч, тогда как у 100-дневного теленка выделяется более 1000 мл/24 ч (McCormick R.J., Stewart W.E., 1967). Также сообщалось, что суточная секреция поджелудочной железы увеличилась с 7,9 мл/кг массы тела у 3-недельных бычков до 14,2 мл/кг массы тела через 2 месяца (Zabielski R., Pierzynowski S.G., 2001).

Центральная нервная система регулирует секрецию поджелудочной железы через блуждающий нерв. После блокады блуждающего нерва снижались секреция панкреатического сока, активность трипсина и концентрация белка в панкреатическом соке (Konturek S.J. и др., 2003). Кроме того, стимуляция холинергических нервов может увеличить экзокринную секрецию поджелудочной железы и увеличить секрецию эндогенного секретина и холецистокинина (ХЦК). ХЦК представляет собой важный пептид головного мозга, который регулирует высвобождение ферментов поджелудочной железы. ХЦК продуцируется и секретруется клетками слизистой оболочки кишечника I типа при стимуляции аминокислотами (АА) и жирными кислотами. Кормление интактным казеином также повышало секрецию ХЦК у бычков (Lee В.Н. и др., 2016). ХЦК напрямую стимулирует ацинарные клетки поджелудочной железы к секреции панкреатической амилазы (Wang В.Ј., Cui Z.Ј., 2007), – это процесс, который основан на связывании ХЦК и рецептора ХЦК на поверхности мембран ацинарных клеток. При обнаружении рецепторов ХЦК у теленка было обнаружено, что оба рецептора экспрессируются в поджелудочной железе теленка, но во взрослом возрасте ХЦК был основным рецептором в поджелудочной железе и в основном распределялся в островковых клетках и протоках. Однако мембрана ацинарных клеток поджелудочной железы не находит эти 2 рецептора, что в первую очередь наблюдается потому, что с развитием бычков функция поджелудочной железы трансформируется и деградирует, вызывая утрату некоторых функций. Кроме того, нельзя игнорировать влияние методов визуализации иммунофлуоресцентных анализов и отбора антител к белку-рецептору. Определение того, присутствует ли

рецептор ХЦК на мембране ацинарных клеток поджелудочной железы у взрослых коров, требует дальнейшего изучения (Wang B.J., Cui Z.J., 2007).

Инсулин представляет собой гормон, секретируемый островковыми β -клетками, который регулирует концентрацию глюкозы в крови и действует как сигнальная молекула для участия в других физиологических метаболических процессах организма, таких как стимулирование сигнального пути рапамицина-мишени млекопитающих (mTOR) для регулирования синтеза белка (Tremblay F., Marette A., 2001). Инсулин регулирует уровень глюкозы в крови, способствуя поглощению тканями и утилизации глюкозы и ингибируя гликогенолиз и глюконеогенез (Yea K. и др., 2009). Роль инсулина в регуляции внешнесекреторной функции поджелудочной железы у моногастричных и жвачных животных может различаться. Но регуляция экспрессии мРНК панкреатической α -амилазы в дуоденальной перфузии лейцина у молочных коз не зависит от изменений сывороточного инсулина (Yu Z.P. и др., 2014).

Инициация секреции пищеварительных ферментов происходит перед приемом корма, а это означает, что когда жвачные животные нюхают или видят корм, это может стимулировать высвобождение пищеварительных ферментов поджелудочной железой. Различные виды корма могут влиять на секрецию ферментов поджелудочной железы. Доля и тип пищевых углеводов могут влиять на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы, особенно на секрецию амилазы. Yu Z.P. и др. (2014) сообщили о значительной линейной зависимости между усвояемостью крахмала и амилазой химуса у молочных коз, что указывает на то, что пищевой крахмал влияет на секрецию амилазы поджелудочной железы. Овец кормили различными типами углеводов, включая сено и дробленую кукурузу, и было обнаружено, что концентрация и жизнеспособность панкреатической амилазы в группе, получавшей диету из измельченной кукурузы, были выше, чем в группе, получавшей сено (Janes A. и др., 1985). Секреция α -амилазы поджелудочной железы у молочных коз увеличивалась с

увеличением количества крахмала, выделяемого рубцом, достигала пика при 113 г/ч, а затем снижалась (Xu M. и др., 2010; Harmon D.L., 1992).

В совокупности эти исследования демонстрируют, что поджелудочная железа жвачных животных способна адаптировать экзокринные функции к режиму питания.

1.3 Использование жировых добавок в кормлении жвачных животных

Априори дальнейший рост продуктивности крупного рогатого скота ограничивается функциональными резервами пищеварительного аппарата жвачных по способности переваривать объемистые корма. В этой связи реализация на практике последних достижений селекции и генетики по совершенствованию скота в будущем будет невозможна без максимального использования липидов как наиболее энергоемких соединений (Messana J.D. и др., 2013). Энергетическая ценность жиров более чем вдвое превышает таковую для других кормовых средств, и обычно они имеют высокую переваримость, соответственно в рационе их удельный вклад в энергетический обмен наиболее значителен. Между тем непосредственное наращивание уровня жира в рационе жвачных выше рекомендуемого уровня сопряжено с изменением процессов пищеварения в виду нарушения обмена в преджелудках (Scott T.W., Ashes J.R., 1993; Toral P.G. и др., 2020).

Липиды, особенно полярные, влияют на микробный обмен, соответственно рост микроорганизмов зависит от концентрации жирных кислот: низкие концентрации стимулируют рост бактерий, высокие – подавляют его. Тормозящее свойство ненасыщенных жирных кислот по отношению к рубцовым микроорганизмам объясняется их большой поверхностной активностью. Длинноцепочечные ненасыщенные жирные кислоты оказывают на клеточную стенку бактерии детергентоподобное действие, что может приводить к ее разрушению. Процесс гидрогенизации сопровождается ингибирующим

действием по отношению к рубцовым микроорганизмам (Shi Y. и др., 2018; Vargas J.E. и др., 2020; Hu R и др., 2020).

Негативным последствием применения ненасыщенных жирных кислот является снижение потребления сухого корма, нарушение переваривания клетчатки. Совокупным эффектом является снижение продуктивного действия кормов и относительное падение рентабельности производства животноводческой продукции (Harvatine K.J., Allen M.S., 2006).

В рубце животных содержатся *Isotricha intestinalis*, *Isotricha prostoma* и др., которые имеют специальные органеллы – гидрогеносомы, в которых происходит синтез АТФ с выделением молекулярного водорода (Agarwal N. и др., 2015; Tzirita M. и др., 2018).

Эти бактерии содержат в себе гидрогеносомы (Choudhury P.K. и др., 2015). Выделяющийся водород реагирует с ненасыщенными жирными кислотами пищи – идет процесс биогидрогенизации, в результате которого возможно образование транс-изомеров жирных кислот. Самым распространенным из них является транс-изомер олеиновой кислоты C18:1 – вакценовая кислота (Ferlay A. и др., 2017; Schmidely P. и др., 2017).

Часть ненасыщенных жирных кислот не подвергается биогидрогенизации, а накапливается в рубце, где интенсивно окисляется с образованием ацетоуксусной, β -оксимасляной кислот и ацетона (Amachawadi R.G., Nagaraja T.G., 2016). Данное обстоятельство побудило ученых к созданию группы кормовых добавок, содержащих так называемый защищенный жир, недоступный для микрофлоры рубца. «Защищенность» также означает, что более высокие уровни энергии могут быть достигнуты без вреда для рубца, в то же время, уменьшая риск ацидоза. Термин «защищенность» является условным. В США для его обозначения введен термин «bypass fat»/ «проскакивающие жиры». Липиды, «защищенные» от разрушения в рубце, проходят с химусом через сычуг и затем подвергаются гидролизу в тонком кишечнике, где и усваиваются. Сочетание защищенности в рубце, высокая усвояемость в тонком кишечнике и

эффективность использования энергии объясняет превосходный показатель энергоэффективности защищенного жира (Naik P.K. и др., 2013; Ahmed S. и др., 2020; Mohd Azmi A.F. и др., 2021).

Кормовые добавки, содержащие «защищенные жиры» различаются по типу обработки: гидрогенизированные, фракционированные, омыленные (кальциевые соли ВЖК). От типа обработки зависит жирнокислотный состав кормовых добавок. Так, например, у гидрогенизированных жиров в составе преобладает стеариновая и пальмитиновая жирные кислоты, у фракционированных – пальмитиновая, а у кальциевых солей высокий процент содержания олеиновой и линолевой жирных кислот. На сегодняшний день эффективность кормовых добавок «защищенных жиров» была подтверждена различными исследованиями, в которых наблюдалось увеличение удоев в среднем на 3 л/сут, а также жирности молока на 0,5-1 % (Морозова Л.А. и др., 2013; Есаулова Л.А., Елизарова Т.И., 2016).

Известна биологически активная добавка (БАД) в капсулированной форме для сельскохозяйственных животных, а именно для дойных коров, включающая лецитин из подсолнечника – 74,5 мас. %, плоды рябины – 25 мас. % и анисовое эфирное масло – 0,5 мас. %. Указанный БАД в мягкой желатиновой капсуле способствует достижению равновесия в оксидантно-антиоксидантной системе организма животных в стрессовых условиях при интенсивной технологии содержания (патент РФ № 2616841 от 18.04.2017).

Известен способ приготовления корма для сельскохозяйственных животных и птиц с использованием подсолнечного фуза по патенту РФ № 2244440 (опубликованный 20.01.2005), включающий смешивание подсолнечникового фуза с дробленным зерновым компонентом в быстрооборотистом смесителе миксерного типа с частотой оборота вала 1000-1500 об/мин, при этом оптимальную дозу введения фуза при смешивании с дробленным зерном устанавливают 30 %, кроме того, в смесь добавляют 0,1 % антиоксиданта.

Известен способ, описанный в источнике WO9924159 (A1) от 20.05.1999, который включает формирование эмульсии или дисперсии альгината и активного вещества, инкапсуляцию путем контактирования капель эмульсии или дисперсии с водным раствором ионов двух- или трехвалентных металлов.

Обмен и пищеварение жиров и жирных кислот у жвачных животных в настоящее время представляет значительный интерес как для ученых, так и для сельскохозяйственной промышленности (Lock A.L. и др., 2006; Doreau M., Chilliard Y., 1997; Sears A. и др., 2020; Левахин Г. и др., 2012). Тема вызвала новый интерес по ряду причин: во-первых, использование жировых добавок в рационе увеличилось и будет продолжать расти, поскольку диетологи стремятся увеличить энергетическую плотность рационов, чтобы удовлетворить потребности высокопродуктивных молочных коров, и, во-вторых, мы теперь признаем, что жирные кислоты, поступающие с пищей и образованные в рубце, могут оказывать специфическое и сильное воздействие на метаболизм жвачных животных и здоровье человека (Nur Atikah I. et al., 2018; Moallem U., 2018). Повышенный интерес к этим областям и недавние усовершенствования аналитических процедур привели к попыткам включить метаболизм липидов в модели пищеварения жвачных животных, и, если все сделано правильно, это может потенциально быть полезным при составлении рационов и принятии решений, разработке процессов и рекомендаций (Lock A.L. и др., 2006).

В рубце происходит активный метаболизм липидов, и это оказывает большое влияние на профиль жирных кислот, доступных для абсорбции и использования тканями. Что касается метаболизма липидов, то в рубце происходят два основных процесса: гидролиз сложноэфирных связей в рубце у липидов и биогидрирование ненасыщенных жирных кислот (Ibrahim N.A. И др., 2021). Гидролиз пищевых липидов происходит преимущественно из-за бактерий рубца, при этом мало данных о значительной роли простейших и грибов рубца или липаз слюны и растений. Хотя степень гидролиза обычно высока (>85 %), был идентифицирован ряд факторов, влияющих на скорость и степень гидролиза.

Например, степень гидролиза снижается по мере увеличения содержания жиров в пище или когда такие факторы, как низкий pH рубца и ионофоры, подавляют активность и рост бактерий (Doreau M., Chilliard Y., 1997, Harfoot C.G. и др., 1997).

Из-за токсичности ненасыщенных жирных кислот для многих бактерий рубца биогидрирование этих жирных кислот является вторым важным преобразованием, которому пищевые липиды могут подвергаться в рубце. Для этого требуется свободная жирная кислота, и, как следствие, скорость всегда меньше, чем при гидролизе, и факторы, влияющие на гидролиз, также влияют на биогидрирование (Харитонов Е.Л., Панюшкин Д.Е., 2016). Большая часть биогидрогенизации (> 80 %) происходит в связи с мелкими частицами пищи, и это приписывается внеклеточным ферментам бактерий, либо связанным с кормом, либо свободным во взвешенном состоянии (Harfoot C.G. и др., 1997).

Многочисленные исследования *in vitro* и *in vivo* выявили основные пути биогидрогенизации рубца; классические пути были установлены с использованием чистых культур организмов рубца, а бактерии, участвующие в биогидрогенизации, были разделены на две группы, А и В, на основе их метаболических путей (Кемп Р. и др., 1984). Для полного биогидрирования полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) обычно требуются бактерии обеих групп. Хотя группа А содержит много бактерий, которые могут гидрогенизировать ПНЖК до транс-18:1 жирных кислот, только несколько видов, охарактеризованных как группа В, могут гидрогенизировать транс-18:1 жирную кислоту до стеариновой кислоты (Harfoot C.G. и др., 1997). Эта особенность биогидрирования объясняет, почему повышенное потребление ПНЖК одновременно вызывает увеличение в рубце концентрации мононенасыщенных жирных кислот и снижение концентрации насыщенных жирных кислот.

В целом скорость биогидрирования жирных кислот в рубце обычно выше с увеличением степени ненасыщенности, и, для большинства рационов

линолевая кислота и линоленовая кислота гидрогенизируются на 70-95 % и 85-100 % соответственно. Эти данные согласуются с обзором Doreau and Ferlay (1994), основанным на данных по всем видам жвачных животных. Следовательно, экстенсивный метаболизм пищевых ненасыщенных жирных кислот в рубце приводит к тому, что стеариновая кислота является основной жирной кислотой, поступающей в двенадцатиперстную кишку (Харитонов Е.Л., Панюшкин Д.Е., 2016).

Линолевая кислота обычно является наиболее распространенной жирной кислотой, присутствующей в рационе молочных коров, и ее потребление широко варьируется; однако только часть потребленной линолевой кислоты (в среднем 272 г/день) фактически доступна для всасывания (средний дуоденальный поток 56 г/день). С другой стороны, как правило, потребляется очень мало стеариновой кислоты (18:0) (в среднем 52 г/сут), но наблюдалось обратное увеличение поступления стеариновой кислоты в двенадцатиперстную кишку (в среднем 397 г/сут), в результате того, что она является конечным продуктом биогидрирования всех 18-углеродных полиненасыщенных жирных кислот (McKain N. и др., 2010; Bauman D.E. и др., 2020).

Переваривание и метаболизм пищевых жиров и жирных кислот у жвачных животных сложны. В рубце происходит активный метаболизм пищевых ненасыщенных жирных кислот, в результате чего липидный материал, покидающий рубец, состоит в основном из свободных жирных кислот, которые являются высоконасыщенными (Maia M.R. и др., 2007). Хотя гидролиз липидов и классические пути биогидрирования жирных кислот хорошо известны, аналитические усовершенствования выявили сложность метаболизма липидов в рубце. Ясно, что существует множество путей биогидрогенизации, и на этот процесс влияет множество факторов, связанных с питанием и рубцовой средой (Baldin M. и др., 2022; Makmur M. и др., 2022). Как следствие, во время биогидрогенизации в рубце образуется множество промежуточных жирных кислот; недавние исследования установили, что некоторые из этих уникальных

жирных кислот являются сигнальными молекулами, которые регулируют метаболические процессы у коровы, а другие могут оказывать благотворное влияние на здоровье при употреблении в молочных продуктах (Wąsowska I. и др., 2006). Прежде чем может произойти кишечная абсорбция, жирные кислоты должны быть высвобождены из их тесной связи с твердыми частицами пищеварительного тракта. Это преодолевается за счет растворения жирных кислот в водной среде с образованием мицелл в этом процессе (Freeman C.P., 1969; Lock A.L. и др., 2006; Bionaz M. и др., 2020).

У жвачных животных развился ряд ключевых отличий и особенностей всасывания жирных кислот по сравнению с нежвачными животными, которые обеспечивают эффективное всасывание жирных кислот, и они включают различия как в составе солей желчных кислот, так и в составе амфифилов, участвующих в образовании мицелл, а также в медленном и непрерывном процессе выделения относительно небольшого количества жирных кислот в двенадцатиперстную кишку (Chesworth J. и др., 1998). Следовательно, в целом способность жвачных животных усваивать жирные кислоты, особенно насыщенных жирных кислот, намного выше, чем у нежвачных животных (Andrews R.J., Lewis D., 1970). Имеющиеся данные исследований с лактирующими молочными коровами показывают, что относительные различия в усвояемости отдельных жирных кислот незначительны и очень мало влияют на обширные различия, о которых сообщается в литературе. Скорее, эта вариация, вероятно, отражает различия в рационах, конкретных компонентах корма и методологии в отдельных экспериментах. Таким образом, за исключением добавок с насыщенными триглицеридами, нет оснований полагать, что различные добавки с жирами заметно повлияют на общую усвояемость жирных кислот (Lock A.L. и др., 2006; Chesworth J. и др., 1998).

Растительное масло можно использовать для повышения энергетической ценности рациона; управления ферментативными процессами в рубце; изменения деградации питательных веществ, пищеварения и абсорбции; и

улучшения характеристики и качества туши (Laake I. и др., 2012; Castro T. и др., 2019; Ibrahim N.A. и др. 2021). Пальмовое масло (ПМ) получают из плодов масличной пальмы (*Elaeis guineenses*), растения африканского происхождения, адаптированного к тропическим регионам (Dian N. и др., 2017). Цель этого исследования состояла в том, чтобы оценить ПМ как дополнительный источник жира в рационах жвачных животных. Таким образом, было проведено два исследования, чтобы понять влияние включения ПМ на производительность, поведение при приеме пищи, усвояемость питательных веществ, параметры ферментации и характеристики туши. Результаты показали снижение потребления сухого вещества с последующим негативным влиянием на усвояемость, продуктивность и характеристики туши из-за включения в рацион пальмового масла. Однако добавление источника липидов снижало количество простейших и соотношение ацетат/пропионат, важные характеристики для снижения метаногенеза в рубце в дальнейших исследованиях (Dos Santos N.J.A. и др., 2022).

Добавление липидов в результате использования растительных масел в питании жвачных использовалось для повышения энергетической плотности рационов, чтобы обеспечить большую эффективность производства из-за высокой калорийности (Santana M. и др., 2014). Однако использование семян масличных культур в рационах жвачных животных может поставить под угрозу микробный метаболизм в рубце и, следовательно, пищевое поведение жвачных животных. Источники растительного масла можно использовать в качестве манипуляторов ферментации в рубце, способствуя изменению способности к деградации, перевариванию и усвоению питательных веществ (Hristov A.N. и др., 2011; Santana M. и др., 2014; Morais J.S. и др., 2017). Влияние добавок липидов на функцию рубца в основном связано с токсическим действием жирных кислот на микроорганизмы, дестабилизацией мембран и физическими эффектами, которые ухудшают адгезию бактерий и усвояемость корма (Fiorentini G. и др., 2013).

Использование ПМ в питании жвачных животных вредно для микроорганизмов рубца из-за профиля насыщенных и среднецепочечных жирных кислот с более высокими концентрациями лауриновой кислоты (46,6 %) и миристиновой кислоты (16,0 %) (Харитонов Е.Л., Панюшкин Д.Е., 2016).

Лауриновая кислота действует путем дестабилизации клеточной мембраны и нарушения энергетического обмена и транспорта питательных веществ, что приводит к гибели микробных клеток, в основном целлюлозолитических бактерий и реснитчатых простейших. Микроорганизмы, разлагающие клетчатку, являются одними из наиболее чувствительных к пальмоядровому маслу в рационе (Yoon В.К. и др., 2018; Nitbani F.O. и др., 2022). Однако в сбалансированном количестве оно может улучшить использование азота в рубце (Faciola A.P., Broderick G.A., 2014) за счет уменьшения количества простейших и археобактерий (Zhou X. и др., 2013). Простейшие отрицательно влияют на утилизацию белка, так как уменьшают поступление микробного белка в рубец (Jouany J.P., 1996). Поэтому также важно понимать оптимальные уровни ПМ, которые должны быть включены в рацион быков. Считается, что включение ПМ в корма быков в условиях содержания улучшает использование азота в рубце, способствуя улучшению параметров ферментации в рубце и, следовательно, усвояемость, пищевое поведение, продуктивность и характеристики туши животных.

Побочные продукты являются важными источниками корма для жвачных животных, и оценка их физических (Giger-Reverdin S., 2000), химических и метаболических (Morais, J.S. и др., 2017) характеристик необходима для понимания их потенциального использования. Увеличение содержания косточкового пальмового масла в рационе не было полезным для быков на откорме, так как снижало потребление питательных компонентов корма и, следовательно, продуктивность животных. Включение ПМ напрямую влияло на потребление питательных веществ, снижая СВ. Многие объяснения этого пагубного эффекта могут быть связаны с приемлемостью рациона для животных,

поскольку уровни ПМ повышают избирательность рациона, а также противомикробные эффекты, как это наблюдалось в других исследованиях (Zhou X. и др., 2013; Kang S. и др., 2016).

Аллен и др. (2000) предположили, что это влияние на потребление может быть связано с влиянием жира на ферментацию в рубце, приемлемостью диеты, высвобождением кишечных гормонов, таких как холецистокинин, которые действуют на центр контроля насыщения, и эффектом окисления липидов в печени. Кроме того, поскольку изменяется ферментация рубца, это напрямую влияет на потребление и усвояемость некоторых питательных веществ (например, СВ и клетчатки) и как следствие на продуктивность животных. Этот эффект может быть в основном связан с более низким потреблением СВ, также наблюдаемым в исследовании, поскольку потребление этих питательных веществ связано с продуктивностью животных (Da Silva L.D. и др., 2016).

Увеличение содержания пальмового масла способствовало снижению потребления сырого протеина и, следовательно, азота, способствуя снижению выделяемого азота. Избыток выделяемого азота является показателем дисбаланса белково-энергетического соотношения в рационе (Rocha T.C. и др., 2016). Включение косточкового пальмового масла привело к снижению экскреции N с мочой животных на 32,9 %, и это снижение желательное, поскольку это дорогостоящее питательное вещество в рационе животных, а экскреция связана с расходом энергии из-за процесса дезаминирования, происходящего в печени (Yanza Y.R. и др., 2021).

Кроме того, Van Soest P. (1994) сообщает, что низкое потребление азота приводит к уменьшению экскреции мочевины с мочой из-за большей рециркуляции животным для поддержания физиологического гомеостатического контроля.

Снижение потребления СВ, вызванное включением ПМ, не повлияло на время кормления, в то время как животные больше времени проводили в кормушке, не потребляя корм, а отбирая его во время еды. Эти результаты

указывают на снижение эффективности кормления и жвачки (как СВ, так и нейтрально детергентная клетчатка), наблюдаемое при включении РКО. Из-за снижения приемлемости рациона животными, снижения потребления сухого вещества, уровни РКО, присутствующие в рационах, повлияли на повышение избирательности животных, при этом грубые корма предпочитались концентратам и требовалось больше времени для жевательной активности (Mertens D.R., 1997; Oh M.R. и др., 2016).

Жирные кислоты со средней длиной цепи, такие как лауриновая кислота, могут поглощаться микроорганизмами или частицами пищи в рубце (Patra A.K., 2013). Растворяясь в липидном слое клеточной мембраны, молекулы лауриновой кислоты могут вызывать дестабилизацию мембраны с изменением ее проницаемости и текучести (Eugène M. и др., 2004), что приводит к уменьшению популяции грамположительных бактерий, главным образом поражая целлюлолитические и реснитчатые простейшие (Ibrahim N.A. И др., 2021). Другим фактором, который также объясняет снижение усвояемости клетчатки и СВ, является физический механизм покрытия клетчаткой липидов РКО, что ухудшает адгезию бактерий и усвояемость пищи (Oliveira R. и др., 2015).

Влияние включения растительного масла в рацион на параметры рубца включало увеличение концентрации пропионата и снижение содержания ацетата и бутирата. Эти результаты показывают неблагоприятное воздействие лауриновой кислоты, присутствующей в РКО, на микроорганизмы, разрушающие волокна (Patra A.K., 2013).

Кроме того, исследования показывают, что изменение рубцовой микрофлоры приводит к снижению молярного отношения ацетата к бутирату и увеличению содержания пропионата в рубцовой жидкости (Faciola, A.P.; Broderick, G.A., 2014). Другая гипотеза заключается в том, что включение растительного масла снижает количество энергии, доступной в рубце для микробного синтеза белка, поскольку жир не является источником энергии,

используемой микроорганизмами (Visoná-Oliveira M. и др., 2015; Wanderley A.M., 2021).

В исследовании dos Santos, N.C. с соавторами (2022) было показано, что включение косточкового пальмового масла повлияло не только на продуктивность животных, но и на характеристики их туши. Включение пальмового растительного масла снижало индекс площади поясницы и толщину жира туш животных со средними значениями 64,9 см² и 4,79 мм соответственно. Идеальные показатели толщины жира составляют от 6 до 10 мм, а значения менее 3 мм снижают качество мяса животных из-за укорочения мышечных волокон из-за холода (Saleem M.U., Majeed K.A., 2014). Несмотря на уменьшение толщины жира в тушах животных, средние значения находились в пределах, не ухудшающих качество мяса исследуемых животных. Однако необходимо подчеркнуть, что самая низкая использованная доза (11,5 г/кг СВ) не оказала негативного влияния на изучаемые переменные, что свидетельствует о необходимости изучения включения более низких доз и воздействия на бактериальную микробиоту.

Уровень включения пальмового масла в рационы быков должен быть не более 11,5 г/кг СВ, так как включение пальмового масла в количестве до 34,6 г/кг СВ в рационы стойловых бычков снижает содержание СВ и потребление питательных веществ и отрицательно влияет на их переваримость. Однако на продуктивность (конечная масса и среднесуточный прирост) и характеристики туши (масса парной туши, масса охлажденной туши и площадь реберного глазка) негативно повлияло включение пальмового масла. Включение пальмового масла снижает количество простейших, влияя на процессы ферментации и снижая соотношение ацетат/пропионат. Отмечено снижение экскреции азота с калом и мочой при включении пальмового масла (dos Santos, N.C. и др., 2022).

1.4 Использование белковых добавок в кормлении крупного рогатого скота

Скудные ресурсы высококачественных белковых кормов ограничивают обеспечение сельскохозяйственных животных полноценными рационами кормления. Белки, полученные из растений, животных, и небелковый азот обычно используются в качестве источников сырого протеина (СП) в рационах жвачных животных. Соевый шрот (СШ) был основным источником белка из-за его относительно высокой концентрации СП, нерасщепляемого в рубце белка (RUP) и его хорошо сбалансированного аминокислотного (АА) состава (Cherif С. и др., 2018). Однако из-за высоких и изменчивых цен в последние годы спрос на альтернативы соевого шрота для снижения затрат на кормление и увеличения прибыли фермерских хозяйств увеличился (Romero-Huelva М. и др., 2017).

Несколько сельскохозяйственных побочных продуктов, таких как рапсовая мука (RSM) и хлопковая мука (CSM), которые являются экономически эффективными и легкодоступными, в последнее время используются в качестве источников белка в рационах жвачных животных. Многочисленные исследователи оценивали влияние различных источников белка на усвояемость питательных веществ и ферментацию рубца у жвачных животных (Cherif С. и др., 2018; Sanchez-Duarte J. и др., 2019; Paula E. и др., 2020).

В исследовании Мi Н. с соавторами (2022) использовали двухпоточную систему непрерывного культивирования для оценки влияния различных источников пищевого белка, включая соевую муку (СМ), хлопковую муку (ХМ) и рапсовую муку (РМ), на расщепление питательных веществ, ферментацию рубца и микробиоту жвачных. Пищевые белки всех указанных трех видов муки не влияли на исчезновение питательных веществ. Соевая мука или рапсовая мука значительно снижали рН и повышали концентрацию аммиачного азота (NH-N) в ферментационной жидкости по сравнению с соевой мукой. Содержание короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК) было выше, а ацетата было ниже при использовании соевой муки, чем рапсовой или хлопковой, тогда как

пропионата было больше при даче рапсовой, чем при даче соевой муки, что привело к снижению соотношения ацетата к пропионату при даче рапсовой муки (Mi H. и др., 2022). *Bacteroidetes*, *Firmicutes* и *Proteobacteria* являлись доминирующими таксонами, а относительная численность *Spirochaetae* и *Chlorobi* снизилась в группах, получавших хлопковую муку и рапсовое масло. На уровне рода *Prevotella* был доминирующим родом; по сравнению с рационом, содержащим соевую муку, его относительная численность была больше, чем при даче хлопкового и рапсового масла. Численность *Prevotellaceae* и *Christensenellaceae* была ниже при даче соевой муки, тогда как содержание *Eubacterium_oxidoreducens* и *Treponema* были ниже при даче хлопкового и рапсового масла, а другие роды не различались. Несмотря на то, что бактериальное сообщество менялось при использовании различных источников пищевого белка, на исчезновение питательных веществ это не влияло, что позволяет предположить, что хлопковая и рапсовая мука могут использоваться бактериями рубца, как в случае с соевой мукой, и являются подходящими источниками белка для рационов жвачных животных (Mi H. и др., 2022).

Белки из различных источников обычно имеют разные химические характеристики, такие как состав аминокислот, содержание белков, разлагаемых и неразлагаемых в рубце, а также их соотношения. Различия в химических характеристиках рационов являются основными факторами, влияющими на усвояемость, характеристики ферментации в рубце и возможность микробного использования белка из разных источников (Klevenhusen F. и др., 2017; Huang Y. и др., 2019).

Ферментация рубца и микробный профиль могут быть соответствующим образом изменены, когда крупный рогатый скот кормят рационами из разных источников пищевого белка, это может быть связано с различиями в структуре и способности разлагать разные источники белка (Wang R. и др., 2009). Способность сырого протеина к разложению в рубце в значительной степени связана с концентрацией аммиачного азота (NH-N) в рубце. McCarthy R. с

соавторами (1989) сообщили о более высокой концентрации NH-N в соевом шроте, чем в кукурузной глютенной муке, из-за более высокой способности соломы к разложению в рубце.

Точно так же Cherif С. и соавт. (2018) сообщили, что у коров, которых кормили молотой или плющенной фасолью, концентрация NH-N в рубце была выше, чем у коров, получавших соевый шрот, что было связано с более высокой растворимостью и расщепляемостью сырого протеина в молотых или плющенных фасолях. Однако источники белка оказывают незначительное влияние на усвояемость других питательных веществ в рубце. Маккарти и др. (1989) обнаружили, что переваривание органического вещества (ОВ), крахмала, кислотно-детергентной клетчатки (КДК) и нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) не влияло на пищеварение в рубце. Соевое масло или рапсовое масло можно частично заменить кормовой мочевиной или мочевиной медленного высвобождения, не влияя на продуктивность молока или усвояемость рациона (Sinclair L. и др., 2012).

И хлопковая, и рапсовая мука характеризуются более высоким содержанием белка, нерастворимого в рубце, чем соевая (NRC 2001). Они являются альтернативными источниками белка, которые можно использовать для замены соевой муки в рационах жвачных животных. Однако замена соевой муки на хлопковую или рапсовую влияет на производительность крупного рогатого скота, а при использовании рапсовой и хлопковой муки в рационах жвачных наблюдались как отрицательные (Imaizumi H. и др., 2016), так и положительные эффекты на ферментацию рубца и продуктивность (Rutkowska J. и др., 2015; Shingfield K. и др., 2016).

Ученые считают, что различные альтернативные эффекты, возникающие в результате пищевых источников белка, могут быть связаны с трансформацией микробиоты рубца. Многочисленные исследования показали, что тип диеты может изменить микробиоту рубца (Cremonesi P. и др., 2018; Klevenhusen et al., 2017; Niu W. и др., 2017). Кроме того, исследования, сосредоточенные на связи

между пищевым белком и микробиотой рубца (He Y. и др., 2018), обнаружили, что рационы с высоким содержанием сырого протеина были полезны для роста *Butyrivibrio fibrisolvens* из-за более высокого уровня аммиака в рубце быков голштинской породы. Wang L. и др. (2019) предположили, что микробные сообщества желудочно-кишечного тракта влияют на эффективность использования азота у жвачных. Zhang X. и др. (2020) сообщили, что снижение содержания СП в рационе на 3 % уменьшило относительное богатство *Bacteroidetes*, что может быть связано с повышением эффективности использования углеводов в рубце.

Большинство предыдущих исследований были сосредоточены на том, как уровни белка влияют на микробиоту рубца, а влияние различных источников растительного белка на бактериальные сообщества рубца относительно не изучалось. Таким образом, это исследование было направлено на использование двухпоточной непрерывной системы культивирования для оценки влияния различных источников пищевого белка, включая соевую, хлопковую или рапсовую муку, на исчезновение питательных веществ, ферментацию рубца и микробиоту.

В исследовании переваримость сухого вещества, сырого протеина и клетчатки не отличались между вариантами с внесением рапсовой, хлопковой или соевой муки. Эти результаты согласуются с данными, полученными в исследовании McCarthy R. с соавторами (1989) *in vivo* о том, что на переваривание сухого вещества и клетчатки в рубце не влияли пищевые источники СР.

Сообщалось, что рапсовая и хлопковая мука имеют более низкое содержание белка, нерасщепляемого в рубце, чем соевая (NRC 2001). Paula E. с соавторами (2017) обнаружили, что соевая мука или шрот канолы с непереваримым белком в рубце в диапазоне от 38 до 50 % СР не влияют на переваривание питательных веществ. Zagorakis K. с соавторами (2018) сообщили, что при кормлении на поддерживающем уровне овцы, получавшие рационы с

использованием SBM, RSM и семян гороха в качестве источников белка, имели одинаковую усвояемость СВ, СП и клетчатки. В более позднем исследовании Tian Y. с соавторами (2019) сообщили, что тип источника пищевого белка (соевое, хлопковое или рапсовое масло) не влиял на эффективную скорость деградации сухого вещества и сырого протеина у молочных коров. Основное различие в составе питательных веществ в рационе в этом исследовании заключалось в содержании протеина, деградируемого в рубце. Sun F. и др. (2019) сообщили, что снижение уровня протеина, растворимого в рубце, в изоазотистых рационах не повлияло на очевидную усвояемость питательных веществ в общем тракте. Все эти исследования показали, что рапсовая и хлопковая мука содержат такое же количество белка и доступность, что и соевая мука, при включении в рацион жвачных животных. Кроме того, это также свидетельствует о том, что двухпоточная система непрерывной ферментации культуры является осуществимой технологией для имитации условий *in vivo*.

Ферментация в рубце может быть должным образом изменена с помощью различных источников пищевого белка (Wang H. и др., 2009). Ожидалось, что диеты с более высоким уровнем протеина, который может расщепиться в рубце, приведут к более высоким концентрациям NH-N (Agle et al. 2010); однако другие исследования показали противоположные результаты (Colmenero J.J.O., Broderick G.A., 2006; Zhou K. et al. 2019), предполагая, что содержание протеина, который может расщепиться в рубце, не всегда было основной причиной концентрации NH-N, и что уровень энергии и эффективность синтеза микробного белка также влияют на использование азотистых соединений (Russell J. и др., 1983). Кроме того, внесение соевой муки приводило к большей общей концентрации короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), чем внесение хлопковой или рапсовой муки, что соответствовало исследованиям, проведенным Xu Z. (2004). Это связано с тем, что протеин, который расщепляется в рубце, может либо использоваться для микробного синтеза белка, либо преобразовываться в КЦЖК или NH-N (Firkins J. et al. 2007).

Однако, если меньше белка, расщепляемого в рубце, используется для производства КЦЖК и синтеза микробного белка из-за ограничений энергии, то больше белка, расщепляемого в рубце, будет преобразовано в NH-N, что приведет к накоплению NH-N (Russell et al., 1983). В совокупности исследователи предположили, что соевая мука была частично ферментирована для производства КЦЖК вместо NH-N, что привело к большему производству КЦЖК при внесении соевой муки, чем при добавлении хлопковой или рапсовой муки. Различия в процентном содержании ацетата и пропионата и ацетата/пропионата указывают на то, что диеты соевой и хлопковой муки были полезны для синтеза жирных кислот, а внесение рапсовой муки было полезно для синтеза белка (Sutton J., Morant S., 1989). Сообщалось, что КЦЖК с разветвленной цепью (изобутират и изовалерат) были получены из пищевых аминокислот с разветвленной цепью (Hobson P., Stewart S., 1997), которые составляли 17,08 %, 16,11 % и 13,22 % СП в семенах сои, рапса и хлопка соответственно (NRC 2001). Таким образом, в текущем исследовании более низкая молярная доля КЦЖК с разветвленной цепью при внесении хлопковой муки, вероятно, была связана с более низким содержанием аминокислот с разветвленной цепью в данной добавке, что имело ту же тенденцию, что и количество простейших.

Некоторые виды простейших, такие как энтодиниоморфные простейшие, поглощают крахмал и изолируют его от бактерий, предотвращая его быстрое брожение бактериями, продуцирующими молочную кислоту (Bonhomme A., 1990), это указывает на то, что простейшие могут участвовать в регуляции pH. У взрослых жвачных животных инфузории являются причиной преобладания простейших в рубце (Fonty G. и др., 1988). Кроме того, инфузории могут фагоцитировать бактерии и грибы, которые могут использовать NH-N для синтеза микробных белков и стимулирования их размножения (Chalupa W., 1976). Это может быть причиной того, что количество простейших в группе, получавшей соевое масло, как правило, выше, чем в группах, получавших рапсовое или хлопковое.

Было изучено влияние источников пищевого белка на микробиоту рубца. Во всех вариантах проведенных экспериментов *Firmicutes*, *Bacteroidetes* и *Proteobacteria* были доминирующими типами, что соответствовало отчетам по молочным коровам, козам и мясному скоту, независимо от рациона питания (Bickhart and Weimer, 2018).

Основное микробное сообщество рубца является общим для жвачных животных, хотя состав этого сообщества зависит от рациона питания и хозяина (Henderson et al., 2015). Автор исследования сгруппировал образцы различных диетических групп, предполагая, что источники белка могут влиять на микробиоту в рубце. Примечательно, что в SBM наблюдалось большее относительное обилие *Spirochaetae* на уровне типа, чем в RSM и CSM. Спирохеты играют важную роль в разложении растительных полимеров, таких как ксилан, пектин и арабиногалактан (Канале-Парола, 1982). Содержание пектина было выше в соевой муке (Zhu, 2017). Таким образом, различие спирохет может быть связано с содержанием пектина. На уровне рода *Prevotella* был преобладающим родом, и его относительная численность была ниже при добавлении соевой муки. Род *Prevotella* имеет широкую метаболическую нишу из-за генетического родства или высокой генетической изменчивости, что позволяет ему занимать различные экологические ниши в рубце (Liu et al., 2019); таким образом, штаммы рода *Prevotella* чувствительны к источнику пищевого белка. Другое примечательное явление заключается в том, что группа *Eubacterium_oxidoreducens*, принадлежащая к типу *Firmicutes*, была снижена как в группах, получавших хлопковую муку, так и соевую муку. В рубце *Eubacterium* ассоциируется с гемицеллюлолитической активностью и обычно производит органические кислоты (Taguchi et al., 2004). Поскольку содержание нейтрально и кислотно детергентной клетчатки было одинаковым в трех рационах, всплеск его содержания при добавлении сои может свидетельствовать о его потенциальной роли в деградации белка.

Таким образом, источники растительного пищевого белка могут поддерживать стабильную ферментацию рубца, а также структуру и относительную численность микробиоты и являются хорошими источниками протеина в рационах жвачных животных.

1.5 Эффективность использования различных кормовых добавок в кормлении сельскохозяйственных животных

Иммуномодулирующий потенциал диетического хрома (Cr) был продемонстрирован на крупном рогатом скоте. Определенные преимущества для здоровья и продуктивности, связанные с хромом, как у мясного, так и у молочного скота, частично возникают из-за прямых и/или косвенных последствий этого иммуномодулирующего потенциала и из-за давно известных эффектов хрома на метаболизм инсулина и глюкозы (Burton J.L. и др., 1995).

Недавние исследования на молочных телках оценивали чувствительность периферических тканей к инсулину после добавления в корм различных концентраций Cr-дрожжей и экспрессию инсулиновых рецепторов лимфоцитами крови (BL) и сродство к связыванию после добавления в рацион Cr-хелата. Эти данные свидетельствуют о том, что потенцирование действия инсулина Cr может быть опосредовано главным образом пострецепторными путями (Haldar S. et al., 2009). Кроме того, в исследованиях *in vitro* изучалось влияние культуральной среды с добавлением хрома на количественную экспрессию мРНК нескольких цитокинов в бычьих BL, стимулированных конканавалином А (ConA). Эти результаты подтверждают ранее сообщавшееся Cr-опосредованное снижение активности интерлейкина-2 (IL-2) в культуральной среде ConA-стимулированных BL от коров, получавших Cr. Учеными предполагается роль иммунорегуляторных цитокинов, особенно IL-2, как механизма, посредством которого Cr оказывает свое влияние на иммунный ответ крупного рогатого скота. Кроме того, дифференцированное ингибирование хромом скорости роста бактерий *in vitro*, моделирующее возможное воздействие на популяции анаэробных бактерий рубца, предполагает потенциальный косвенный механизм,

с помощью которого пищевой хром может влиять на здоровье и продуктивность жвачных животных (Haldar S. et al., 2009).

Был проведен эксперимент по использованию иммуномодулирующего эффекта трехвалентного хрома (Cr) для повышения иммунитета против чумы мелких жвачных (ЧМЖ). Козы получали 0,5 мг Cr в виде хлорида хрома (+Cr) в течение 60 дней. Прирост живой массы и эффективность конверсии корма улучшились в группе рациона +Cr. Дополнительный Cr не влиял на общее количество моноцитов, эозинофилов и базофилов. Влияние добавок Cr на переменные внутривенного теста на толерантность к глюкозе (IVGTT) было неубедительным. По сравнению с контрольной группой базальная концентрация глюкозы и инсулина была выше, скорость клиренса была медленнее, а период полувыведения из сыворотки был больше в группе, получавшей Cr во время IVGTT. В течение эксперимента концентрация инсулина в сыворотке увеличивалась, а концентрация кортизола снижалась в группе Cr, которая также показала относительно более высокий ответ первичных антител (Ab) против ЧМЖ на 10-й день после вакцинации. Ученые показали, что добавление Cr в виде CrCl_3 в рацион коз, не подвергающихся стрессу, может улучшать первичный ответ антител против ЧМЖ и способствовать повышению иммунитета к заболеванию, помимо стимулирования роста и конверсии корма (Mallard B.A. и др., 1999).

In vitro поглощение глюкозы и синтез белка изучалось Pollard G.V. с соавторами (2001) с использованием сыворотки бычков на откормочных площадках, получавших рацион с добавками органического Cr (OCr). Форма OCr, поставляемая дрожжами с высоким содержанием Cr, предположительно является фактором толерантности к глюкозе (GTF), который потенцирует действие инсулина и состоит из Cr^{3+} , центрально связанного или связанного с остатками цистеина, глутамата, глицина и никотиновой кислоты. Сыворотка, полученная от бычков, получавших рацион с содержанием OCr 0,2 и 0,4 мкг, увеличивала синтез белка в мышцах крупного рогатого скота. Скорость поглощения глюкозы

культурами мышечных клеток была увеличена в сыворотке бычков, получавших ОСг. Эти результаты интерпретируются как предположение о том, что увеличение мускулатуры туш жвачных животных, получающих рацион с добавками ОСг, является результатом улучшения усвоения аминокислот и метаболизма глюкозы в мышечных клетках (Pollard G.V. и др., 2001).

Van Ravenswaay R.O. с соавторами (2001) было проведено два эксперимента для изучения влияния времени и добавления в рацион Fe на концентрации Fe в тканях после краткосрочного, высокого уровня добавок для жвачных животных. В базовый рацион (содержащий 193 мг/кг Fe) добавлялось 0, 400, 800 или 1200 мг/кг Fe из сульфата железа ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Концентрации железа в печени, почках и селезенке увеличивались по мере увеличения содержания Fe в пище; однако концентрация Fe в мышцах, сердце и костях не изменилась. Логарифмическое преобразование концентраций Fe в печени или почках через 30 дней после добавления Fe в рацион дало наилучшее соответствие линейной модели (Van Ravenswaay R.O. и др., 2001). В эксперименте 2 биодоступность Fe из трех кормовых карбонатов железа, о которых известно, что они различаются (карбонаты А, В и С), сравнивали с биодоступностью Fe из сульфата железа реактивной чистоты. Рацион в течение 30 дней включал вышеуказанный основной рацион (90 мг/кг Fe) с добавлением 0, 300, 600 или 900 мг/кг Fe из сульфата железа или 600 мг/кг Fe из карбонатов железа А, В или С. Концентрации Fe в печени жвачных, получавших сульфат железа, были численно выше, чем у животных, получавших источники карбоната или контрольный рацион. Концентрация Fe в почках ягнят, получавших сульфат железа в количестве 600 мг/кг Fe или карбонат-А, была выше, чем у ягнят, получавших карбонаты В или С. Концентрация железа в селезенке была ниже ($P < 0,05$) у ягнят, получавших карбонат-А, В, чем для тех, кто получал 600 мг/кг Fe в виде сульфата железа, но были аналогичны другим карбонатам (Van Ravenswaay R.O. и др., 2001).

Жвачные животные полагаются на симбиоз между хозяином и микробами рубца, при этом микроорганизмы поставляют животному-хозяину белок, витамины и короткоцепочечные органические кислоты (Pinloche et al., 2013; Nuws S.A. и др., 2018). Поглощаемая энергия, глюкоза, образующаяся в печени, и белок, перевариваемый в сычуге, в основном имеют микробное происхождение. Фактически, у нормально функционирующего жвачного животного до 90 % белка, достигающего тонкого кишечника, и до 50 % потребности хозяина в энергии обеспечиваются микробными клетками рубца (Russell, 2002). Пробиотики в целом, как сообщают разные авторы, обладают способностью улучшать здоровье кишечника, стимулируя развитие здоровой микробной экосистемы (Uyeno et al., 2015; Musa et al., 2009), повышать пищеварительную способность и их биодоступность (Ouyetayo V.O., Ouyetayo F.L., 2005), предотвращают колонизацию кишечника кишечными патогенами (Casas and Dobrogosz, 2000), восстанавливают микрофлору кишечника (Musa et al., 2009), снижают pH и улучшают иммунитет слизистой оболочки и всасывание питательных веществ (Timmerman et al., 2005). В результате они должны улучшить продуктивность и общее состояние здоровья жвачных животных.

Основные и часто изучаемые бактериальные микроорганизмы, используемые в качестве пробиотиков в животноводстве, включают микроорганизмы, полученные из *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, виды *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *E.coli* Nissle 1917, *Megasphaera elsdenii* и *Prevotella bryantii* (Chaucheyras-Durand F., Durand H., 2010; Raabis S., Li W., Cersosimo L., 2019; Reuben R.C. и др., 2022).

Бактериальные пробиотические штаммы можно разделить на бактерии, продуцирующие молочную кислоту (LAB), и бактерии, использующие молочную кислоту (LUB). Производство и использование молочной кислоты в рубце связаны с эффективностью корма и здоровьем животных (Seo et al., 2010). Дрожжи и грибковые пробиотики, такие как *Saccharomyces* и *Asperillus* соответственно, дали лучшие результаты у взрослых жвачных животных (Fuller,

1999; Seo et al., 2010). Комбинации штаммов пробиотиков могут усилить благоприятное воздействие на здоровье по сравнению с отдельными штаммами из-за их синергетического эффекта адгезии (Kelsey A.J., Colpoys J.D., 2018).

Фибролитические пробиотики чаще использовались для улучшения пищеварительной функции у взрослых жвачных животных (Kulkarni N.A., Chethan H.S., 2020), а также у жвачных животных перед отъемом (Sun et al., 2010). Целлюлоза расщепляется в рубце определенной популяцией бактерий, потому что животное-хозяин не обладает ферментами, необходимыми для расщепления целлюлозы. Было показано, что дрожжи стимулируют целлюлолитические популяции в рубце и повышают их ферментативную активность (Chiquette, 2009). Этот эффект на целлюлолитическую популяцию, как полагают, является результатом поглощения дрожжами O_2 рубца, что наносит ущерб этим популяциям, тем самым создавая более оптимальную среду для анаэробных бактерий. Внесение *S. cerevisiae* увеличило количество простейших в рубце у бычков, которых кормили рационом на основе соломы, что улучшило усвояемость НДК (Mohammed S. и др., 2018). Сообщается также, что дрожжи выделяют витамины и другие факторы роста (органические кислоты, витамины группы В и аминокислоты), необходимые для роста целлюлозолитических бактерий (Chiquette, 2009; Mahesh M. и др., 2021).

Биологически активные соединения представляют собой вещества, которые присутствуют в пищевых продуктах в небольших количествах и обладают способностью оказывать благотворное влияние на здоровье. Биологически активные соединения включают, помимо прочего, длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), витамины, каротиноиды, пептиды и полифенолы, и их применение обсуждалось в кормлении КРС (Pogorzelska-Nowicka E. и др., 2018; Bałowski M., Kiczorowska B., 2021). За последние годы интерес к этим пищевым питательным веществам для овец возрос, но необходимо оценить, проявляются ли эти ожидаемые преимущества для здоровья животных также в качестве мяса. В то время как

основные производители овец (Китай, Австралия и Новая Зеландия) выращивают тяжелых ягнят с убойным весом 17-23 кг, некоторые средиземноморские страны выращивают гораздо более мелких молочных и легких ягнят с тушой 6-12 кг (Majewska M.P., Kowalik B., 2020).

Мясо жвачных характеризуется наличием значительного процента насыщенных жирных кислот, поскольку ПНЖК из рациона подвергаются процессу биогидрирования, проводимому микроорганизмами рубца, поэтому профиль ЖК мяса отличается от профиля ЖК в рационе. Однако баранина имеет низкое соотношение n-6/n-3 по сравнению с другими видами мяса, такими как свинина и курица (1,2 против 6,4 и 5,0 соответственно) (Woods V.B., Fearon A.M., 2009). Кроме того, это интересный источник конъюгированной линолевой кислоты (CLA), в частности изомера цис-9, транс-11 (также называемой руменово́й кислотой, RA) и α -линоленовой кислоты (ALA, C18:3 n-3) и продукты его удлинения. Они связаны с развитием головного мозга плодов, профилактикой сердечнососудистых заболеваний и снижением канцерогенеза, атеросклероза, возникновения сахарного диабета и жировой массы тела (Innis S.M., 2008).

В последнее десятилетие использование пищевых источников, богатых ПНЖК, особенно семейства n-3, в рационах крупного рогатого скота представляет большой интерес как средство получения продукта, более точно соответствующего современным рекомендациям по питанию человека (Toral P.G. и др., 2018). Были исследованы различные корма, в том числе семена масличных культур, растительные и морские масла, для улучшения профиля жирных кислот мяса баранины. Эти добавки обычно богаты различными липидами (например, льняное семя, семена чиа, рыжиковое масло), линолевой кислотой (LA, C18:2 n-6) (например, кукурузное масло, подсолнечное и сафлоровое), эйкозапентаеновой кислотой (EPA, C20:5 n-6) и докозагексаеновая кислота (DHA, C22:6 n-3) (например, морские водоросли и рыбий жир) или олеиновая кислота (OA, C18:1 цис-9) (например, рапсовое/рапсовое и оливковое масло) (Chikwanha O.C. и др., 2018).

Среди источников, богатых жирными кислотами, льняное семя (*Linum usitatissimum*) является одним из наиболее изученных кормовых ингредиентов. Оно содержит ALA (около 56 %), LA и OA (по 16 %) и насыщенные жирные кислоты (9,5 %). Семена чиа (*Salvia hispanica* L.) – еще один новый корм, который получает широкое распространение из-за высокого содержания АЛК. В него входит до 64 % ALA, LA (19 %) и OA (9 %) (Jimenez P. и др., 2010). В качестве альтернативы, основными источниками ЭПК и ДГК являются морские масла, полученные из рыбы или водорослей. Для кормления скота наиболее важными видами микроводорослей являются *Arthrospira platensis*, *Chlorella* sp., *Isochrysis* sp., *Porphyridium* sp., *Schizochytrium* sp., причем чаще всего используются последние (Ayerza R., Coates W., 2004).

Витамин Е синтезируется только растениями, некоторыми водорослями и цианобактериями (Sattler S.E. и др., 2004), поэтому животные усваивают витамин Е из пищи. Витамин Е действует как антиоксидант, разрывающий цепь, потому что он не разлагается в рубце, а накапливается в липидных бислоях клеточной мембраны, увеличивая антиоксидантный потенциал. Существует широкий консенсус в отношении того, что сверхпитательный витамин Е не улучшает показатели роста или характеристики туши баранины (Bellés M. и др., 2019), но его присутствие – очень полезный способ отсрочить обесцвечивание, потускнение, образование запахов и окисление липидов, защищающих ПНЖК и белки от окисления (Bezerra H.V.A. и др., 2020). Величина эффекта витамина Е зависит от его концентрации в мышцах, что, в свою очередь, зависит от содержания и химической формы поступившего витамина Е, продолжительности периода кормления и вида животного.

С 90-х годов прошлого века известно, что добавление не менее 1000 мг/кг α -токоферола к мясу КРС эффективно для улучшения цвета мяса и стабильности при хранении (Guidera J. et al., 1997), но каждый год появляются новые статьи и обзоры о сверхпитательных дозах витамина Е. Регулировка концентрации витамина Е и времени кормления остается сложной задачей, поскольку витамин

Е очень эффективен, его применение требует больших материальных вложений. Использование витамина Е для замедления окисления мяса имеет много преимуществ по сравнению с другими антиоксидантами: витамин Е в основном хранится рядом с ПНЖК во фракции полярных липидов мышц (фосфолипиды), готовность отдать молекулу водорода свободному радикалу, легкость усвоения, его использование и дополнение, он не разлагается в рубце, и, наконец, это соединение, которое не отвергается потребителями (Álvarez-Rodríguez J. и др., 2022).

Из вышеизложенного материала установлено, что при организации интенсивного выращивания и откорма поголовья крупного рогатого скота, наиболее существенная роль отводится организации полноценного кормления, которое достигается за счет высокого качества кормов, оптимального их сочетания в рационе, а также использования различных кормовых добавок. Кормовые добавки, хотя имеют различную природу, состав и механизм действия, посредством регуляции пищеварения, действуют на организм животного сходным образом. Поэтому в настоящее время первостепенная роль отводится вопросу функциональной поддержки пищеварительной системы за счет использования в рационах животных оптимального количества кормовых добавок, повышающих эффективность усвоения корма и его биологическую доступность. У жвачных животных желудок состоит из 4 камер: преджелудков – рубца, сетки, книжки и желудка – сычуга. Пищеварение в тонкой кишке у жвачных сходно с таковым у животных с однокамерным желудком, которое в основном зависит от пищеварительных ферментов, выделяемых поджелудочной железой. Однако, поскольку ферментация в рубце разлагает большую часть проглоченного корма, функция и регуляция поджелудочной железы различаются у жвачных животных и животных с однокамерным желудком. Поджелудочная железа выполняет эндокринную и экзокринную функции и секреция ею гормонов контролируется интегрированными и сложными механизмами. В целом, на секрецию пищеварительных ферментов в поджелудочной железе влияет также

множество факторов, например, возраст животного, нейрогуморальная регуляция, диетические компоненты и др. Рубцовая ферментация позволяет жвачным животным получать гораздо больший набор питательных веществ, и пищевая адаптация может быть весьма выраженной. Этой адаптацией можно манипулировать для повышения эффективности пищеварения жвачных животных.

Внесение в рацион крупного рогатого скота достаточного количества белка сегодня сопряжено с поиском новых источников высококачественных белковых кормов, например, ими являются отходы производств, вторичные ресурсы и др. Использование различных кормовых добавок в рационе крупного рогатого скота, среди которых могут быть жирные кислоты, различные источники белка и биологически активные соединения ставит своей целью улучшение процессов рубцового пищеварения, повышение переваримости и усвояемости питательных веществ рационов, а также улучшение качественных показателей мяса.

2 Материалы и методы исследований

Исследования проводились в период с 2014 по 2022 гг. на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН» (ФНЦ БСТ РАН).

Отдельные физиологические исследования выполняли в условиях лаборатории биологических испытаний и экспертиз ФНЦ БСТ РАН.

Спектр методов, использованных для достижения поставленных целей, включал: зоотехнические, операционные, морфологические, биохимические, спектрофотометрические, физиологические, математические, микробиологические и молекулярно-биологические методы (рисунок 1).

Объект исследования – бычки казахской белоголовой породы в возрасте 8-10 месяцев.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования осуществлялись в соответствии с требованиями инструкций и рекомендаций к выполнению биологических исследований (Сарымсакова Б.Е., Розенсон Р.И., Баттакова Ж.Е., 2007; Веселова Т.А., Мальцева А.А., Швец И.М., 2018; Russian Regulations, 1987; The Guide for Care and Use of Laboratory Animals, 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество исследуемых опытных образцов.

Содержание и уход за животными осуществляли согласно руководству по ГОСТ 33215-2014.

Проведение экспериментальных исследований и отбор необходимых проб субстратов для анализа осуществляют по общепринятым методикам с соблюдением рекомендаций. Исследования проводятся методом латинского квадрата 4×4 с целью получения максимально достоверных результатов исследования при минимальном количестве подопытных животных. Сущность метода в том, что каждый испытуемый фактор изучают на индивидуальном животном, при этом число периодов должно в точности соответствовать числу изучаемых факторов.

Разработка новых методов нутриентной коррекции рационов для молодняка крупного рогатого скота с целью повышения адаптации пищеварительной системы жвачных к белковым и жировым компонентам кормов

Изучить в опытах in vitro процессы метаболизма, протекающие в «искусственном рубце» на фоне рационов, различных по ингредиентному составу кормов (жировые и белковые рационы с включением УДЧ хрома и железа).	Изучить влияние ингредиентного состава корма (белковые и жировые рационы) на адаптацию пищеварительной системы крупного рогатого скота через изменение экзокринной функции поджелудочной железы.	Определить степень усвоения питательных веществ, биохимические показатели крови и уровень NO-метаболитов при белковых и жировых рационах.	Выполнить комплексные исследования и изучить механизм воздействия хрома и железа на секреторную деятельность поджелудочной железы; морфологический статус и биодоступность компонентов пищи при различных рационах.	Изучить влияние УДЧ на состав микробиома толстого отдела кишечника.	Выполнить корреляционный анализ активности пищеварительных ферментов в разных биологических средах, а также изучить связь переваримости и усвояемости питательных веществ в кишечнике с активностью пищеварительных ферментов.	Разработать методы коррекции рационов для молодняка крупного рогатого скота путем включения хрома и железа.
--	--	---	---	---	--	---

Объекты исследования

Крупный рогатый скот, казахской белоголовой породы, возраст 8-16 мес.	Содержимое рубца, химус 12-перстной кишки, содержимое подвздошной кишки	Панкреатический сок	Кровь, сыворотка	Кал	Корма	Белковые концентраты и растительные жиры	Ультрадисперсные частицы Cr_2O_3 и Fe
---	---	---------------------	------------------	-----	-------	--	---

Методы исследований

Зоотехнический	Операционный	Морфологический	Биохимический	Молекулярно-биологический	Спектрофотометрический	Микробиологический
----------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------------	------------------------	--------------------

Исследуемые показатели

Клинические показатели состояния животных. Прирост живой массы.	Переваримость питательных компонентов корма, жирнокислотный, аминокислотный состав кормов.	Морфологические и биохимические показатели крови. Антиоксидантный статус. Уровень NO-метаболитов.	Определение скорости секреции, изменение уровня активности пищеварительных ферментов панкреатического сока.	Определение видовой разнообразия и количественного состава кишечной микрофлоры методом секвенирования.
---	--	---	---	--

Полученные результаты

Установлены особенности изменения состава крови, специфические тесты компенсации и адаптации организма к изменению ингредиентного состава кормов.	Выявлена роль пищеварительной системы в процессе адаптации. Степень переваримости питательных компонентов корма.	Определена роль поджелудочной железы в процессах переваримости ингредиентного состава рационов в кишечнике. Показано изменение активности пищеварительных ферментов панкреатического сока при введении в корма дополнительных компонентов.	Показано изменение количественного и качественного состава микрофлоры кишечника при включении дополнительных компонентов в рацион.	Выполнен корреляционный анализ активности пищеварительных ферментов в разных биологических средах, изучена связь переваримости и усвояемости питательных и минеральных веществ в кишечнике с активностью пищеварительных ферментов.	Разработаны методы коррекции рационов для молодняка крупного рогатого скота на основании выясненного позитивного влияния на переваримость питательных компонентов жировых и белковых рационов хрома и железа.
---	--	--	--	---	---

Рисунок 1 - Схема исследования

Животные содержатся в специализированных клетках со свободным доступом к воде и корму на базе лаборатории биологических испытаний и экспертиз ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (http://fncbst.ru/?page_id=3054).

Организация работы в лаборатории биологических испытаний и экспертиз осуществляется согласно Приказу Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики» от 01.04.2016 г. №199н.

При составлении рационов кормления применяются нормы кормления, разработанные А.П. Калашниковым и др. (2003). Все рационы перед постановкой эксперимента проходят контроль по показателям качества и безопасности в Испытательном центре ФНЦ БСТ РАН.

Методики и объемы проведения экспериментов на животных предварительно согласовываются на заседании Комиссии по контролю и содержанию животных (Этический комитет, http://fncbst.ru/?page_id=3553), разрешение на проведение исследований оформляется протоколом, далее оформляется акт постановки животных на эксперимент. Все манипуляции с животными проводятся с учетом требований Руководства по работе с лабораторными животными для сотрудников ФНЦ БСТ РАН (http://fncbst.ru/?page_id=3553, Оренбург, 2018).

При проведении исследований проводится ежедневный инструментальный контроль параметров микроклимата в помещении с учетом клеточного содержания, выдерживаются требования по продолжительности освещения, поение вволю, воздухообмен обеспечивает наличие принудительной вентиляции, уборка помещений проводится 1 раз в сутки.

Животным перед началом экспериментального исследования были установлены хронические фистулы рубца (фирма *ANKOM*, США) по методу А.А. Алиева (1998) и установка дуоденального анастомоза (по Синещекову).

Хирургические вмешательства осуществлялись с соблюдением правил асептики и антисептики квалифицированными специалистами.

Для установления фистулы рубца бычков фиксировали на операционном столе на правом боку. Премедикацию производили препаратом ксиланит 0,25-1,5 мл на 100 кг живой массы в/м, местную анестезию раствором новокаина. Поле операции захватывает всю левую голодную ямку. В центре треугольника голодной ямки, где брюшная стенка тонка и хорошо прощупываются сокращения верхнего мешка рубца, намечают круг диаметром 10-12 см. В последующем, вырезав его и по окружности соединив края разреза кожи со стенкой рубца, создают стому.

После такой предварительной круговой фиксации стенки рубца к брюшной стенке края кожи присоединяют к стенке рубца прерывистыми узловатыми швами. После туалета рану припудривали баноцином и накладывали марлевую повязку.

Наложение дуоденального анастомоза у бычков осуществляли под ингаляционным наркозом (интубация). Премедикация: ксиланит 0,25 – 1,5 мл на 100 кг живой массы в/м.

Животное, подвергнутое наркозу, фиксировали в левом боковом положении. Разрез длиной 7-10 см делали в области голодной ямки справа, в направлении ребра, на расстоянии 5-7 см от поперечных отростков позвонков. В разрез подтягивали двенадцатиперстную кишку. Отыскивали большой проток поджелудочной железы и на 3-5 см ниже места его впадения в кишку накладывали (на расстоянии 1 см друг от друга) четыре кисетных шва: внутренние – серозно-мышечные, наружные – через серозный слой. Внутренние швы затягивали, кишку между ними перерезали, культю дезинфицировали, смазывали настойкой йода и инвагинировали с помощью серозных швов. На каждый из образовавшихся слепых концов накладывали продольные серозно-мышечные и серозные кисетные швы. Стенку кишки разрезали, в просвет вставляют фистульные трубки с загнутыми концами.

Края трубок выводили через дополнительные разрезы брюшной стенки и располагали на расстоянии 5-7 см одна от другой. Рану зашивали послойно и покрывали марлевой повязкой. Концы канюль соединяли тонкостенной силиконовой трубкой. В период проведения опытов «мостик» разъединяют и из фистульной трубки изолированного отрезка 12-ти перстной кишки собирают панкреатический сок, вытекающий из подающей фистульной трубки. В период, когда опыты не проводятся, концы обеих фистульных трубок соединяются, и панкреатический сок перетекает из изолированного участка 12-ти перстной кишки в тонкий отдел кишечника.

Подготовка операционного поля: правая или левая половина брюшной стенки выстригалась и выбривалась (область от поперечных отростков поясничных и крестцовых позвонков вентрально до нижней трети брюшной стенки и от 12 межреберья до маклока); после чего осуществлялась подготовка операционного поля по Пирогову.

Кормление подопытных животных осуществлялось по общепринятым нормам, рассчитанным на получение 800-1000 г среднесуточного привеса (Калашников А.П. с соавт., 2003).

Контроль за ростом и развитием животных осуществлялся на основании индивидуального ежемесячного взвешивания утром до кормления в одну и ту же дату. На основании данных определяли абсолютный, относительный и среднесуточный прирост живой массы.

Использование питательных веществ и энергии испытуемых рационов в организме подопытных животных, их продуктивное действие изучали по общепринятому методу балансовых опытов (А.И. Овсянников, 1976).

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 8-10 месяцев, n=30 в каждой серии экспериментов. В каждом опыте животные были разделены на 3 группы: контрольная и опытные – I, II. Продолжительность каждого опыта составила 121 день.

1. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес.

- Контроль: основной рацион (ОР);
- I: ОР+ соевый шрот (замена 5 % от концентрированной части кормов);
- II: ОР+ подсолнечный жмых (замена 5 % от концентрированной части кормов).
2. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 10-14 мес.
- Контроль: основной рацион (ОР);
- I: ОР+ подсолнечное масло, 3 % от СВ рациона;
- II: ОР+ соевое масло, 3 % от СВ рациона.
3. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 11-15 мес.
- Контроль: основной рацион (ОР);
- I: ОР+ хром 200 мкг/кг СВ;
- II: ОР+ железо 1,4 мг/кг СВ.
4. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес.
- Контроль: основной рацион (ОР);
- I: ОР+ соевый шрот (замена 5 % от концентрированной части кормов)+ хром 200 мкг/кг СВ;
- II: ОР+ подсолнечный жмых (замена 5 % от концентрированной части кормов)+ хром 200 мкг/кг СВ.
5. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес.
- Контроль: основной рацион (ОР);
- I: ОР+ соевый шрот (замена 5 % от концентрированной части кормов)+ железо 1,4 мг/кг СВ;
- II: ОР+ подсолнечный жмых (замена 5 % от концентрированной части кормов)+ железо 1,4 мг/кг СВ.
6. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес.
- Контроль: основной рацион (ОР);
- I: ОР+ соевое масло 3 % от СВ+ хром 200 мкг/кг СВ;
- II: ОР+ подсолнечное масло 3 % от СВ+ хром 200 мкг/кг СВ.

7. Опыт: Бычки казахской белоголовой породы, возраст 10-14 мес.

Контроль: основной рацион (ОР);

I: ОР+ подсолнечное масло 3 % от СВ+ железо 1,4 мг/кг СВ;

II: ОР+ соевое масло 3 % от СВ+ железо 1,4 мг/кг СВ.

В исследованиях использовали нерафинированное подсолнечное масло первичного холодного отжима, высшего сорта, ТУ 10.41.59-001-95662146-2017 (соответствует требованиям ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию). Изготовитель: ООО «Хлебодар», Россия, 461705, Оренбургская область, Асекеевский район, ст. Заглядино, ул. Элеваторная, д.2.

Масло пальмовое ГОСТ 31647 - 2012, нерафинированное соевое масло, льняное нерафинированное масло - СТО 40490379-001-2015, ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию. Изготовлено по заказу ООО «Планета вкуса», Россия, ООО «Бизнесойл», 142138, г. Москва, поселение Щаповское, поселок Курилово, ул. Рабочая, д.5.

В качестве изучаемых минеральных препаратов использовали ультрадисперсные формы хрома и железа (УДЧ). УДЧ Fe - получен методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона («Передовые порошковые технологии», г. Томск), $d=90$ нм, Z-потенциал $7,7\pm 0,5$ мВ, содержит 99,8 % - Fe и УДЧ Cr_2O_3 ($d=91$ нм, удельная поверхность – 9 м²/г, Z-потенциал - $93\pm 0,53$ мВ), содержит 99,8 % - Cr, получен методом плазмохимического синтеза (ООО «Платина», г. Москва).

Бычки содержались привязно, поение вволю, кормление двухкратно в сутки. Учет поедаемости кормов проводили один раз в месяц, а в течение балансовых опытов – ежедневно (П.Т. Лебедев, А.Т. Усович, 1976).

Коэффициенты переваримости питательных веществ, а также использование энергии и азота рационов рассчитывали по методикам Н.Г. Григорьева и др. (1984, 1989) по следующим формулам:

$$кпПВ = (ПВр - nПВ) / ПВр, \quad (1)$$

где $k_{ПВ}$ - коэффициент переваримости питательных веществ, %;

$ПВ_p$ - принятые питательные вещества в рационе, г;

$n_{ПВ}$ - непереваренные питательные вещества, г.

$$Эв = 23,95 \cdot СП + 39,77 \cdot СЖ + 20,05 \cdot СК + 17,46 \cdot СБЭВ, \quad (2)$$

где $Эв$ - энергия валовая рациона, МДж;

$СП$ – сырой протеин;

$СЖ$ – сырой жир;

$СК$ – сырая клетчатка;

$СБЭВ$ – сырые безазотистые экстракционные вещества, кг.

$$\text{Энергия пер.} = 24,24 \cdot ПП + 34,12 \cdot ПЖ + 18,51 \cdot ПК + 17,0 \cdot ПБЭВ, \quad (3)$$

где Энергия пер. – переваримая энергия, МДж;

$ПП, ПЖ, ПК, ПБЭВ$ – переваримые протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества.

$$\text{Эобмен.} = 17,46 \cdot ПП + 31,23 \cdot ПЖ + 13,65 \cdot ПК + 14,78 \cdot ПБЭВ, \quad (4)$$

где Эобмен. – обменная энергия, МДж;

$ПП, ПЖ, ПК, ПБЭВ$ – переваримые протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества.

Количество чистой и обменной энергии, необходимое для поддержания жизни:

$$ЧЭП = 5,67 + 0,01 \cdot М, \quad (5)$$

где $ЧЭП$ – чистая энергия поддержания, МДж;

$М$ – масса животного, кг.

$$\text{ОЭП} = \text{ЧЭП}/0,55 + 0,016 \cdot \text{КОЭ}, \quad (6)$$

где ОЭП – обменная энергия поддержания, МДж,

КОЭ – концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона, МДж/кг СВ.

Количество обменной энергии, затраченной организмом животного на продукцию:

$$\text{ОЭП} = \text{Эобмен.} - \text{ОЭП}, \quad (7)$$

где Эобмен. – обменная энергия, МДж;

ОЭП – обменная энергия поддержания, МДж.

Величину чистой энергии прироста определяли:

$$\text{ЧЭ} = 0,035 \cdot \text{КОЭ} \cdot \text{ОЭпрод.}, \quad (8)$$

где ЧЭ – чистая энергия прироста,

КОЭ – концентрация обменной энергии в сухом веществе,

ОЭпрод – обменная энергия, затраченная на продукцию, МДж.

Коэффициент продуктивного использования обменной энергии рационов (КПИ ОЭ) на рост:

$$\text{КПИ ОЭ} = \text{Эприроста, МДж}/\text{ОЭна продукцию, МДж} = \text{ЧЭ}/\text{ОЭП}. \quad (9)$$

Среднесуточный баланс азота у подопытных животных рассчитывали по формулам:

$$\text{Азот перев.} = \text{Азот принят.} - \text{Азот выд. в кале}; \quad (10)$$

$$\text{Азот отложенный на 1 гол} = \text{Азот перев.} - \text{Азот выделен. в моче}; \quad (11)$$

$$\text{Коэффициент использования (\%)} \text{ от принятого} = \frac{\text{Азот отложено на}}{1 \text{ гол} \cdot 100 / \text{Азот принят.}} \quad (12)$$

$$\text{Коэффициент использования (\%)} \text{ от переваренного} = \frac{\text{Азот отложено на}}{1 \text{ гол} \cdot 100 / \text{Азот перев.}} \quad (13)$$

Комплексную оценку мясной продуктивности, синтез компонентов мяса у бычков находили методом контрольного убоя в 15-месячном возрасте по методикам ВИЖ(а), ВНИИМС(а).

По завершению исследований на основании данных по затратам на выращивание бычков и стоимости реализованной продукции, была определена экономическая эффективность применения комплексных препаратов при выращивании молодняка крупного рогатого скота.

Химический состав и питательность кормов, используемых в экспериментах, биосубстраты и остаток корма изучали по методикам согласно ГОСТ, в испытательном центре коллективного пользования ФГБНУ Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Зоотехнический анализ кормов, добавок и субстратов проводили по общепринятым методикам и ГОСТам. В кормах определяли массовую долю сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97), хрома (ГОСТ 30692-2000; ГОСТ 32343-2013), каротина (ГОСТ 13496.17-2019), сахара и крахмала (ГОСТ 26176-2019), витамина А (М 04-10-2007).

В пробах кала определяли массовую долю сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-

2012), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97), хрома (ГОСТ 30692-2000; ГОСТ 32343-2013).

Изучение переваримости СВ рациона производили методом *in vitro* с помощью установки – инкубатора «ANKOM DaisyII» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике. В качестве дисперсионной среды была выбрана дистиллированная вода. Экспериментальные исследования производили на модели бычков с фистулой рубца (n=4).

У фистульных животных через 3 часа после кормления брали пробы рубцового содержимого, которые фильтровали через 4 слоя марли и вносили в камеру инкубатора «ANKOM Daisy II», предварительно в камеру помещали образцы с исследуемыми кормами (мешочки), после чего замещали воздух углекислотной средой и выдерживали при температуре +39 °С в течение 48 часов. По окончании инкубации образцы промывались и высушивались при температуре +60 °С до константного веса.

Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после инкубации по следующей формуле:

$$K = (A-B)/C \cdot 100 \%, \quad (14)$$

где K – коэффициент переваримости сухого вещества корма (%);

A – исходная масса 1 (образец корма с мешочком), мг;

B – масса после инкубации (образец корма с мешочком), мг;

C – исходная масса 2 (образец корма без массы мешочка), мг.

Для изучения влияния различных доз хрома на рубцовое пищеварение жвачных животных методом *in situ* были сформированы 4 образца: контрольный и 3 опытных. В I опытный образец вводили хром в дозировке 100 мкг/кг СВ, во II – 200 мкг/кг СВ и в III – 300 мкг/кг СВ. В качестве биосубстрата использовали пшеничные отруби.

Минеральный препарат железа использовали в дозе I – 1,0 мг/кг СВ, 1,4 мг/кг СВ и 2,0 мг/кг СВ. Перед включением в рацион ультрадисперсные частицы диспергировали в физиологическом растворе с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2 («НПП Академприбор», Россия) (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 30 мин).

Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота по ГОСТ 26180-84.

Определение секреторной деятельности поджелудочной железы. В работе определена активность панкреатических ферментов в соке поджелудочной железы, химусе 12-перстной кишки *in vivo*. Измерение активности амилазы проводилось по Смит-Рою в модификации для определения высокой активности фермента, протеаз – по гидролизу казеина очищенного по Гаммерстену при калориметрическом контроле (длина волны 450 нм), липазы на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). Активность ферментов проводилась на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) (панкреатическая амилаза (набор), α -амилаза (набор), липаза (набор)), трипсина/трипсиногена методом гидролиза казеина и определение суммарной активности протеаз по Ансону.

Определение суммарной активности протеаз (по Ансону) осуществляется следующим образом. Ферментным препаратом действуют на раствор стандартного белка, затем неразложившийся белок осаждают, а в фильтрате определяют количество разложившегося белка по колориметрической реакции Фолина или на спектрофотометре. Принимается, что количество разложившегося белка пропорционально содержанию в

растворе тирозина. При определении активности протеолитических ферментов в 2 пробирки приливают по 2 мл ферментного препарата. В одну из пробирок (контрольную) прибавляют 4 мл 14 %-ного раствора трихлоруксусной кислоты для инактивации фермента. Затем в пробирки добавляют по 2 мл субстрата (1 %-ного раствора казеина) и тщательно перемешивают. Пробирки инкубируют на водяной бане при 30 °С 30 мин.

Через 30 мин в опытную пробирку для прекращения действия ферментов добавляют 4 мл 14 %-ного раствора трихлоруксусной кислоты. После этого содержание пробирок фильтруют через плотный фильтр (фильтрат должен быть совершенно прозрачным) и в фильтрате определяют количество тирозина, образовавшегося в результате расщепления белков под действием протеолитических ферментов.

При спектрофотометрических определениях вычисляют разность $D_0 - D_k$, где D_0 – оптическая плотность опытного образца, D_k – оптическая плотность контрольного образца. Протеолитическую активность препарата выражают в единицах протеолитической активности на 1 мг белка, содержащегося в ферментном препарате (для этого необходимо определить содержание белка в нем), или на 1 г навески материала за 1 ч.

Общая формула для расчета:

$$E_p = (D_0 - D_k) \cdot 2 \cdot 50 / m \cdot V, \quad (15)$$

где E_p – протеолитическая активность (в условных единицах);

D_0 – оптическая плотность опытного раствора после окрашивания;

D_k – оптическая плотность контрольного раствора после окрашивания;

2 – коэффициент для пересчета на 1 г;

50 – общий объем вытяжки, мл;

m – навеска растительного материала, г;

V – объем вытяжки ферментного препарата, взятый для анализа, мл.

Определение трипсина осуществляют так. В девять пробирок из десяти, помещенных в штативе, наливают по 1 мл раствора углекислого натра. В первые две пробирки, помимо этого, добавляют еще по 1 мл исследуемого содержимого (сыворотку крови). В первой пробирке имеется 1 мл испытуемого содержимого, начиная со 2-й пробирки, содержимое разводится соответственно в 2, 4, 8, 16 и т. д. до 9-й, в которой разведение уже в 256 раз. Десятая пробирка, в которой испытуемой жидкости нет, служит контролем. Во все десять пробирок наливают по 2 мл раствора казеина, хорошо смешивают и ставят на 2 часа в термостат при температуре 37 °С. После этого пробирки вынимают из термостата и в каждую из них, начиная с последней, контрольной, наливают по 8-10 капель раствора уксусной кислоты. Количество имеющегося трипсина устанавливают по количеству разведения испытуемой жидкости. Например: в первых 5 пробирках жидкость прозрачная, хлопья в них не образовались, следовательно, казеин переварен, а в последующих пробирках уже жидкость мутная. Следовательно, фермент имеется в первых пяти пробирках, причем в пятой пробирке испытуемая жидкость разведена в 16 раз. Испытуемая жидкость, разведенная в 16 раз или, что все равно 1/16 неразведенной жидкости, переварила 2 мл казеина. Чтобы переварить 1 мл казеина, потребовалось бы жидкости в 2 раза меньше – 1/32 мл. Следовательно, 1 мл испытуемой жидкости может переварить не 1 мл казеина, а в 32 раза больше, т. е. 32 мл казеина, или, как принято называть, 32 трипсиновые единицы.

Морфологические и биохимические исследования крови проводили в лаборатории «Агроэкология техногенных наноматериалов» и Испытательном центре (ФНЦ «Биологических систем и агротехнологий РАН», аттестат аккредитации RA. RU.21ПФ59 от 02.12.15).

Кровь отбирали из яремной вены в вакуумные пробирки с добавлением антикоагулянта, для биохимических показателей – в вакуумные пробирки с активатором свертывания (тромбин). Морфологический анализ крови

проводили на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай), биохимический анализ сыворотки крови – на автоматическом анализаторе CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай) с коммерческими наборами для ветеринарии (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия). Среди морфологических показателей крови определяли: эритроциты, концентрацию гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), тромбоциты, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты, гематокрит.

Биохимические параметры крови включали определение общего белка, альбумина, креатинина, креатинкиназы, мочевины, билирубина (общего, прямого), щелочной фосфатазы, холестерина, глюкозы, триглицеридов, железа, магния, кальция, фосфора, ферритина, аспаратаминотрансферазы (АсАТ), аланинаминотрансферазы (АлАТ), γ -глутамилтрансферазу (ГГТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы (КТ). Определение перекисей липидов (малонового диальдегида (МДА)) проводили в тесте с тиобарбитуровой кислотой (Андреева Л.И., Кожемякин Л.А., Кишкун А.А., 1988).

Определение уровня NO-метаболитов в плазме крови и тканях проводилось спектрофотометрическим методом с реактивом Грисса на микропланшетном анализаторе Infinite PRO F200 (TECAN, Австрия) при длине волны 540 нм (Мажитова М.В., 2011).

Количество аминокислот в корме и химусе оценивали с помощью ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидриновым реагентом и последующим детектированием при длине волны 570 нм (для пролина – 440 нм). Анализы выполняли с использованием системы для высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) YL 9100 HPLC System («Young Lin Instrument Co., Ltd», Корея), которая состоит из кватернарного градиентного насоса YL9110, вакуумного дегазатора YL9101, UV/VIS детектора YL9120, автосамплера YL9150 (постколоночный

дериватизатор Pinnacle PCX, ионообменная колонка Na⁺ 4.0½150 мм, 5 мкм, предколонка Na⁺ 3.0½20 мм, 5 мкм; «Pickering Laboratories, Inc.», США).

Метагеномный анализ содержимого рубца. Микробное биоразнообразие содержимого рубца проводили с помощью MiSeq («Illumina», США) методом секвенирования нового поколения (NGS) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle) в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» (Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН). ДНК-библиотеки для секвенирования были созданы по протоколу «Illumina, Inc.» (США) с праймерами S-D-Bact-0341-b-S-17 и S-D-Bact-0785-a-A-21 к варибельному участку V3-V4 гена 16S рРНК. NGS-секвенирование выполняли на платформе MiSeq («Illumina, Inc.», США) с набором реактивов MiSeq Reagent Kit V3 PE600 («Illumina, Inc.», США). Классификацию полученных операционных таксономических единиц (ОТЕ) проводили с использованием интерактивного инструмента VAMPS и базы данных RDP (<https://vamps.mbl.edu>) 15.03.2021.

Некоторые ОТЕ выравнивали с помощью алгоритма BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome), используя базы данных нуклеотидных последовательностей nr/nt (National Center for Biotechnological Information, NCBI, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) и выравненных последовательностей генов рибосомальной РНК SILVA (<https://www.arb-silva.de>). Для биоинформатической обработки результатов используется программа PEAR (Pair-End AssembleR, PEAR v0.9.8) (Zhang J. et al., 2014). Результаты секвенирования обрабатывали с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel 10, программного обеспечения Microsoft Office (США).

Основные показатели рубцового пищеварения определялись общепринятыми методами (Н.В. Курилов и др., 1979).

Оценку свойств УДЧ на примере окиси хрома (Cr_2O_3) и железа (Fe) в нейтральной среде и рубцовой жидкости проводили в тесте ингибирования бактериальной биолюминесценции.

Исследование проводилось на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБУ ФНЦ БСТ РАН, г. Оренбург.

Химически чистые для анализа (99 %) ультрадисперсные частицы Cr_2O_3 и Fe в количестве 2 и 10 мг соответственно (весы лабораторные ВЛА, класс точности I, допускаемая погрешность $\pm 0,5$ мг), диспергировали ультразвуком частотой 35 кГц в 1 мл дистиллированной воды в течение 30 минут при температуре 25 °С.

Отбор рубцовой жидкости (RF) производили через хроническую фистулу рубца ($d=80$ мм, ANKOM Technology Corporation, США) спустя 3 часа после кормления у быка породы казахская белоголовая (320 кг, 16 мес), основной рацион которого включал 30 % концентратов и 70 % грубых кормов. Транспортировку осуществляли в течение 30 минут, поддерживая температурный режим 38,5 - 39,5 °С. Перед использованием RF тщательно встряхивали и процеживали.

Подготовку люминесцентного бактериального теста «Эколюм» («НВО ИММУНОТЕХ», Россия), представленного лиофилизированной культурой микроорганизмов *Escherichia coli*, несущих гибридную плазмиду pUC19 с клонированными *luxCDABE* генами *P. leiognathi* 54D10 осуществляли по методике, предложенной Е.С. Алешиной и соавторами (2011): к исходному штамму доливали 10 мл дистиллированной охлажденной до 4 °С воды и выдерживали суспензию 30 минут при той же температуре.

Далее в биолюминесцентном планшете проводили серию двукратных разбавлений суспензии изучаемых веществ и рубцовой жидкости, начиная со следующих значений:

50 мкл (Cr_2O_3 , 1 мг/мл) + 50 мкл (рубцовая жидкость, нативная).

50 мкл (Fe, 5 мг/мл) + 50 мкл (рубцовая жидкость, нативная).

100 мкл (рубцовая жидкость, нативная).

100 мкл (дистиллированная вода). Контроль.

После чего в каждую ячейку добавляли по 100 мкл тест-системы «Эколюм», получая итоговые концентрации Cr_2O_3 от 1,0 до 0,0005 мг/мл и Fe от 5,0 до 0,0024 мг/мл.

Токсичность исследуемых образцов определяли на многофункциональном микропланшетном ридере TECAN Infinite F200 (Tecan Austria GmbH, Австрия), фиксируя значение люминесценции бактериального штамма *Escherichia coli* K12 TG1 («Эколюм») в среде с различным содержанием ультрадисперсных частиц и рубцовой жидкости в течение трех часов с периодом 5 минут. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. На основе полученных данных строили графики, отражающие динамику ингибирования биолюминесценции, и вычисляли индекс токсичности по формуле:

$$T = (Ik - Io) / Ik \cdot 100 \%, \quad (16)$$

где Ik – светимость контрольной пробы;

Io – светимость опытной пробы,

Этот показатель позволяет судить о том, насколько сильно проявляется негативное воздействие исследуемого фактора. Однако если последний имеет позитивную составляющую и интенсифицирует свечение, рациональнее рассчитать относительное значение биолюминесценции A , чтобы избежать отрицательных величин:

$$A = Io / Ik \cdot 100 \%. \quad (17)$$

В сущности, это величина, обратная индексу токсичности, отражающая различие в интенсивности свечения контрольной и опытной проб.

Элементный состав биосубстратов был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в ИЦ ЦКП ФНЦ БСТ РАН. При выполнении исследований методами АЭС-ИСП и МС-ИСП озолнение биосубстратов проводилось с использованием микроволновой системы разложения MD-2000 (США). Оценка содержания токсичных элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, «StatSoft Inc.», США) и Microsoft Excel. Статистическая обработка включала расчет среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего (\pm SEM). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $p \leq 0,05$.

На основе табличных данных был проведен корреляционный анализ по отдельным рационам, с дополнительным введением белковых концентратов и растительных жиров. Полученные результаты корреляционного анализа свидетельствуют о существовании корреляционных взаимосвязей на 5 % уровне значимости (со значением коэффициента $r > 0,5$) между активностью ферментов в соке поджелудочной железы, химусе и химическим составом в составе рациона.

Корреляционный анализ проведен по методу Спирмена. При использовании коэффициента ранговой корреляции Спирмена условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента, равные 0,5 – показателями слабой тесноты связи; значения более 0,5, но менее 0,8 – показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,8 и более – показателями высокой тесноты связи.

3 Результаты собственных исследований

3.1 Изучение влияния различного уровня включения в рационы белковых концентратов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота

3.1.1 Химический анализ соевого шрота и подсолнечного жмыха

По результатам химического анализа Центра коллективного пользования отличия между соевым шротом и подсолнечниковым жмыхом представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав соевого шрота и подсолнечного жмыха, %

Наименование показателей	Соевый шрот	Подсолнечный жмых
Сухое вещество	90	90
Сырая клетчатка	2,4	11
Сырой жир	0,7	1,6
Сырой протеин	44,1	34,2
Кальций	0,81	0,68
Фосфор	0,38	0,26
Сырая зола	4,9	6,1
БЭВ	47,9	47,1
Крахмал	5,4	2,3
Сахара	9,7	7,3
Аминокислотный состав, %		
Аргинин	9,90	6,1
Лизин	4,08	3,36
Тирозин	2,64	2,72
Фенилаланин	4,86	3,70
Гистидин	2,91	2,6
Лейцин	11,46	8,25
Метионин	1,0	1,5
Валин	5,25	4,64
Пролин	5,07	2,4
Треанин	4,65	3,16
Серин	4,68	3,7
Аланин	4,8	3,37
Глицин	2,13	5

На основании данных таблицы, соевый шрот при сравнении с подсолнечным жмыхом на 9,9 % содержит больше протеина, однако уступает по содержанию жира на 0,9 %. Соевый шрот содержит больше кальция, фосфора, БЭВ, крахмала и сахара на 0,13, 0,12, 0,8, 3,1 и 2,4 % соответственно. На фоне большего содержания определяемых аминокислот в соевом шроте, он уступал подсолнечному жмыху по показателям метионина на 0,5 %, глицина на 2,87 %.

Способность протеинсодержащих кормов с помощью метаболических процессов, протекающих в рубце, расщепляться до аминокислот называется распадаемостью. На количество переваримого протеина в кишечнике жвачных и доступность азота для получения микробиального белка огромное влияние оказывает распадаемость кормового протеина в рубце. В зависимости от качества протеина в белковых концентратах, уровень расщепляемости протеина был различным (таблица 2).

Таблица 2 – Качественные характеристики протеина высокобелковых кормов опытных рационов *in vitro*, %

Наименование	Содержание СВ, %	Содержание СП в СВ, %	Расщепляемость белка, %	Растворимость белка, %
Соевый шрот	89±0,44	29,9±0,78	58,4±0,32	19,8±0,28
Подсолнечный жмых	90±0,39	38,2±0,41	78,7±0,26	42,4±0,36

Анализ таблицы 2 показал, что расщепляемость белка соевого шрота намного ниже, чем подсолнечного жмыха, в нашем эксперименте разница показана в 20,3 %. Подсолнечный жмых содержит 270,6 г/кг расщепляемого протеина, при этом в соевом шроте данный показатель был равен 155,3 г/кг. Уровень растворимого белка в подсолнечном жмыхе составил 145,8 г/кг, а в соевом шроте 52,7 г/кг.

На фоне разницы по содержанию сырого и расщепляемого протеина в белковых концентратах качественные характеристики рациона достигались

путем включения в рационы опытных групп соевого шрота (I) и жмыха подсолнечного (II) в разных пропорциях (таблица 3).

Таблица 3 – Структура и показатели качества рационов контрольной и опытных групп, %

Показатели	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	66,8	58,4	60,8
Концентраты	26,4	21,4	22,3
Соевый шрот	-	-	10,1
Подсолнечный жмых	-	13,6	-
Патока кормовая	6,0	5,8	6,09
Премикс ПК-60	0,6	0,6	0,6
Соль-лизунец	0,2	0,2	0,2
Питательность рациона, кг			
Кормовых единиц	4,45	4,73	4,66
Сухое вещество	5,95	5,95	5,98
Сырая клетчатка	1,006	0,95	0,98
Сырой жир	0,14	0,14	0,18
Сырой протеин	0,547	0,753	0,796
Кальций	0,04	0,04	0,04
Фосфор	0,01	0,02	0,02
БЭВ	3,01	3,16	3,17
Кобальт	0,001	0,01	0,001
Марганец	0,47	0,44	0,46
ОЭ, МДж	44,6	47,0	47,9

Значимая разница в опытных образцах относительно контроля наблюдалась в отношении сырого протеина (на 62,5 % в I группе и на 49,1 % во II группе) и сырой клетчатки на 7,1 % и 3,7 %, соответственно в I и II группах.

Анализ содержания аминокислот в рационе (таблица 4) показывает, что суммарное их количество в рационах значительно не различалось.

Таблица 4 – Содержание аминокислот в опытных рационах, %

Содержание аминокислот	Группа	
	I опытная	II опытная
Аргинин	0,32	0,22
Лизин	0,16	0,17
Тирозин	0,14	0,14
Фенилаланин	0,18	0,18
Гистидин	0,09	0,09
Лейцин-изолейцин	0,47	0,47
Метионин	0,14	0,14
Валин	0,21	0,22
Пролин	0,23	0,22
Треанин	0,17	0,17
Серин	0,17	0,17
Аланин	0,24	0,24
Глицин	0,21	0,23

Таким образом, следует отметить, что белки соевого шрота и подсолнечного жмыха в одинаковой степени бедны гистидином, а также характеризуются невысоким содержанием тирозина, метионина и лизина, однако белки шротов и жмыхов по биологической ценности превышают таковые у зерна хлебных злаков.

Замена части концентрированных кормов на белковые концентраты значительно повышает содержание сырого протеина на 32,9-38,5 % при сравнении с контролем.

3.1.2 Результаты опытов *in vitro*

При использовании кормов с высоким метаболическим действием в рубце жвачных происходят важные процессы расщепления и синтеза белка, который становится доступным для переваривания животному и существенно отличается от исходного, присутствующего в корме. Однако введение в рацион жвачным животным высокопротеиновых кормов оказывает нагрузку

на пищеварительную систему, это обычно ставит под угрозу состояние желудочно-кишечного тракта, вызывая подострый руминальный ацидоз и ацидоз толстого отдела кишечника. Эти нарушения могут снижать использование питательных веществ, ухудшать функциональные возможности желудочно-кишечной микробиоты и снижать абсорбционную и барьерную способность желудочно-кишечного тракта.

В исследованиях *in vitro* нами были сформированы кормовые смеси, в качестве биосубстрата были выбраны пшеничные отруби с добавлением белковых компонентов – подсолнечный жмых и соевый шрот в дозировке 5 % от сухого вещества рациона.

Изменение таксономического состава микробиома рубца при дополнительном введении в рацион белковых компонентов. Внутри микробиома рубца доминируют бактерии, которые вносят наибольший вклад в переваривание и превращение кормов в ЛЖК и микробный белок. Бактериальное сообщество рубца зависит от состава рациона, типов кормов, возраста животных и стратегии кормления. Вариации этих факторов оказывают сильное влияние на метаболизм рубца, что может повлиять как на продуктивность, так и на здоровье животного.

Метагеномное секвенирование РЖ контрольной группы показало наличие 12 филумов, из них 4 филума доминирующих, в частности филум *Firmicutes* 17,28 %, *Bacteroidetes* 50,42 %, *Verrucomicrobia* 13,13 %, *Proteobacteria* 10,18 %.

Доминирующие бактерии, обнаруженные в контрольном образце, предположительно ответственны за трансформацию основных компонентов рациона – целлюлозу, гемицеллюлозу, крахмал, органические кислоты, белки (таблица 5).

Таблица 5 - Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, основной рацион, %

Филум	Класс	Семейство	Род
Firmicutes (17,28±0,94 %)	Clostridia (9,15±0,35 %)	Ruminococcaceae (4,87±0,06 %)	Unclassified_Ruminococcaceae (2,73±0,08 %)
		Lachnospiraceae (2,57±0,31 %)	Unclassified_Lachnospiraceae (1,28±0,24 %)
	Bacilli (1,93±0,35 %)	Streptococcaceae (1,57±0,23 %)	Streptococcus (1,57±0,23 %)
		Lactobacillaceae (0,35±0,05 %)	Limosilactobacillus (0,29±0,04 %)
	Negativicutes (5,46±0,40 %)	Selenomonadaceae (3,86±0,10 %)	Selenomonadales (2,62±0,08 %)
Bacteroidetes (50,42±1,32 %)	Bacteroidia (46,97±1,23 %)	Prevotellaceae (12,37±0,56 %)	Prevotella (10,05±0,53 %)
		Lentimicrobiaceae (2,59±0,06%)	Lentimicrobium (2,59±0,06 %)
		Unclassified_ "Bacteroidales" (28,75±0,81 %)	Род неизвестен (2,25±0,05 %)
		Rikenellaceae (2,07±0,12%)	Millionella (0,98±0,06 %)
			Mucinivorans (1,11±0,05 %)
			Род неизвестен (0,28±0,01 %)
	unclassified_Bacteroidetes (3,43±0,12 %)	unclassified_Bacteroidetes (3,43±0,12 %)	unclassified_Bacteroidetes (3,43±0,12 %)
Proteobacteria (10,18±0,32 %)	Alphaproteobacteria (1,18±0,04 %)	unclassified_Alphaproteobacteria (0,97±0,02 %)	unclassified_Alphaproteobacteria (0,97±0,02 %)
	Deltaproteobacteria (1,52±0,02 %)	Bdellovibrionaceae (1,17±0,01 %)	Vampirovibrio (1,17±0,01 %)
	Gammaproteobacteria (7,37±0,29 %)	Succinivibrionaceae (7,28±0,29 %)	Succinivibrio (6,89±0,25 %)
Spirochaetes (4,31±0,10 %)	Spirochaetia (4,31±0,10 %)	Sphaerochaetaceae (4,24±0,09 %)	Sphaerochaeta (2,98±0,04 %)
Verrucomicrobia (13,13±0,24 %)	Subdivision5 (13,01±0,24 %)	Subdivision5 (13,01±0,24 %)	Subdivision5 (13,01±0,24 %)
Другие* (4,68±0,04 %)			

Примечание: * – в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2 % от общего числа

Известно, что соотношение *Firmicutes*:*Bacteroidetes* в микробиоте играет определенную роль в адипогенезе и формировании жировой ткани. При дополнительном включении в рацион подсолнечного жмыха отмечено

различие в соотношении *Firmicutes:Bacteroidetes*. Если в контрольной группе оно было 1:2,9, то в опытной группе 1:2,5 на фоне снижения на 57 % численности лактобактерий и увеличения численности *Spirochaetia* на 44,5 % (таблица 6).

В опытной группе относительно контроля численность представителей филума *Proteobacteria* была меньше на 4,9 %, большинство из которых являются патогенными, подавляющими численность «полезной» микрофлоры в рубце, в частности *Lactobacillaceae*, *Ruminococcaceae*.

Количество представителей филума *Verrucomicrobia* при дополнительном включении белковых компонентов увеличилось на 12,1 %, что имело позитивное влияние на поддержание оптимального уровня pH в рубцовой жидкости и нормального течения ферментативных процессов в рубце.

Таким образом, следует отметить, что включение белковых концентратов способствовало снижению в рубце численности представителей условно-патогенной микрофлоры и увеличению количества бактерий филума *Firmicutes*, способствующих поддержанию функций кишечного эпителия и локального иммунного гомеостаза.

Таблица 6 - Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, подсолнечный жмых, %

Филум	Класс	Семейство	Род
Firmicutes (19,63±0,49 %)	Clostridia (9,95±0,39 %)	Ruminococcaceae (4,57±0,21 %)	Unclassified_Ruminococcaceae (2,65±0,14 %)
		Lachnospiraceae (3,62±0,39 %)	Unclassified_Lachnospiraceae (1,96±0,34 %)
	Bacilli (4,20±0,91 %)	Streptococcaceae (3,14±0,39 %)	Streptococcus (3,13±0,39 %)
		Lactobacillaceae (0,15±0,01 %)	Limosilactobacillus (0,76±0,33 %)
	Negativicutes (4,73±0,16 %)	Selenomonadaceae (3,27±0,12 %)	Selenomonadales (1,80±0,09 %)
Bacteroidetes (48,29±0,64%)	Bacteroidia (48,18±0,71%)	Prevotellaceae (11,06±0,58 %)	Prevotella (9,02±0,59 %)
		Lentimicrobiaceae (3,10±0,10%)	Lentimicrobium (3,10±0,10%)
		Unclassified_"Bacteroidales" (27,37±0,10 %)	Род неизвестен (27,37±0,10 %)
		Rikenellaceae (2,99±0,07%)	Millionella (1,23±0,05 %)
			Mucinivorans (1,45±0,02 %)
			Род неизвестен (0,31±0,01 %)
Proteobacteria (9,68±0,31 %)	Alphaproteobacteria (1,39±0,06 %)	unclassified_Alphaproteobacteria (1,18±0,05 %)	unclassified_Alphaproteobacteria (1,18±0,05 %)
	Deltaproteobacteria (1,37±0,07 %)	Bdellovibrionaceae (1,30±0,07 %)	Vampirovibrio (1,30±0,07 %)
	Gammaproteobacteria (6,41±0,33 %)	Succnivibrionaceae (6,31±0,32 %)	Succinivibrio (5,87±0,33 %)
Spirochaetes (2,39±0,17 %)	Spirochaetia (2,39±0,17 %)	Sphaerochaetaceae (2,26±0,17 %)	Sphaerochaeta (0,55±0,02 %)
			Род неизвестен (1,71±0,18 %)
Verrucomicrobia (14,94±0,49 %)	Subdivision5 (14,82±0,49 %)	Subdivision5 (14,82±0,49 %)	Subdivision5 (14,82±0,49 %)
Другие* (5,07±0,034 %)			

Примечание: * – в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2 % от общего числа

При использовании в кормлении бычков основного рациона были выявлены высокие отрицательные связи между концентрацией пропионовой кислоты в рубцовой жидкости и численностью *Coprococcus* ($r=-0,87$), средние между *Anaerobiospirillum* и уровнем общего азота ($r=-0,70$), между *Sphaerochaeta* и уровнем белкового азота ($r=-0,72$), а также между *Escherichia/Shigella* и общим белком ($r=-0,79$) и мочевиным азотом ($r=-0,78$).

Положительные корреляционные связи были выявлены между *Staphylococcus* и уровнем пропионовой кислоты в рубцовом содержимом ($r=0,80$), между *unclassified_Muribaculaceae* и уровнем аммиачного азота ($r=0,72$), а также между *Sphaerochaeta* и переваримостью сухого вещества корма в рубце ($r=0,55$) (таблица 7).

При включении в рацион бычков белковых концентратов (подсолнечный жмых) выявили средние положительные корреляционные связи между концентрацией летучих жирных кислот, в частности, валерьяновой кислоты с *Acetatifactor* ($r=0,75$), с *Bacilliculturomica* ($r=0,52$), с *Beduinibacterium* ($r=0,68$) и с *Listeria* ($r=0,63$), между уровнем уксусной кислоты и *Beduinibacterium* ($r=0,78$), уровнем капроновой кислоты и *Acetatifactor* ($r=0,53$) и *Cutibacterium* ($r=0,76$).

Таблица 7 - Корреляционная зависимость между метаболическими показателями в рубцовом содержимом и видовым составом микробиома рубца бычков, находящихся на основном рационе

Контроль	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Общий азот	Белковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Anaerobiospirillum	0,16	0,15	-0,70	0,06	-0,03	0,02	-0,39
Coprococcus	-0,87	0,20	0,10	-0,15	0,05	0,30	-0,20
Escherichia/Shigella	-0,33	0,44	-0,79	-0,34	-0,14	-0,78	0,19
Marispirochaeta	0,07	0,11	-0,10	0,21	0,20	-0,85	0,29
Sphaerochaeta	0,13	0,19	0,30	-0,72	-0,11	0,23	0,55
Staphylococcus	0,80	-0,32	-0,57	-0,25	0,12	-0,15	-0,27
unclassified_Muribaculaceae	-0,02	0,07	0,03	0,14	0,72	-0,31	-0,37
unclassified_Sphaerochaetaceae	-0,01	-0,72	0,15	0,56	0,20	0,16	-0,38

Высокая связь между концентрацией уксусной кислоты и *Pleomorphochaeta* ($r=0,88$), уровнем масляной кислоты и *Lachnospiracea_incertae_sedis* ($r=0,88$). Также выявлена высокая положительная связь между уровнем общего белка в рубцовой жидкости и *Methanobrevibacter* ($r=0,96$), между уровнем белкового азота и *Acetatifactor* ($r=0,68$), *Acinetobacter* ($r=0,72$), *Listeria* ($r=0,85$), *Methanobrevibacter* ($r=0,84$), *unclassified_Ruminococcaceae* ($r=0,74$), между уровнем небелкового азота и *Stomatobaculum* ($r=0,78$), *Bacilliculturomica* ($r=0,55$).

Средняя положительная корреляция была выявлена между численностью вида *Bacilliculturomica* ($r=0,70$) и высокая между *Ruminobacter* ($r=0,86$) и переваримостью сухого вещества рациона (таблица 8).

Таблица 8 - Корреляционная зависимость между метаболическими показателями в рубцовом содержимом и видовым составом микробиома рубца бычков, находящихся на рационе, включающем подсолнечный жмых

Вид микрофлоры	Уксусная кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Переваримость СВ в рубце
Acetatifactor	-0.10	-0.03	0.75	0.53	0.07	0.68	0.23	0.41	-0.20
Acinetobacter	0.11	0.42	0.21	0.00	-0.13	0.72	-0.28	-0.39	-0.27
Bacilliculturomica	0.17	0.21	0.52	0.18	-0.14	-0.52	0.55	-0.14	0.70
Beduinibacterium	0.78	-0.03	0.68	0.09	0.05	0.19	0.30	0.27	0.32
Cutibacterium	0.46	0.03	0.02	0.76	-0.24	0.42	0.07	-0.21	0.31
Lachnospiracea_incertae_sedis	0.36	0.88	-0.10	-0.47	0.23	0.04	0.03	0.13	0.46
Listeria	0.13	0.42	0.63	0.20	0.32	0.85	-0.18	-0.42	0.06
Malacoplasma	-0.10	0.07	0.05	0.06	0.02	0.29	-0.20	0.12	0.41
Methanobrevibacter	0.14	-0.24	-0.17	-0.02	0.96	0.84	0.35	-0.26	0.11
Pleomorphochaeta	0.88	-0.02	0.09	-0.20	-0.07	-0.14	-0.26	0.66	0.16
Pseudobutyrvibrio	-0.03	-0.24	-0.02	0.29	-0.43	0.29	-0.29	0.80	0.17
Ruminobacter	-0.25	0.27	0.27	0.58	-0.01	0.43	0.16	-0.04	0.86
Stomatobaculum	0.00	-0.11	0.40	-0.01	-0.05	0.02	0.78	-0.19	-0.27
unclassified_Clostridiales_Incertae_Sedis XIII	0.28	0.30	0.03	0.27	0.00	0.15	0.04	-0.76	0.02
unclassified_Ruminococcaceae	0.05	0.31	0.49	0.07	-0.09	0.74	0.18	-0.03	-0.31
Vampirovibrio	0.19	0.73	0.39	0.07	0.13	-0.20	-0.24	-0.05	-0.35

Степень переваримости сухого вещества (СВ) рациона при дополнительном включении белковых компонентов. Включение в качестве

белковых компонентов соевого шрота и подсолнечного жмыха способствовало улучшению переваримости СВ в системе «искусственный рубец» на 7,7 и 4,7 % ($p \leq 0,05$) соответственно относительно контроля (рисунок 2).

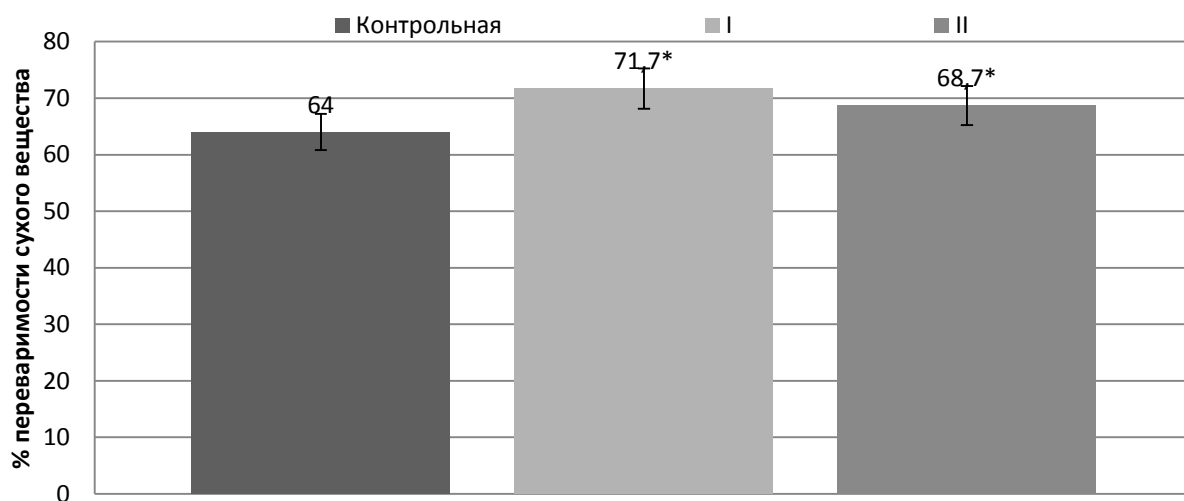


Рисунок 2 - Переваримость сухого вещества рациона при дополнительном введении различных источников протеина, %

Метаболические процессы в рубце на фоне рационов, различных по белковому компоненту. В рубцовой жидкости конечным продуктом сбраживания углеводов являются ЛЖК. При высокой интенсивности бродильных процессов в рубце больший процент поступающих углеводов подвергается расщеплению, что приводит к количественному увеличению микробиоты рубца и, следовательно, повышению концентрации ЛЖК.

В ходе исследований *in vitro* установлено, что уровень ЛЖК в образцах при использовании различных белковых компонентов был различным (таблица 9).

Так, в контрольной группе был отмечен достаточно низкий уровень ЛЖК, за исключением капроновой кислоты, однако ее уровень был ниже, чем в опытных группах. Присутствие в образце подсолнечного жмыха сопровождалось достоверным увеличением в рубцовой жидкости капроновой

кислоты на 34,4 % ($p \leq 0,01$), уксусной и масляной кислот на 62,7 % ($p \leq 0,001$) и 67,7 % ($p \leq 0,001$) соответственно.

Таблица 9 – Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении белков и УДЧ, ммоль/100 мл

Группа	Летучие жирные кислоты, ммоль/ 100 мл		
	Уксусная	Масляная	Капроновая
Контрольная	0,92±0,042	0,98±0,053	2,56±0,164
I опытная	3,10±0,054*	3,22±0,046**	4,20±0,183*
II опытная	2,68±0,031*	3,10±0,053*	3,9±0,26*

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой

Включение в качестве белкового компонента соевого шрота выражалось достоверным повышением уровня уксусной кислоты на 67,7 % ($p \leq 0,001$), масляной на 68,9 % ($p \leq 0,001$) и капроновой на 39 % ($p \leq 0,001$).

Содержание азотистых компонентов рубцовой жидкости (РЖ) является одним из показателей степени усвояемости азота корма, а также общей направленности процессов рубцового пищеварения. Включение дополнительных белковых компонентов выражалось в повышении уровня общего азота в I группе на 1,5 %, а во II на 2 %. Также в опытных группах относительно контрольной было отмечено повышение уровня белкового, аммиачного и мочевинового азота. Небелковый азот в РЖ опытных образцов был ниже, чем данные значения в контроле, на 2,8 % в I и на 1,9 % во II группах (рисунок 3).

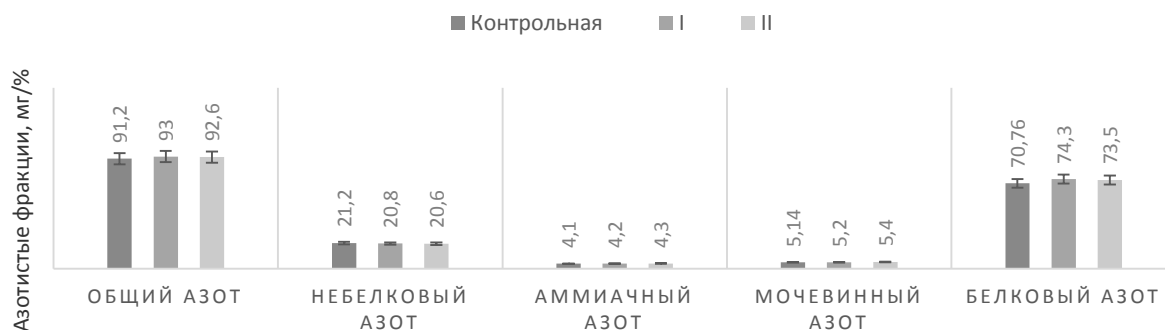


Рисунок 3 – Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении белков, мг/%

Таким образом, включение в рацион белковых концентратов способствовало усилению метаболических процессов в рубцовом содержимом с максимальным эффектом при использовании соевого шрота, что выражалось в повышении общей концентрации ЛЖК на 47,6 % ($p \leq 0,05$) и переваримости СВ на 7,7 % ($p \leq 0,05$).

На основании полученных результатов, дополнительное включение соевого шрота и подсолнечного жмыха не изменяло структуру бактериального сообщества рубца жвачных и увеличивало интенсивность течения метаболических процессов в рубце. Увеличение белка в рационе сопровождалось накоплением ацетата и бутирата в рубцовой жидкости на 62,7-67,7 % ($p \leq 0,01$) и 67,7-68,9 % ($p \leq 0,05$) соответственно, а также повышением уровня общего и белкового азота на 1,5-2,0 % и 3,7-4,8 % соответственно.

3.1.3 Оценка влияния дополнительного введения в рацион различных источников белка на метаболические процессы в организме молодняка крупного рогатого скота

Изменение таксономического состава микробиома кишечника крупного рогатого скота, выращиваемого на белковом рационе. Заселяющая ЖКТ микрофлора обеспечивает переваримость и усвояемость питательных веществ и оказывает влияние на течение метаболических процессов в организме. Микробиота кишечника формирует высокую степень резистентности по отношению к патогенным микроорганизмам. Обогащение рационов дополнительными высокопитательными компонентами приводит к дисбалансу количественного и качественного состава микробиома. При изучении генетического разнообразия кишечной микрофлоры молодняка крупного рогатого скота выявлено численное доминирование представителей филума *Firmicutes* (44,3 % от общего числа особей всех видов), вторым по численности отмечен филум *Bacteroidetes* – 40,8 %, на долю филума *Proteobacteria* пришлось 14 %, численность бактерий других филумов не

превышала 1 %. В контрольной группе биоразнообразие представлено 8 филумами, 16 классами, 31 семейством и 71 родом, а общее число бактериальных последовательностей составило 23989. На уровне семейства преобладающими оказались *Ruminococcaceae* (28,7 %), *unclassified "Bacteroidales"* (18,6 %), третьим – *Enterobacteriaceae* (13,6 %), далее – семейства *Bacteroidaceae* (11,9 %), *Lachnospiraceae* (7,8 %), *Prevotellaceae* (5,3 %), *unclassified Clostridiales* (3,8 %), *Porphyromonadaceae* (3,6 %). Численность других семейств в совокупности составила 39,16 % (*Rikenellaceae*, *unclassified Firmicutes*, *Bifidobacteriales*, *Erysipelotrichaceae*, *Peptostreptococcaceae* и другие).

При дополнительном введении в рацион белкового компонента – подсолнечного жмыха отмечено наличие 10 филумов, 16 классов, 33 семейств и 45 родов, общее число бактериальных последовательностей составило 17435. Доминирующими филумами также оказались *Firmicutes* (48,2 % от общего числа особей всех видов), *Bacteroidetes* (36,8 %), *Verrucomicrobia* (13 %). Введение подсолнечного жмыха способствовало снижению численности микробиоты на 23,7 % относительно контроля ($p \leq 0,05$), при этом численность представителей семейства *Ruminococcaceae* относительно контроля снизилась на 24,1 %, а численность *unclassified Clostridiales* в данном образце была выше на 19 %, чем в контроле. Также отмечено повышение численности *Lachnospiraceae* на 14 % и *Bifidobacteriales* на 40,2 % по сравнению с контрольным образцом. Также в данном образце не были обнаружены представители *Synergistetes* и *Planctomycetes* (рисунок 4, 5).

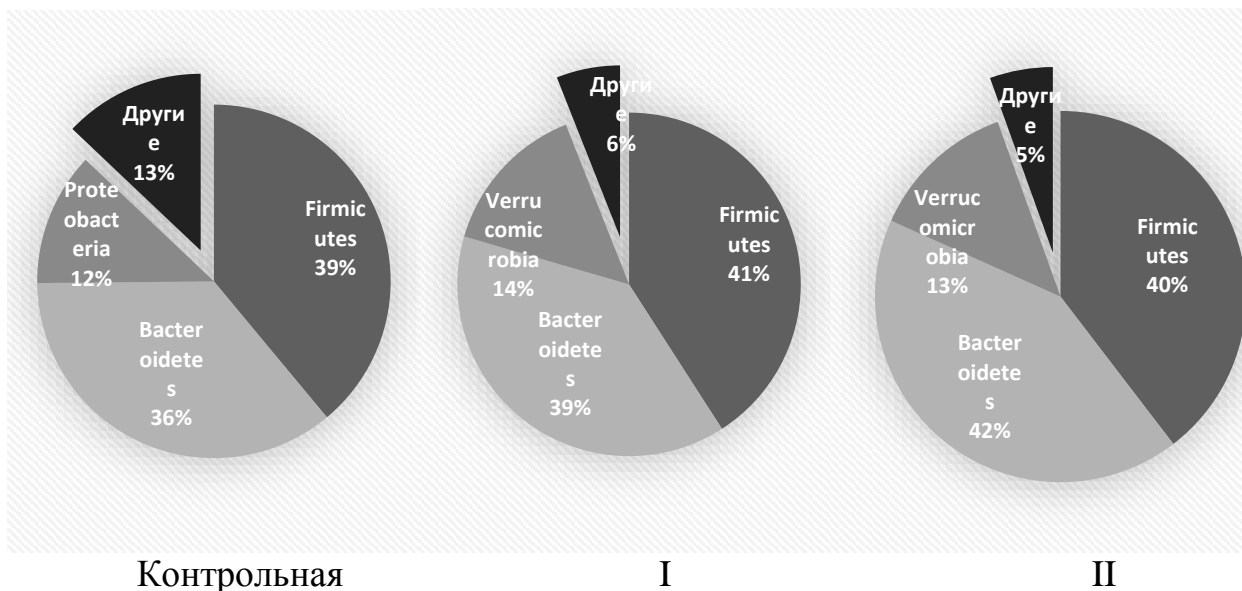
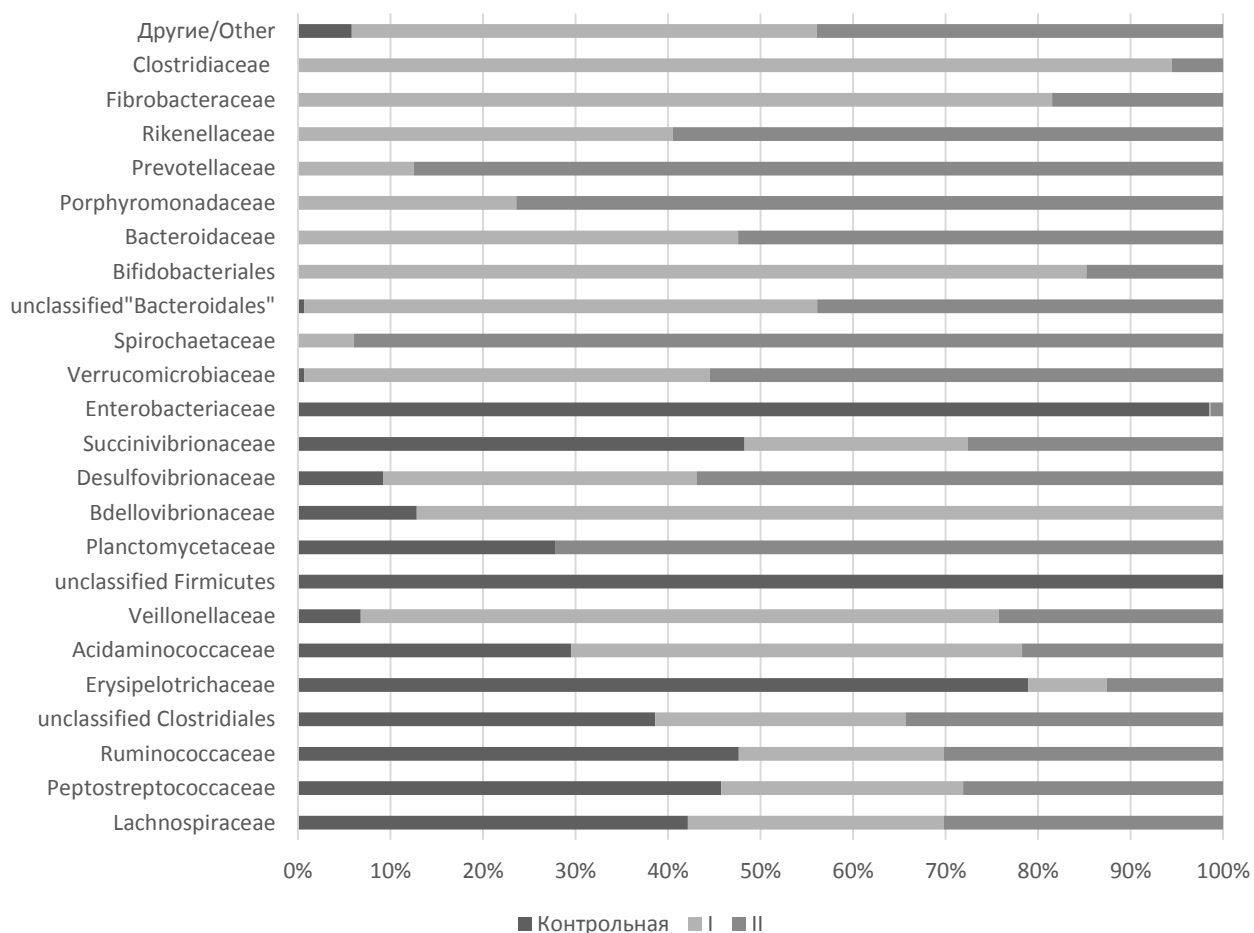


Рисунок 4 - Таксономический состав фекальной микрофлоры при дополнительном включении белковых компонентов на уровне семейства, %



Примечание: В группу «Другие» объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 1 % от общего числа

Рисунок 5 – Таксономический состав фекальной микрофлоры при дополнительном включении белковых компонентов на уровне семейства, %

Замена контрольного рациона на рацион с включением белкового компонента – соевого шрота снижало численность бактериальных последовательностей относительно контроля на 36,6 % ($p \leq 0,05$) и составила 15211. При этом видовой состав был представлен 8 филумами, 15 классами, 33 семействами и 64 родами. Относительно контроля отмечено достоверное снижение численности представителей семейства *Ruminococcaceae* на 53,4 % ($p \leq 0,05$), *unclassified Clostridiales* на 30 %, *Lachnospiraceae* на 34,3 %, *Enterobacteriaceae* на 99,8 % ($p \leq 0,05$), численность представителей семейств *Bifidobacteriales*, *Bacteroidaceae*, *Prevotellaceae* напротив в данной группе повышалась.

Независимо от источника протеина, произошло увеличение численности микроорганизмов, относящихся к семействам *Verrucomicrobiaceae* на 98,5-98,8 % ($p \leq 0,05$), а также появление в опытных группах семейств *Bacteroidales*, *Bifidobacteriales*, *Bacteroidaceae*, *Porphyromonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Rikenellaceae*, *Fibrobacteraceae*, *Clostridiaceae*, тогда как в контрольной группе представители данных семейств не обнаружены.

Значения параметров α -биоразнообразия в контрольной и I опытной группах показали одинаковые значения по индексам Шеннона (H') и доминирования Симпсона (D), их значения были равны $H' = 1,1$, $D = 0,38$, а при включении в рацион подсолнечного жмыха индекс Шеннона составил 0,9, индекс Симпсона $D = 0,49$. Введение в рацион соевого шрота способствовало увеличению α -биоразнообразия, индекс Шеннона составил 1,4, при этом индекс Симпсона $D = 0,34$.

Изменение α -разнообразия фекального микробиома в опытных группах оказывало влияние и на β -разнообразие, так были рассчитаны индексы сходства микробиоценозов Жаккара и Серенсена. Между контрольной группой и группой, получавшей подсолнечный жмых, они оказались равны $K_j = 0,5$ и $K_c = 0,67$, что свидетельствует о частичном совпадении сообществ в

контрольной и опытных группах. Между контрольной и группой, получавшей соевый шрот, $K_{ж} = 0,6$ и $K_{с} = 0,76$.

Таким образом, включение белкового концентрата (соевого шрота) в рацион бычков показало увеличение α -разнообразия, индекс Шеннона был равен 1,4 (в контроле 1,1), а индекс доминирования Симпсона напротив снижался относительно контроля на 30,6 %, что говорит о преобладании нескольких видов при снижении численности общего количества таксономических единиц. Следует отметить, что общая структура бактериального сообщества при включении жмыха и шрота относительно контроля изменялась незначительно, выявлено увеличение численности бактерий *Firmicutes*, *Bacteroidetes* и *Verrucomicrobia*, которые являются основными представителями нормальной кишечной микробиоты.

Положительная зависимость переваримости питательных компонентов корма и видовым составом кишечника при использовании основного рациона была отмечена только между переваримостью сырого протеина и *Sedimentibacter* ($r=0,82$). Высокий уровень отрицательной корреляционной связи был между *Isobaculum* и переваримостью СВ ($r=-0,94$), средняя отрицательная корреляция была отмечена между *Isobaculum* и переваримостью СП ($r=-0,56$), а также между *Dorea* и переваримостью сырого жира ($r=-0,74$) (таблица 10).

Таблица 10 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона (основной рацион)

Контроль	Перевари мость СВ	Перевари мость ОВ	Перевари мость СП	Перевари мость СЖ	Перевари мость СК	Перевари мость БЭВ
Dorea	-0,03	-0,57	0,08	-0,74	0,09	0,11
Geobacter	-0,04	0,12	0,28	-0,09	0,12	0,35
Isobaculum	-0,94	-0,04	-0,56	0,03	0,32	-0,33
Sedimentibacter	-0,08	-0,12	0,82	-0,11	-0,27	-0,25
Syntrophococcus	-0,34	-0,09	-0,13	0,09	-0,29	-0,08
unclassified_Gracil ibacteraceae	0,02	0,16	-0,81	0,26	-0,30	-0,07

При включении соевого шрота в рацион бычков положительных высоких корреляционных связей выявлено не было, обнаружена высокая отрицательная зависимость между *unclassified_Oxalobacteraceae* и переваримостью сухого вещества ($r=-0,81$). Средняя положительная корреляционная связь была отмечена между *unclassified_Oxalobacteraceae* и переваримостью сырого протеина ($r=0,51$) и между *Erysipelotrichaceae_incertae_sedis* и переваримостью сырой клетчатки ($r=0,62$). Средняя отрицательная корреляционная зависимость выявлена между *Ruminococcus* и переваримостью органического вещества ($r=-0,73$), между *Butyrivibrio* и переваримостью ОВ ($r=-0,75$), между *unclassified_Actinomycetales* и переваримостью сырого жира ($r=-0,79$) (таблица 11).

Таблица 11 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона (рацион с соевым шротом)

Соевый шрот	Переваримость СВ	Переваримость ОВ	Переваримость СП	Переваримость СЖ	Переваримость СК	Переваримость БЭВ
<i>Butyrivibrio</i>	-0,23	-0,75	-0,05	0,11	-0,10	0,17
<i>Chungangia</i>	-0,12	0,14	0,15	0,32	0,51	0,12
<i>Erysipelotrichaceae_incertae_sedis</i>	-0,19	-0,02	0,14	-0,03	0,62	-0,39
<i>Intestinimonas</i>	-0,14	0,28	-0,18	0,23	0,14	-0,02
<i>Methanocorpusculum</i>	-0,10	-0,32	0,20	-0,36	-0,21	-0,16
<i>Micrococcineae</i>	-0,04	-0,01	0,10	0,06	0,33	0,07
<i>Paraprevotella</i>	-0,02	-0,25	-0,41	0,23	0,23	-0,05
<i>Ruminococcus</i>	-0,02	-0,73	0,04	-0,05	0,26	-0,14
<i>Salmonella</i>	-0,28	-0,03	0,23	0,31	-0,20	-0,38
<i>unclassified_Actinomycetales</i>	-0,01	0,20	0,03	-0,79	0,12	-0,16
<i>unclassified_Gracilibacteraceae</i>	-0,04	-0,13	0,02	0,22	-0,11	-0,13
<i>unclassified_Oxalobacteraceae</i>	-0,81	-0,09	0,51	0,07	-0,44	-0,27

Использование рациона с подсолнечным жмыхом показало высокие отрицательные связи между *Anaerobacterium* и переваримостью сырого жира ($r=-0,96$), *Clostridium sensu stricto* и переваримостью протеина ($r=-0,80$),

Roseburia и переваримостью органического вещества ($r=-0,82$). Высокая положительная корреляция была отмечена между *Salmonella* и БЭВ ($r=0,80$). Положительные корреляционные связи средней степени были показаны между *Acinetobacter* и переваримостью сухого вещества ($r=0,71$), *unclassified_Aerococcaceae* и переваримостью сухого вещества ($r=0,63$) и органического вещества ($r=0,72$), *unclassified_Clostridiaceae* и переваримостью органического вещества ($r=0,61$) (таблица 12).

Таблица 12 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона (рацион с подсолнечным жмыхом).

Подсолнечный жмых	Переваримость СВ	Переваримость ОВ	Переваримость СП	Переваримость СЖ	Переваримость СК	Переваримость БЭВ
<i>Acinetobacter</i>	0,71	0,07	0,35	-0,29	0,41	-0,17
<i>Akkermansia</i>	-0,05	-0,06	-0,03	-0,08	0,32	-0,03
<i>Anaerobacterium</i>	-0,38	-0,07	-0,41	-0,96	-0,16	-0,39
<i>Anaerofilum</i>	-0,59	-0,17	-0,16	0,10	0,24	0,02
<i>Anaerorhabdus</i>	-0,07	0,46	0,34	0,23	-0,31	-0,73
<i>Bacteroides</i>	0,46	0,03	0,04	-0,39	-0,42	0,11
<i>Bilophila</i>	0,25	-0,12	-0,01	-0,24	-0,17	-0,75
<i>Catenibacterium</i>	0,04	-0,10	-0,21	-0,09	-0,06	0,43
<i>Clostridium sensu stricto</i>	-0,12	-0,13	-0,80	-0,19	-0,18	0,14
<i>Fibrobacter</i>	0,42	-0,10	0,13	-0,05	-0,11	0,19
<i>Hafnia</i>	-0,38	0,02	0,27	-0,33	-0,70	-0,31
<i>Pseudacidovorax</i>	-0,03	-0,21	-0,54	-0,71	0,02	0,03
<i>Roseburia</i>	-0,20	-0,82	0,11	-0,32	-0,21	-0,29
<i>Salmonella</i>	0,06	0,28	-0,08	0,18	0,10	0,80
<i>Succinivibrio</i>	-0,37	-0,17	0,18	-0,04	-0,30	-0,08
<i>unclassified_Aerococcaceae</i>	0,63	0,72	-0,13	-0,16	0,14	-0,45
<i>unclassified_Clostridiaceae</i>	0,16	0,61	0,23	0,20	-0,21	0,06
<i>unclassified_Gracilibacteraceae</i>	-0,32	0,12	0,09	0,22	-0,27	-0,34
<i>unclassified_Veillonellaceae</i>	0,01	-0,72	-0,19	-0,06	0,07	-0,14

Переваримость и использование питательных компонентов корма.

Изучение обменных процессов в организме подопытных животных при

дополнительном введении различных источников белка осуществлялось путем проведения опытов по переваримости питательных веществ рациона и балансу азота. Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов с добавлением соевого шрота и подсолнечного жмыха представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма, %

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	61,7±0,21	64,4±0,20*	63,1±0,15
Органическое вещество	63,8±0,10	67,2±0,14*	66,2±0,092
Сырой протеин	73,8±0,16	75,1±0,62	75,8±0,69*
Сырой жир	58,7±0,90	62,0±0,93*	62,6±0,58**
Сырая клетчатка	46,1±0,74	50,6±0,97**	47,5±0,93
БЭВ	67,4±0,78	70,1±0,88	67,4±0,84

Анализируя полученные данные, следует отметить, что при добавлении белковых концентратов переваримость сухого вещества увеличивалась на 2,7 % ($p \leq 0,05$) и 1,4 %, сырого жира на 3,3 % ($p \leq 0,05$) и 3,9 % ($p \leq 0,01$), сырого протеина на 1,3 % и 2,0 % ($p \leq 0,05$), сырой клетчатки на 4,5 % ($p \leq 0,01$) и 1,4 % соответственно при включении соевого шрота и подсолнечного жмыха. Переваримость БЭВ в опытных группах по сравнению с контролем повысилась в присутствии соевого шрота на 2,7 %, при использовании подсолнечного жмыха осталась на том же уровне.

Анализируя результаты балансового опыта (таблица 14) можно сделать вывод, что животные, получавшие соевый шрот, потребляли на 12,3 % больше азота корма, а подсолнечный жмых на 6,3 % при сравнении с контрольной группой. Следует отметить, что при использовании соевого шрота потребление азота было выше относительно использования подсолнечного жмыха на 6,9 г/гол в сутки.

Переваримость азота была более высокой в группе животных, получавших соевый шрот, и составила 76,5 г/гол в сутки, при использовании

подсолнечного жмыха – 72,3 г/гол в сутки, что на 5,1-11,2 % ($p \leq 0,05$) выше, чем в контрольной группе.

Уровень переваримого азота в организме оказывает непосредственное влияние на выделение неиспользованного азота корма с мочой. Так в опытных группах потери азота с мочой были выше на 8,5 % при использовании соевого шрота и на 0,5 % – подсолнечного жмыха.

Таблица 14 – Использование азота бычками казахской белоголовой породы, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	113,4±1,12	127,4±1,21***	120,5±0,98***
Выделено с калом	44,6±3,54	50,9±3,02**	48,2±2,24**
Переварилось	68,8±1,11	76,5±0,72***	72,3±0,94***
Выделено с мочой	41,0±2,06	44,5±3,24	41,2±3,15
Отложено	26,7±0,64	32,0±0,56***	31,1±0,54***
Коэффициенты использования, %			
от принятого	23,5±0,21	25,1±0,38	25,8±0,26
от переваренного	38,8±0,56	41,8±0,71**	43,0±0,51***

Анализ показал, что у животных, потребляющих соевый шрот, было отложено больше на 19,9 % ($p \leq 0,05$), подсолнечный жмых на 16,5 % ($p \leq 0,05$) азота относительно контроля.

Коэффициенты использования азота также в опытных группах относительно контроля были выше и разница у бычков, в рационе которых использовали соевый шрот составили 1,6 % и 3,0 % соответственно от принятого и переваренного ($p \leq 0,05$), подсолнечный жмых – 2,3 % и 4,2 % ($p \leq 0,05$), в контроле данные коэффициенты составили 23,5 % от принятого и 38,8 % от переваренного азота.

Продуктивное использование энергии рационов. При использовании в рационе соевого шрота уровень валовой энергии был выше на 10,8 % ($p \leq 0,05$), а при использовании подсолнечного жмыха на 7,1 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Касаемо переваримой энергии, она была выше при использовании

подсолнечного жмыха и составила 63,2 МДж, соевого шрота 63,4 МДж (таблица 15).

В группе животных, получавших соевый шрот, показатели обменной и чистой энергии поддержания были выше относительно контроля на 13,3 % и 2,0 % соответственно, в группе получавших подсолнечный жмых на 13,1 % и 2,5 % соответственно. Количество обменной энергии на поддержание жизни было выше у бычков II опытной группы, при затратах на производство продукции 29,9 МДж, при этом в группе, получавшей соевый шрот, данный показатель составил 29,7 МДж, что выше, чем в контроле, на 1,4 %. Данные показатели использования энергии напрямую зависят от прироста живой массы животного. Следует отметить, что большей живой массой обладали бычки при включении в рацион соевого шрота, который был выше, чем в контроле, на 2,6 %, а у бычков I опытной группы на 3,4 % относительно контроля.

Таблица 15 - Поступление и характер использования энергии рационов, МДж.

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Валовая энергия	91,3±2,24	101,2±1,96*	97,8±1,84*
Переваримая энергия	55,7±1,61	63,4±1,89*	63,2±2,01*
Обменная энергия	45,9±1,2	52,0±1,21**	51,9±1,19**
Чистая энергия поддержания	19,9±0,51	20,3±0,62	20,4±0,68
Обменная поддержания	29,3±0,64	29,7±0,72	29,9±0,70
Обменная продукции	16,6±0,91	22,3±0,83**	22,0±0,96**
Энергия прироста	4,7±0,52	6,5±0,48*	6,5±0,55*
КПИ ОЭ	28,5±0,71	29,2±0,84	29,3±0,88

Энергия прироста в опытных группах составила 6,5 МДж, что выше, чем в контроле, на 38,3 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Коэффициент полезного использования обменной энергии на рост подопытных бычков оказался в прямой зависимости от показателя энергии

прироста, и имел большее значение у бычков, потреблявших подсолнечный жмых.

Уровень NO-метаболитов. Важную роль в функционировании желудочно-кишечного тракта играет вазоактивный гормон эндотелия – оксид азота (NO). Пониженный синтез метаболитов азота связан с развитием сердечнососудистых и иммунных нарушений в организме. Повышенный синтез NO-метаболитов свидетельствует о нарушении в системе пищеварения, при этом NO угнетает продукцию соляной кислоты. На фоне введения в рацион бычков протеиновых компонентов показано увеличение уровня NO-метаболитов, в группе с подсолнечным жмыхом на 84,3 % ($p \leq 0,05$), с соевым шротом на 80,9 % ($p \leq 0,05$) (рисунок 6).

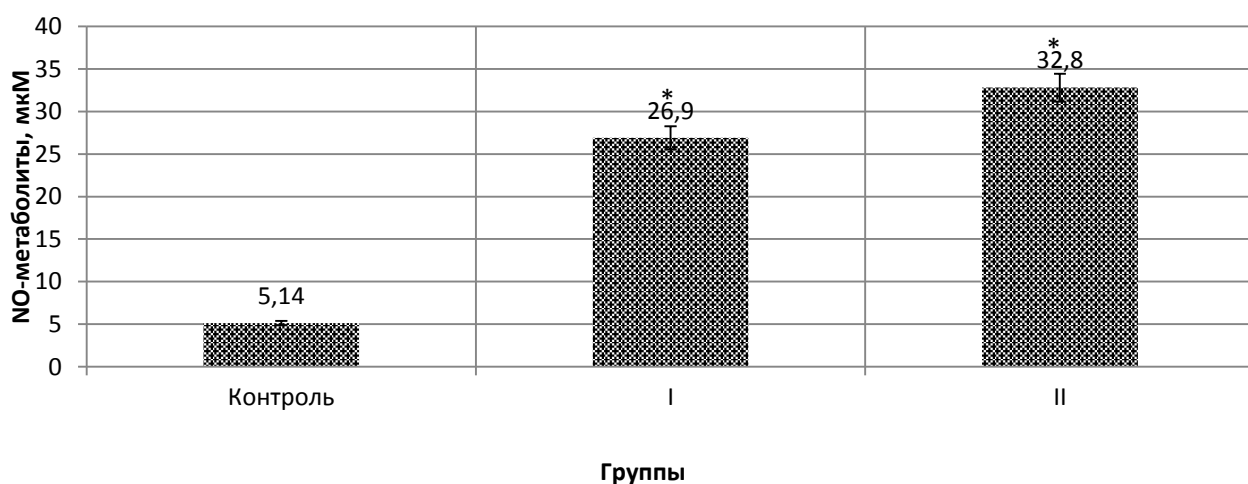


Рисунок 6 – Уровень активности NO-метаболитов в сыворотке крови бычков на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$), мкМ.

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Избыточная продукция метаболитов оксида азота, за счет которой обеспечивается антимикробный эффект при воспалении, может превратиться из звена адаптации в звено патогенеза и стать менее опасным повреждающим фактором для организма, чем дефицит NO. Показатели активности амилазы и липазы в сыворотке крови не всегда могут свидетельствовать о физиологическом напряжении поджелудочной железы при смене рационов, так как существует экстрапанкреатическая продукция этих ферментов.

Уровень трипсина в сыворотке крови. Трипсин является оптимальным маркером для выявления изменений в физиологическом состоянии поджелудочной железы, так как он специфичен для этого органа. Установлено, что поступление трипсина в кровь блокирует выход ферментов с панкреатическим соком, а введение ингибитора трипсина, напротив, сопровождается увеличением отделения ферментов. Определение активности трипсина показало, что при увеличении разного белка в рационе, уровень трипсина в крови повышался (рисунок 7).

В частности при введении в рацион подсолнечного жмыха уровень активности трипсина повышается на 5,2 % ($p \leq 0,05$), а при замене на соевый шрот на 8,9 % относительно контрольного рациона.

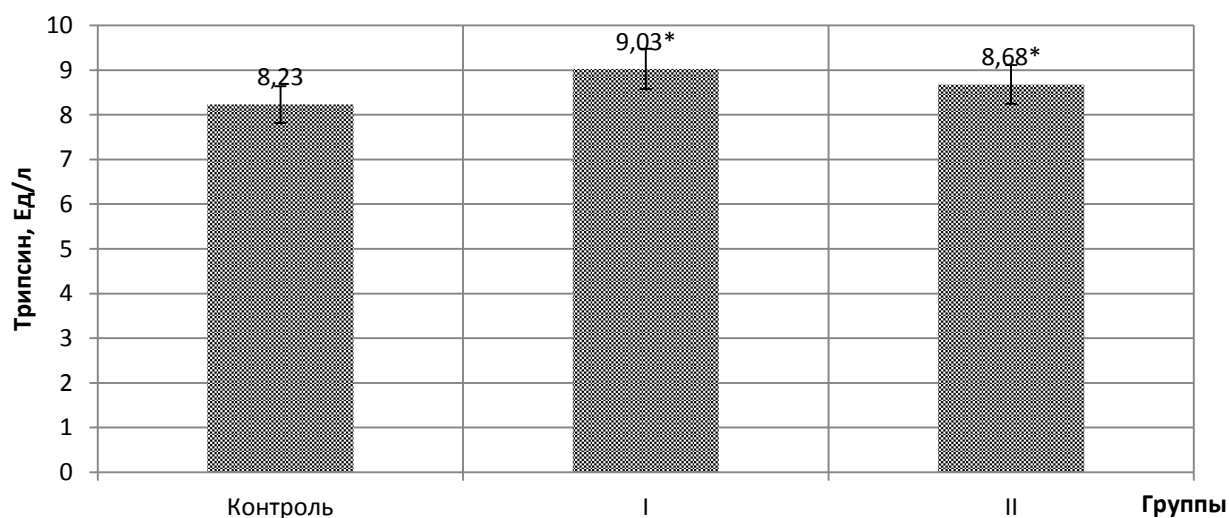


Рисунок 7 – Уровень активности фермента трипсина в сыворотке крови бычков при введении в рацион белковых концентратов, Ед/л

Морфологический анализ крови. Важным показателем стабильности гомеостаза являются морфологический и биохимический состав крови. Показатели крови являются индикаторами работы всего организма, они могут характеризовать уровень адаптации животных к различным стресс-факторам, в том числе и к конкретным условиям содержания и кормления животных. Анализ морфологических параметров крови контрольной и опытных групп имел следующие особенности (таблица 16).

Дополнительное включение подсолнечного жмыха способствовало достоверному снижению числа лимфоцитов на 20,7 % и их процентному содержанию в крови на 12,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Также в данной группе зафиксировано снижение количества лейкоцитов на 37,3 %, гранулоцитов на 31,6 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 16 – Морфологические показатели крови бычков при введении в рацион белковых компонентов ($n=15$, $M \pm m$)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Лейкоциты, 10^9 кл/л	7,5±0,9	9,4±1,21	4,7±0,87
Лимфоциты, %	56,9±2,2	43,2±6,1	49,9±1,5*
Средние клетки (моноциты, эозинофилы и базофилы), %	16,9±1,1	17,4±0,9*	24±2,2*
Гранулоциты, %	39,4±4,2	39,4±6,3	26,1±3,6*
Лимфоциты, 10^9 кл/л	2,9±0,2	4,1±0,35*	2,3±0,16*
Средние клетки (моноциты, эозинофилы и базофилы), 10^9 кл/л	1,3±0,068	1,6±0,12	1,1±0,05*
Гранулоциты, 10^9 кл/л	1,9±0,21	3,7±0,51*	1,3±0,15*
Эритроциты, 10^{12} кл/л	5,08±1,9	7,44±0,3	6,22±1,8
Гемоглобин, г/л	93±11,1	92,1±13,3	74±11,2
Гематокрит, %	20,1±4,3	22,8±9,3	19,4±5,2
Средний объем эритроцитов, fl	41,6±14,3	29,7±15,1	31,2±15,2
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,3±5,2	12,3±5,1	11,8±4,9
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	349±86,9	403±101,1	381±109,1
Распределение эритроцитов по объему - коэффициент вариации	19,3±4,9	21,8±6,2	21,5±1,6
Распределение эритроцитов по объему - коэффициент отклонения	27,3±6,2	21,4±7,9	22,4±7,1
Тромбоциты, 10^9 кл/л	201±9,8	278±13,1**	280±14,2**
Средний объем тромбоцита, fl	9,7±1,8	11,1±5,8	12,1±5,9

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении контрольного и опытных рационов

Основную часть форменных элементов составляют эритроциты. Основная функция эритроцитов дыхательная, неразрывно связанная со

свойствами содержащегося в них белка гемоглобина. Большое количество эритроцитов и гемоглобина в крови животных свидетельствует о более интенсивных окислительно-восстановительных процессах, протекающих в организме, и соответствует более высоким показателям продуктивности.

В присутствии подсолнечного жмыха в крови бычков отмечено повышение количества эритроцитов на 18,3 % относительно контроля, однако при этом уровень гемоглобина снизился на 20,4 % при недостоверных различиях. Средний объем эритроцитов и среднее содержание гемоглобина в эритроците в контрольной группе были выше на 25 % и 35,5 % соответственно, но, напротив, средняя концентрация гемоглобина в эритроците в опытной группе превосходила контроль на 8,4 %.

Тромбоциты принимают активное участие в свертывании крови и неспецифических защитных реакциях организма. Введение белковых компонентов способствовало повышению числа тромбоцитов: при включении подсолнечного жмыха на 28,2 %, а соевого шрота на 27,7 % относительно контрольного значения ($p \leq 0,05$).

Использование соевого шрота в рационе бычков сопровождалось снижением в крови уровня гемоглобина, при этом количество эритроцитов оказалось выше контрольного значения на 31,7 %. Количество гранулоцитов, лимфоцитов, лейкоцитов, а также их процентное содержание в крови животных данной опытной группы относительно контроля увеличивалось: лейкоцитов на 20,2 %, гранулоцитов на 48,6 % ($p \leq 0,05$) и лимфоцитов на 29,3 % ($p \leq 0,05$).

Биохимические параметры сыворотки крови. Большая часть протеина кормов в рубце подвергается гидролизу до аминокислот с последующим их дезаминированием до аммиака, избыток которого всасывается в кровь, попадает в печень и преобразуется в мочевины. Снижение уровня мочевины в сыворотке может указывать на напряженность синтетической функции печени или же на низкую степень распадаемости протеина кормов, а соответственно, на нарушение белкового обмена.

Введение в рацион соевого шрота достоверно снижало концентрацию мочевины на 71,9 % ($p \leq 0,001$) и увеличивало количество креатинина - продукта распада белков и мочевой кислоты в сыворотке крови относительно контроля (таблица 17).

Введение различных источников протеина увеличивало интенсивность белкового обмена: так уровень общего белка в сыворотке крови в присутствии в рационе подсолнечного жмыха увеличился на 12,6 %, соевого шрота на 19,4 %. Аналогичная тенденция отмечалась и в отношении альбумина, его концентрация в сыворотке крови была выше в группе, получавшей соевый шрот на 13,7 %, в группе, получавшей подсолнечный жмых на 3,4 %, данные недостоверны.

Таблица 17 – Динамика биохимических показателей крови бычков на фоне протеинового кормления (n=15, M±m)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий белок, г/л	72,05±2,98	86,0±3,25*	81,2±2,6*
Альбумин, г/л	29±6,10	33±6,20	30±5,90
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,37	5,33±0,60*	4,52±0,20*
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,02	0,21±0,023*	0,16±0,04*
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,19	2,34±0,53	1,76±0,41
АЛТ, Ед/л	23,8±4,30	31,2±3,30	33,9±3,9
АСТ, Ед/л	44,2±5,90	68,8±9,30	59,2±6,90
Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ:АЛТ)	1,85	2,20	1,74
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,29	1,68±0,14*	1,1±0,30*
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,13	0,94±0,05	1,05±0,14
Билирубиновый индекс	0,45±0,086	0,55±0,062	0,95±0,14*
ЛДГ, Ед/л	3049±56,50	2886±70,20	2924±54,60
α-Амилаза, Ед/л	415±74,1	140±23,10**	70±14,3**
Липаза, Ед/л	17,3±1,85	2,3±0,44**	10,8±0,52**
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,60	0,9±0,03**	2,7±0,75
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,30	77±5,93	69,3±6,33
γ-ГТ, Ед/л	18,3±4,60	13±3,61	9±2,30
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,20	19,1±5,21	19,4±2,12

Железо, мкмоль/л	19,2±3,80	11,2±4,80	12,6±4,20
Магний, ммоль/л	1,22±0,052	0,89±0,14	1,48±0,061*
Кальций, ммоль/л	2,45±0,11	3,14±0,16**	1,47±0,60
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,08	1,81±0,075*	0,72±0,35

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Концентрация мочевой кислоты в сыворотке крови бычков опытных групп была достоверно выше, чем в контроле, на 23,2-25,2 % ($p \leq 0,05$).

У высокопродуктивных здоровых животных концентрация глюкозы в крови имеет достаточно стабильные показатели, достигающие за счет особенностей углеводного обмена в целом, метаболизма углеводов на уровне клеток и тканей. В своих исследованиях нами отмечено повышение уровня глюкозы в крови опытных животных на 32,6 % в присутствии подсолнечного жмыха и на 56,3 % в присутствии соевого шрота.

Интенсивность липидного обмена можно оценить по количеству триглицеридов и холестерина в сыворотке крови. Установлено, что независимо от источника протеина снижались показатели жирового обмена, так подсолнечный жмых снижал уровень триглицеридов и холестерина на 44,8 % ($p \leq 0,05$) и на 34,1 % соответственно относительно контроля, а соевый шрот на 27,6 % ($p \leq 0,05$) и 3,0 % соответственно.

В опытных группах относительно контроля отмечено снижение активности ферментов липазы и α -амилазы на 37,6 % и 83,1 % ($p \leq 0,01$) при включении подсолнечного жмыха и соевого шрота на 86,7 % и 66,3 % ($p \leq 0,01$) соответственно.

При исследовании влияния на организм крупного рогатого скота был рассчитан билирубиновый индекс (БИ) крови, который характеризовал выделительную функцию печени и показывал уровень токсичности введенных компонентов. Угнетение выделительной функции печени при включении подсолнечного жмыха подтверждается увеличением БИ, в этой группе превышал данный показатель у животных контрольной группы в 2,1 раза

($p \leq 0,05$). Введение соевого шрота увеличивало БИ в 1,2 раза относительно контроля, данные недостоверны.

В присутствии подсолнечного жмыха АЛаТ увеличился на 29,8 % и АСаТ на 25,3 %, соевого шрота АЛаТ на 23,7 % и АСаТ на 35,8 % соответственно, относительно контрольных значений.

Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ/АЛТ) как показатель типа метаболизма у подопытных животных при введении в рацион подсолнечного жмыха (1,74) и соевого шрота (2,20) имел особенности к изменению по сравнению с контрольной группой бычков (1,85). Данный коэффициент увеличивался на 15,9 % относительно контроля в группе, получавшей соевый шрот. Следует отметить, что снижение уровня АЛТ способствовало увеличению данного коэффициента, что указывает на торможение периферических путей обмена (гликолиза, цикла Кори и т.д.) в клетке при неизменных центральных путях обмена веществ.

Таким образом, при включении в рацион бычков белковых концентратов отмечено увеличение интенсивности течения белкового и углеводного обменов в организме, о чем свидетельствовало увеличение в сыворотке крови уровня общего белка, альбумина и глюкозы в крови. Использование в кормлении соевого шрота способствовало достоверному увеличению концентрации в сыворотке крови Са и Р.

Изменение уровня панкреатической секреции. Уровень секреции пищеварительных желез измерялся в зависимости от количества панкреатического секрета за 8-часовой период при контроле каждые 60 минут и в зависимости от ингредиентного состава изменялся по времени до кормления (таблица 18).

Так в контрольной группе секреция панкреатического сока до кормления, в период 0-60 минут, была на низком уровне, после дачи корма в первые 60 минут максимально увеличивалась и сохранялась на достаточно

высоком уровне на протяжении всего периода исследования, за исключением последнего часа (когда секреция начала снижаться), что свидетельствует о адаптивности и функциональной устойчивости поджелудочной железы в ответ на введение корма.

Таблица 18 - Динамика панкреатической секреции в течение 8 часов, мл

Экспозиция времени, мин	Контрольная	I опытная	II опытная
0-60	32±4,6	44,5±2,8*	65±15,5
60-120	66±6,5	49±3,6	44±1,7*
120-180	67±5,3	72±3,1	81±6,2
180-240	59±4,7	50,5±3,8	53±6,6
240-300	55,5±5,2	66±3,2	68±8,6
300-360	59,5±4,1	65±4,2	69±7,7
360-420	67±1,3	62±1,2*	63±1,0*
420-480	51,5±4,7	57±2,8	70±8,4
0-480	57,2±0,38	58,3±0,19*	64,1±2,3*

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Дополнительное введение подсолнечного жмыха в учетный период показало увеличение количества панкреатического сока относительно контроля в голодный период (0-60 минут), затем резкое снижение и в период 120-180 минут значительное усиление секреции на 84,1 % относительно предыдущего периода. Затем панкреатическая секреция стабилизировалась и до конца учетного периода была немного выше, чем при контрольном рационе. Относительно контроля за весь учетный период количество панкреатического сока было выше на 12,1 %.

Включение соевого шрота сопровождалось достоверным увеличением уровня панкреатической секреции относительно контроля на 1,9 %. Снижение уровня панкреатической секреции относительно контроля было зафиксировано в течение часа после дачи животным корма на 25,8 %, в период времени 180-240 мин на 14,4 %, 360-420 минут на 7,5 % ($p \leq 0,05$).

Включение в рацион подсолнечного жмыха на фоне стимулирования выделения поджелудочного сока сопровождалось увеличением

липолитической активности на 74,3 % ($p \leq 0,05$), при включении соевого шрота на 62,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных значений (рисунок 8).

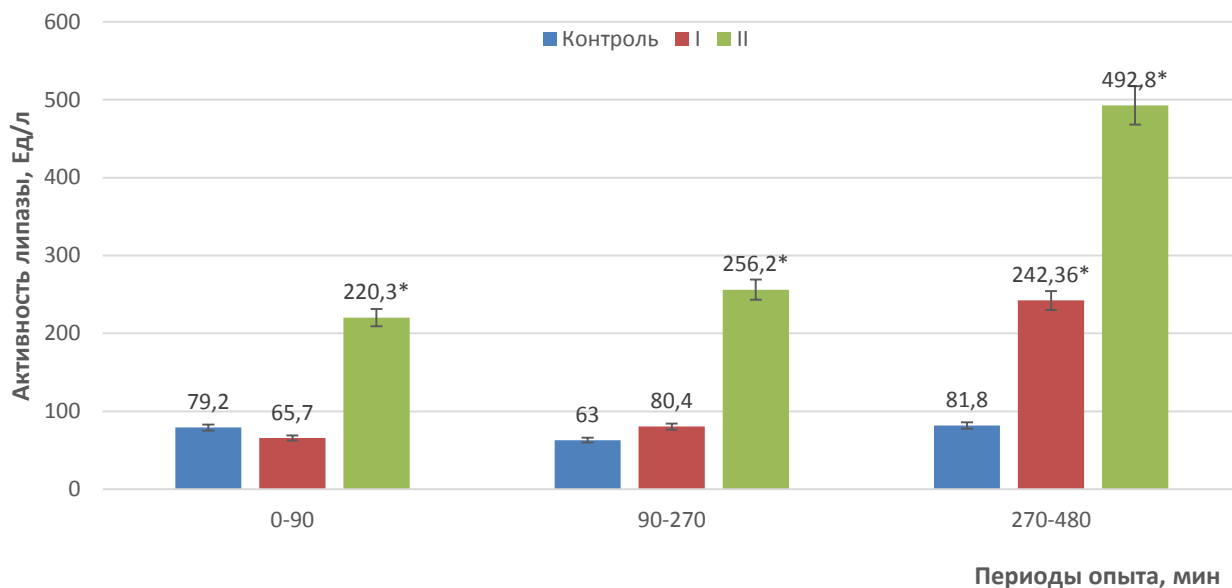
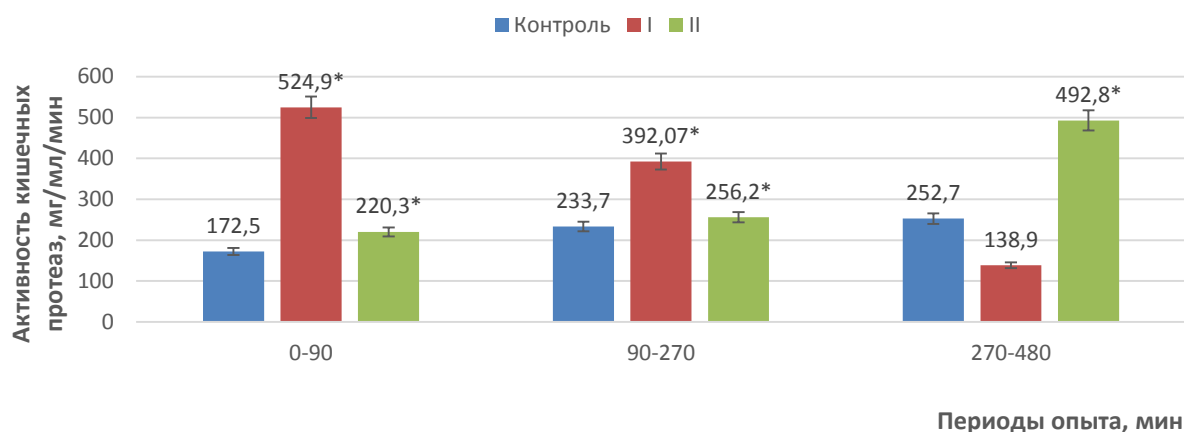


Рисунок 8 - Активность фермента липазы в соке поджелудочной железы у бычков при введении белковых компонентов в рацион ($n=15$, $M \pm m$), Ед/л.

При включении подсолнечного жмыха активность кишечных протеаз снижалась на 21,9 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольного рациона. При включении в рацион соевого шрота активность протеаз снизилась на 23,7 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем (рисунок 9).

Необходимо отметить, что при введении в рацион животных соевого шрота уровень активности кишечных протеаз был ниже, чем при включении подсолнечного жмыха, на 2,4 %, амилалитическая активность панкреатического сока при включении подсолнечного жмыха на 44 %, соевого шрота на 25 % (таблица 19).



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 9 - Активности кишечных протеаз в соке поджелудочной железы у бычков на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$), мг/мл/мин.

Таблица 19 – Уровень активности амилазы в соке поджелудочной железы у бычков на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$), мг/мл/мин

Экспозиция времени, мин	Контрольная	I опытная	II опытная
0-60	4800±319	4000±101*	2950±742
60-120	2600±509	4150±462	2500±158
120-180	4400±990	3150±324	1750±590
180-240	5700±901	1600±946*	3500±160*
240-300	5700±1250	2550±588	3150±326
300-360	5200±200	5250±210	3350±300**
360-420	8000±600	6050±548*	2550±280**
420-480	4700±320	3850±180*	2850±750
0-480	5137,5±721,4	3852,1±412,2	2852,1±694,7

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной группой

Уровень активности амилазы имел тенденцию к увеличению в кишечную фазу регуляции панкреатической секреции во всех группах, включая контрольную. Наиболее высокий уровень амилалитической активности был отмечен в контрольной группе и группе, получавшей соевый шрот во временной период 360-420 мин, а в группе, получавшей подсолнечный жмых, в желудочную фазу регуляции (180-240 мин).

Изучая уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса установлено, что наличие белковых концентратов в рационе значительно повышало

протеолитическую активность панкреатического секрета на 4,6 % в группе, получавшей соевый шрот, а в группе, использующей подсолнечный жмых, напротив снижали на 21,9 % относительно контроля ($p \leq 0,01$) (таблица 20).

Таблица 20 – Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса у бычков при различном источнике белка ($n=15$, $M \pm m$).

Ферменты	Контрольная	I опытная	II опытная
Амилаза, мг/мл/мин	2568,8±71,24	2300±38,1**	1535,5±194**
Протеазы, мг/мл/мин	66,8±0,3	69,9±0,64**	52,2±3,56**
Липаза, Ед/л	45,5±17,2	121,3±14,12**	246,4±40,74**

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Уровень активности липазы достоверно повышался в опытных группах относительно контрольной в 5,4 раза ($p \leq 0,01$) при использовании подсолнечного жмыха и в 2,7 раз ($p \leq 0,01$) при использовании соевого шрота.

Таким образом, при включении белковых добавок в виде соевого шрота и подсолнечного жмыха в рацион бычков, уровень экзокринной деятельности поджелудочной железы при сравнении с контролем изменялся. Так активность протеолитических и амилолитических ферментов в панкреатическом соке снижалась, а активность фермента липазы, напротив, увеличивалась. Такая же тенденция была выявлена и при исследовании дуоденального химуса, при этом уровень трипсина в сыворотке крови бычков повышался. Анализ морфологических и биохимических параметров крови показал увеличение количества лимфоцитов при использовании в рационе соевого шрота на 29,3 % ($p \leq 0,05$). Использование белковых концентратов способствовало увеличению уровня белкового, углеводного обмена в организме, о чем свидетельствовало повышение уровня общего белка на 11,3-16,3 %, альбумина на 3,3- 12,0 % и уровня глюкозы на 24,6-36,0 % ($p \leq 0,05$).

3.1.4 Влияние качества протеина на процессы пищеварения в различных участках желудочно-кишечного тракта у подопытных животных

На данном этапе исследований была поставлена задача изучения процессов пищеварения в различных участках желудочно-кишечного тракта. Содержимое двенадцатиперстной кишки (химус) получали из хронической фистулы. В наших исследованиях уровень и скорость эвакуации химуса из преджелудков в кишечник зависел от качества протеина, однако несмотря на различия в качестве протеина в рационах (I группа – соевый шрот, II группа – подсолнечный жмых), каких-либо заметных отклонений в составе химуса не наблюдалось (таблица 21).

Таблица 21– Химический состав химуса опытных групп относительно контроля, %

Показатели	I опытная	II опытная
Сухое вещество	98,5	88,2
Органическое вещество	100	88,5
Протеин	142,7	89,3
Жир	133,3	211,1
Клетчатка	95,7	86,9
БЭВ	80,6	86,8
Зола	95,2	83,1

Повышение биологической полноценности протеина в рационе подопытного животного I группы, обусловленное добавлением соевого шрота, способствовало увеличению сухих веществ в химусе до 3,35 %, протеина до 31,91 % по сравнению со II группой, при снижении в химусе клетчатки, это говорит о лучшем переваривании ее в преджелудках. По содержанию органических веществ и золы в химусе животного в изучаемые периоды существенной разницы не наблюдалось. Разница по уровню жира достигалась за счет разницы в количественном объеме белковых концентратов в рационах и уровнем содержания жира в соевом шроте и подсолнечном жмыхе.

В химусе, поступившем из желудка в тонкий отдел кишечника, содержалось от 56,9 % до 79,7 % принятого с кормом количества сухого

вещества. Следовательно, от 37,0 % (II группа) до 43,1 % (I группа) сухого вещества рационов переваривалось в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта. Переваривание и всасывание сухого вещества в кишечнике составило от 54,1 (II группа) до 57,1 (I группа) из количества, поступившего с химусом. Аналогичные изменения в процессе переваривания наблюдаются и в метаболизме органического вещества рациона.

Минеральных солей в химусе содержалось больше, чем было принято с кормом (от 151,3 % до 202,0 %) от принятого. Притом разница между количеством золы, принятым с кормом и выделенным в химусе, возрастала при меньшем содержании золы в рационах, и, наоборот, при повышении содержания минеральных солей в корме она снижалась.

Минеральные соли преимущественно всасываются в кишечнике. Из общего количества солей, прошедших с химусом, в нижнем отделе всосалось от 62,8 % до 66,6 %. Азотистых веществ в большинстве случаев через дуоденальный мостик проходит больше, чем было принято с кормом, но разница была непостоянна и зависела от количества протеина рациона. По-видимому, причиной повышения содержания азотистых веществ в химусе является выделение их в больших количествах с пищеварительными соками и в результате синтетических процессов, протекающих в преджелудках животного. В I группе увеличение азотистых веществ в химусе животного составило 134,5 % от принятого с кормом.

В отличие от результатов I группы во II у животного в химусе содержалось протеина меньше, чем было принято с кормом. Это объясняется, на наш взгляд, тем, что по объему и питательности рацион животного в этот период был меньше, и что, по-видимому, способствовало более полному перевариванию протеина в рубце и преджелудках.

Следует отметить, что через дуоденальный анастомоз в течение суток поступало жира из желудка в кишечник значительно больше по сравнению с

количеством его в съеденных кормах. Это увеличение во II группе составило 111,3 %, а в I - 55,4 % к принятому с кормами рациона.

Необходимо отметить, что повышение содержания жира в химусе совпадает с меньшим содержанием в рационах. При высоком содержании жира в рационах в химусе его выделилось значительно меньше, чем было принято (I группа). Если большинство питательных веществ рациона в основном переваривалось в кишечнике, то местом переваривания клетчатки явился верхний отдел желудочно-кишечного тракта (рубец). Об этом свидетельствует тот факт, что с химусом выделилось в 2, а в некоторых случаях в 4 раза меньше клетчатки, чем было принято с кормом. Безазотистых экстрактивных веществ в химусе обнаружилось во всех опытах меньше, чем было принято с кормом. Переваривание этой группы веществ происходит как в верхнем, так и в нижнем отделах желудочно-кишечного тракта. Однако эти процессы протекают при разных рационах не с одинаковой интенсивностью. Колебания переваривания питательных веществ в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта наблюдаются от 38,1 % до 64,9 %. Почти такие же колебания (30,4-62,2 %) происходят в переваривании БЭВ в кишечнике.

Известно, что химус у крупного рогатого скота поступает из желудка в кишечник в виде отдельных волн-порций. Характер поступления химуса и изменение размера отдельных волн и интервалов между ними меняется в зависимости от времени приема корма, выпитой воды, от жвачек, а также от размера и состава рациона.

В наших опытах зачастую очень короткие интервалы создавали картину непрерывной эвакуации химуса из желудка в кишечник, а иногда увеличение вплоть до прекращения выделения химуса. В среднем за 10 минут количество химуса, проходящего в дуоденальный анастомоз, равнялось 604 мл, тогда как в присутствии в рационе подсолнечного жмыха 552 мл. Уровень пищеварительной деятельности зависит как от количества съеденных веществ, так и от качества переваримого протеина.

Данные, характеризующие эвакуаторную функцию желудочно-кишечного тракта, указаны в таблице 22.

Таблица 22 – Количество химуса и пищеварительных соков у подопытного животного по группам, л

Показатель	I опытная	II опытная
Количество химуса за 24 часа	86,98±3,5	79,48±4,1
Количество потребленного сухого вещества в рационе, кг	5,12±0,12	4,84±0,11
Количество воды, принятое с кормом и выпитое	21,63±0,84	18,75±0,98
Количество пищеварительных соков	62,39±3,4	62,35±2,8
Выделено химуса на 1 кг СВ корма	16,98±0,14	16,42±0,16
Выделено пищеварительных соков на 1 кг СВ корма	12,19±0,25	12,88±0,37

Количество химуса в пересчете на 1 кг сухого вещества съеденного корма в I группе было меньше, чем во II, на 5,5 %. Аналогичная картина наблюдается и по количеству выделенных пищеварительных соков на 1 кг сухого вещества съеденного корма.

В среднем за период экспериментов на 1 кг сухого вещества рациона выделилось 12,54 л пищеварительных соков. Меньшее выделение наблюдалось в I группе (12,2 л), большее выделение пищеварительных соков отмечалось во II (12,88 л).

На основе вышеизложенного можно предположить, что в зависимости от качества протеина в рационе было выделено различное количество пищеварительных соков на 1 кг сухого вещества корма. Чем ближе аминокислотный состав протеина корма к аминокислотному составу организма животного, тем меньше напряжение для организма, меньше соков должна выделить пищеварительная железа для синтеза «своего» белка.

В зависимости от ингредиентного состава корма количество минеральных веществ в химусе составляет от 0,75 % до 0,90 %. Количество азота в химусе колеблется в пределах от 0,114 % до 0,236 %, сухих веществ от 3,0 % до 5,5 %, в том числе клетчатки около 1 %. Состав химуса в указанных

выше пределах меняется в зависимости от структуры рациона, от соотношения питательных веществ рациона, его химического состава, а также от режима кормления и других факторов.

Таким образом, исследования, проведенные на бычках с анастомозом двенадцатиперстной кишки, позволили установить степень переваривания и всасывания питательных веществ и зольных элементов в различных отделах желудочно-кишечного тракта. Опыты на оперированном животном дополнили результаты физиологического опыта в области изучения процессов пищеварения у животных, обеспеченных протеином различного качества. В зависимости от состава скармливаемого рациона в пищеварительный тракт выделяется различное количество и различного качества пищеварительные соки, что, по-видимому, является ответной реакцией организма на качество корма, на его диетические свойства.

В наших опытах, проведенных на рационах с различным качеством переваримого протеина, равномерное распределение процессов переваривания питательных веществ в различных отделах желудочно-кишечного тракта наблюдалось при скармливании животному рациона с биологически полноценным протеином.

Так, в I группе сухих веществ, принятых животным с кормом, в преджелудках переварилось 63,1 %, а в кишечнике из поступивших с химусом – 57,1 %. Еще меньшая разница наблюдается в переваривании органических веществ.

Процентное количество переваренных органических веществ в преджелудках и кишечнике во II группе было меньше на 8,5 % и 1,2 % соответственно. Также во II группе, когда животного перевели на рацион, включающий корма животного происхождения, переваримость сухих и органических веществ в преджелудках была значительно ниже, чем в кишечнике. В частности переваримость протеина в кишечнике в I группе

увеличилась на 18,4 %, что является компенсацией за низкую переваримость в преджелудках (таблица 23).

Таблица 23 – Переваривание питательных веществ в преджелудках и кишечнике животного, %

Показатели	Переварено в преджелудках от принятого с кормом		Переварено в кишечнике от поступившего с химусом	
	I опытная	II опытная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	63,1±0,91	57,0±1,5**	57,1±4,8	54,1±4,3
Органическое вещество	67,3±1,2	61,6±1,42*	60,2±4,7	59,5±3,2
Протеин	68,2±0,53	66,4±0,56*	80,8±3,2	64,80±2,8**
Жир	44,6±3,13	44,2±2,1	79,4±1,8	90,2±1,9**
Клетчатка	79,7±6,18	75,3±4,91	-	-
БЭВ	64,9±3,2	54,4±2,32*	40,4±3,6	51,7±3,1*

Примечание: *- $p \leq 0,05$ при сравнении показателей I и II групп

Таким образом, проведенные исследования демонстрируют наличие адаптационных механизмов в пищеварительной системе жвачных животных на изменяющийся состав корма, проявляющийся характером взаимодействия и взаимодополняемости большого числа компонентов кормов и оптимизацией соотношения отдельных питательных веществ. Введение в рацион кормления растущего молодняка крупного рогатого скота качественного источника протеина способствовало повышению потребления, улучшению переваримости и усвояемости питательных веществ рационов. В результате исследований установлено, что синтез и усвоение отдельных аминокислот в пищеварительном тракте происходит с различной интенсивностью.

Во всех группах наблюдалось относительно большее увеличение в химусе суммы аминокислот лизина с гистидином. Содержание этих аминокислот в химусе составляет 143,0-233,9 % к съеденному. Много синтезируется лейцина, фенилаланина, а также и аланина.

Однако синтез и усвоение отдельных аминокислот в зависимости от содержания их в рационах происходит неодинаково (таблица 24).

Таблица 24 – Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в кишечнике животного I группы

Показатели	лизин + гистидин	аргинин	аланин	метионин+ валин	фенил – аланин	лейцин	ИТОГО по 8 аминокислотам
Принято с кормом, г	46,4	36,7	59,3	43,6	29,3	47,4	262
Обнаружено в химусе, г	66,4	48,9	110,7	44,9	32,6	54,2	357
в % к съеденному	143	133	186	102	111	114	136
Синтезировано, г	20,0	12,2	51,4	1,21	3,34	6,81	95,0
в % к съеденному	43,0	33,3	86,7	2,9	11,4	14,3	36,2
Выделено в кале, г	16,3	-	11,3	-	-	18,7	73,7
Усвоено в кишечнике, г	50,2	48,9	99,5	44,8	32,6	35,4	311
в % к съеденному	108	133	167	102	111	74,8	118

Так в I группе из рациона с биологически полноценным протеином животное приняло в сумме исследованных аминокислот наибольшее их количество. С химусом все аминокислоты выделялись в значительно больших количествах, чем было принято с кормом. Особенно много содержалось в химусе незаменимой аминокислоты аланина, несколько меньше лизина с гистидином и аргинином. По содержанию метионина с валином в химусе и корме существенной разницы не обнаружено. В этой группе сумма всех аминокислот в химусе была выше на 32,6 % по сравнению с кормом.

Животными II группы (таблица 25) с суточным рационом было принято всего 191,69 г аминокислот. В принятом корме по сравнению с предыдущими периодами мало содержалось лизина с гистидином, метионина с валином, фенилаланина и лейцина. Однако общий уровень биосинтеза аминокислот в пищеварительном тракте животного в этой группе был очень высоким на фоне различного образования отдельных аминокислот. Больше синтезировалось тех аминокислот, которых меньше содержалось в рационе.

Таблица 25 – Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в кишечнике животного II группы

Показатели	лизин + гистидин	аргинин	аланин	метионин+ валин	фенил – аланин	лейцин	Итого по 8 аминокислотам
Принято с кормом, г	35,2	31,6	50,3	30,8	16,9	26,7	191
Обнаружено в химусе, г	70,1	31,4	76,3	47,6	29,1	54,8	309
в % к съеденному	198	99,4	151	154	171	208	161
Синтезировано, г	34,8	-	25,9	16,8	12,2	28,1	117
в % к съеденному	98,8	-	51,6	54,8	72,2	104	61,4
Выделено в кале, г	17,1	16,5	11,4	14,5	15,2	25,4	85,5
Усвоено в кишечнике, г	52,9	14,9	64,9	33,2	13,8	29,5	209
в % к съеденному	150	47,4	128	107	82,1	110	109

Вероятно, одним из звеньев обмена белков и аминокислот является стремление животного организма к созданию устойчивого состава химуса по содержанию и соотношению аминокислот.

Данные, приведенные в таблице 26, свидетельствуют о том, что независимо от аминокислотного состава рационов количество аминокислот, прошедших за сутки с химусом в опытных группах, колеблется незначительно.

Таблица 26 – Содержание аминокислот в суточном количестве дуоденального химуса, г

Группа	лизин + гистидин	аргинин	аланин	метионин+ валин	фенил – аланин	Лейцин
I опытная	66,44	48,94	110,72	44,36	32,62	54,20
II опытная	70,10	31,48	76,30	47,63	29,09	54,84

Имеющиеся колебания в абсолютном количестве аминокислот в химусе организм животного стремится адаптироваться путем создания постоянной

концентрации, «разбавляя» или «сгущая» химус выделением пищеварительных соков. Это положение подтверждается данными таблицы 27.

Таблица 27 – Содержание протеина и аминокислот в дуоденальном химусе подопытного животного

Группа	Пр, в % к натур вл.	Аминокислоты											
		Лизин+гистидин	аргинин	аланин	метионин+валин	фенилаланин	лейцин	лизин+гистидин	аргинин	аланин	метионин+валин	Фенилаланин	лейцин
		в % к натуральной влажности						в % к протеину					
I опытная	1,3	0,08	0,06	0,13	0,051	0,04	0,06	6,8	5,2	12	4,8	3,5	5,8
II опытная	0,7	0,09	0,04	0,10	0,060	0,04	0,07	11,0	5,0	14,2	11,6	2,5	8,9

Во II группе при меньшем содержании протеина в химусе выравнивание концентрации произошло за счет увеличения в протеине таких аминокислот, как сумма лизина с гистидином, метионина с валином, лейцина и заменимой аминокислоты аланина.

Анализируя данные таблицы, нетрудно заметить связь между содержанием протеина в химусе и его качеством. Чем больше содержится протеина, тем ниже его аминокислотный состав и наоборот.

Таким образом, при одинаковом уровне протеина в рационе синтез азотистых веществ в желудочно-кишечном тракте усиливается при кормлении биологически более полноценным протеином. При этом для создания своей внутренней среды организму приходится меньше напрягаться, выделять меньше пищеварительных соков для создания необходимой концентрации аминокислот, подходящей для синтеза белка своего тела.

3.1.5 Взаимосвязь активности пищеварительных ферментов с лабильными системами организма в разных биологических средах, а также связь переваримости и усвояемости питательных веществ в кишечнике с активностью пищеварительных ферментов

В результате проведенного исследования мы наблюдаем, что количество панкреатического сока имеет заметную прямую связь с кальцием в химусе, коэффициент парной корреляции r составил 0,645, схожая корреляционная связь наблюдается между липазой и общим белком в химусе $r=0,55$, липазой и α -амилазой, где $r=0,51$. Высокая корреляционная зависимость наблюдается между общим белком и α -амилазой, где $r=0,98$, что говорит о сильной взаимосвязи данных двух показателей (таблица 28).

Взаимосвязь протеазы и общего белка можно охарактеризовать как заметную и обратную, поскольку коэффициент корреляции отрицателен ($r=-0,55$). Аналогичным образом характеризуется связь протеазы и α -амилазы ($r=0,51$), а также общего белка с фосфором ($r=0,51$).

Таблица 28 – Корреляционный анализ показателей активности пищеварительных ферментов

Показатели	Группы			
	Контрольная	Корреляция	Белковый корм	Корреляция
Кол-во сока	17,5±1,8		39,5±1,8	
Липаза	453±39,5	-	463±31,0	0,57
Амилаза	3300±400	-	2300±200	-
Протеаза	58,3±8,35	-	180,1±30,2	-0,53
Общий белок	0,29±0,04	0,56	2,52±0,01	-
Фосфор	0,06±0,004	-	0,08±0,005	-
Кальций	2,8±0,01	0,64	2,65±0,04	-

Таким образом, рассматривая корреляционную зависимость содержания ферментов и минеральных веществ в химусе, мы получили отрицательную зависимость с липазой, амилазой и общим белком $r=-0,65$, с протеазой $r=0,62$. Высокая корреляционная связь наблюдается между липазой и общим белком $r=0,95$, α -амилазой и общим белком $r=0,85$. В результате проведенного

исследования мы наблюдаем, что липаза коррелирует с α -амилазой $r=0,5$ и протеазой $r=-0,5$.

3.1.6 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния введения белковых концентратов в рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота

Исследование было проведено на 30 бычках казахской белоголовой породы с 8 до 12 месячного возраста, разделенных на три группы по 10 голов в каждой. Бычки контрольной группы получали основной рацион. Животным I опытной группы заменяли часть рациона (зерновой части) на соевый шрот, а бычкам II группы на подсолнечный жмых. За время исследования животные всех групп потребляли примерно одинаковое количество сухого вещества (таблица 29).

Таблица 29 – Фактическое потребление питательных веществ бычками за 5 месяцев исследования, кг/гол

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	4,4	4,13	3,91
Зерносмесь	1,67	1,52	1,43
Соевый шрот	-	0,67	-
Подсолнечный жмых	-	-	0,9
Патока кормовая	0,4	0,4	0,4
Премикс ПК-60	0,04	0,04	0,04
Соль-лизунец	0,013	0,013	0,013
Питательность рациона			
Сухое вещество	5,07	5,32	5,27
Сырой протеин	0,59	0,85	0,89
Сырая клетчатка	1,11	1,08	1,10
Сырой жир	0,15	0,16	0,20
БЭВ	3,11	3,12	2,96
НДК	3,23	3,11	3,03
Кальций	0,03	0,03	0,03
Фосфор	0,02	0,02	0,02
Кобальт	0,0012	0,0013	0,0013
Железо	0,5	0,7	0,7
Марганец	0,40	0,42	0,41
ОЭ, МДж	48,9	54,4	52,8

В результате научно-хозяйственного опыта было установлено, что при изменении уровня белка в рационе показатель среднесуточного прироста был выше у бычков опытных групп при превосходстве по живой массе бычков контрольной группы на 3,0-6,3 кг $*-p \leq 0,05$ (таблица 30, 31).

Таблица 30 - Динамика живой массы 8-12 месячных бычков при введении в рацион белковых компонентов, кг

Возраст, мес.	Контрольная	I опытная	II опытная
8	223,5±0,6	223,5±0,54	223,8±0,72
9	248,0±0,73	251,2±0,60**	249,9±0,98
10	276,4±2,05	280,2±2,45	277,9±2,03*
11	304,5±3,22	310,4±3,01	306,0±3,57
12	331,1±3,5	337,4±3,64*	334,1±4,07*

Примечание: $*-p \leq 0,05$; $** - p \leq 0,01$

Таблица 31 - Среднесуточный прирост подопытных животных, г/гол/сутки

Возраст, мес.	Контрольная	I опытная	II опытная
8-9	816,7±35,12	923,3±31,12	870,0±32,16
9-10	946,7±48,23	966,7±33,26*	933,3±78,90
10-11	936,7±28,2	1006,7±71,18	936,7±11,32*
11-12	886,7±14,25	900,0±16,20*	936,7±13,14
8-12	896,7±31,26	949,2±31,12*	919,2±22,16*

Примечание: $*-p \leq 0,05$; $** - p \leq 0,01$

Абсолютный прирост в контрольной группе составил 107,6 кг, а в опытных группах, при добавлении соевого шрота прирост составил 113,9 кг, подсолнечного жмыха – 110,3 кг (таблица 32).

Таблица 32 – Динамика абсолютного прироста живой массы 8-12 месячных бычков при введении в рацион белковых компонентов, кг/гол

Возраст, мес.	Контрольная	I опытная	II опытная
8-9	24,5±1,24	27,7±1,41	26,1±1,16
9-10	28,4±1,910	29,0±1,38	28,0±2,02
10-11	28,1±1,62	30,2±1,88	28,1±1,40
11-12	26,6±1,58	27,0±1,42	28,1±1,31
8-12	107,6±5,24	113,9±5,4	110,3±5,16

Скармливание рационов, включающих в качестве источника белка подсолнечный жмых и соевый шрот, оказывает различное влияние на формирование живой массы подопытных бычков. Если постановочная живая масса молодняка всех групп была практически одинакова и составляла в среднем 223,5-223,8 кг, то к концу учетного периода живая масса в контрольной и опытных группах увеличилась к 12 месячному возрасту до 337,4 кг. Прирост живой массы за учетный период 5 месяцев в опытных группах, относительно контроля, был выше в I на 5,9 %, во II на 2,5 %.

Экономическая эффективность использования кормовых добавок при выращивании бычков. Эффективность деятельности предприятия отражает синтетический уровень успешности или неуспешности всей производственной и коммерческой политики предприятия и должна характеризовать различные стороны его деятельности. Поэтому, хотя в общем случае под эффективностью понимается отношение эффекта к затратам, для более полного анализа деятельности предприятия необходимо анализировать различные стороны финансово-экономического положения с помощью системы экономических показателей.

Для наилучшего и наиболее эффективного производства экономическая эффективность должна быть измерена количественно с помощью специальных показателей, однако при ее измерении необходимо учитывать величину производственного потенциала.

Исходя из сложившейся стоимости основных компонентов, входящих в состав рациона, нами рассчитана экономическая эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота (таблица 33).

Как видно из представленных данных, в связи с заменой части концентрированных кормов на белковые компоненты, имеющие более высокую стоимость, общие затраты в опытных группах были выше при сравнении с контролем. Так в I опытной группе общие затраты были выше на

570,1 руб., а во II на 146,2 руб. относительно контроля. Следует отметить, что в группе, получавшей соевый шрот, затраты были максимальными, так как данный продукт имеет высокую стоимость по сравнению со стоимостью других компонентов рациона.

Таблица 33 - Экономическая эффективность выращивания подопытных бычков (на 2021-2022 год)

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	107,6±1,24	113,9±1,4	110,3±1,16
Общие затраты, руб.	12150,1	12720,2	12296,3
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	112,9	111,7	111,5
Сумма выручки, руб.	13450,0	14237,5	13787,5
Прибыль, руб.	1299,9	1517,3	1491,2
Рентабельность, %	10,7	11,9	12,1

Различие по приросту животных и величине общих затрат определило себестоимость 1 кг прироста. Так наибольшая себестоимость отмечалась в контрольной группе и была равна 112,9 руб., при этом в I и II опытных группах данный показатель был равен 111,7 руб. и 111,5 руб. соответственно. Неодинаковый прирост живой массы бычков оказал влияние на сумму выручки, полученную при реализации подопытных бычков. Сумма выручки была выше в I опытной группе и превышала контроль на 787,5 руб., II группу на 337,5 руб. Прибыль, полученная в данном научно-хозяйственном опыте, была выше в опытных группах и составила 1517,3 руб. в I и 1491,2 руб. во II при сравнении с контролем, где данный показатель составил 1299,9 руб. Уровень рентабельности в I группе составил 11,9 %, что выше, чем в контроле, на 1,2 %, во II – 12,1 %, выше, чем в контроле на 1,4 %.

Экономическая эффективность выращивания бычков как в контрольной, так и опытных группах, имела положительное значение и зависела от предлагаемых факторов кормления. Наиболее высокие экономические показатели были получены при использовании подсолнечного жмыха.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что включение в рацион бычков белковых концентратов способствует улучшению метаболических процессов в желудочно-кишечном тракте животных, увеличивает количество рубцовых метаболитов (ЛЖК, азота) и тем самым повышает переваримость питательных веществ рациона. Введение соевого шрота и подсолнечного жмыха при откорме бычков усиливает интенсивность течения обменных процессов в организме, что увеличивает степень переваримости питательных компонентов корма и повышает уровень продуктивности. В то же время использование белковых концентратов повышает функциональную нагрузку на поджелудочную железу, что ведет к снижению активности ферментов амилазы и липазы в панкреатическом соке по сравнению с данными значения в контрольной группе.

3.2 Изучение влияния дополнительного введения в рационы жировых компонентов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота

Ввиду ограниченного объема пищеварительного аппарата рационы высокопродуктивных животных закономерно должны отличаться большей доступной энергией, что предусматривает пересмотр традиционных подходов в нормировании питания жвачных. Одним из перспективных решений этой проблемы является более широкое использование жиров в питании животных. Масло улучшает вкусовые качества, снижает запыленность корма и уменьшает скорость прохождения корма через желудочно-кишечный тракт, что способствует лучшему усвоению питательных веществ, присутствующих в рационе. Вместе с тем насыщение рационов крупного рогатого скота жирами сопряжено с их распадом, депрессией микрофлоры и изменением рубцового пищеварения с последующим снижением переваримости некрахмальных полисахаридов и биодоступности минеральных веществ и др. Поэтому необходимо учитывать тип и уровень добавок масла, подходящих для нормальной ферментации рубца при выращивании крупного рогатого скота.

3.2.1 Сравнительная оценка влияния различных растительных масел на метаболические процессы и адаптацию пищеварительной системы жвачных

В исследованиях использовали нерафинированное подсолнечное масло первичного холодного отжима, высшего сорта, ТУ 10.41.59-001-95662146-2017 (соответствует требованиям ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию). Изготовитель: ООО «Хлебодар», Россия, 461705, Оренбургская область, Асекеевский район, ст. Заглядино, ул. Элеваторная, д. 2. Масло пальмовое ГОСТ 31647-2012, нерафинированное соевое масло, льняное нерафинированное масло - СТО 40490379-001-2015, ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию. Изготовлено по заказу ООО «Планета вкуса», Россия, ООО «Бизнесойл», 142138, г. Москва, поселение Щаповское, поселок Курилово, ул. Рабочая, д.5. Жирнокислотный состав масел был различным (таблица 34).

Таблица 34 - Жирнокислотный состав растительных масел, %

Условное обозначение жирной кислоты	Наименование жирной кислоты	Содержание				
		Подсолнечное масло	Пальмовое масло	Соевое масло	Льняное масло	Рапсовое масло
C ₁₄	Миристиновая	-	1,5	-	-	-
C _{16:0}	Пальмитиновая	6,3	46,3	10,6	6,2	3,6
C _{16:1}	Пальмитолеиновая	-	0,5	-	-	2,2
C _{18:0}	Стеариновая	4,0	6,0	4,6	4,4	64,8
C _{18:1}	Олеиновая	18,8	38,2	24,3	16,9	18,9
C _{18:2}	Линолевая	70,8	7,4	52,5	16,6	7,5
C _{18:3}	Линоленовая	0,1	0,1	7,3	55,5	1,6
C _{22:0}	Бегеновая	-	-	0,4	-	-
C _{22:1}	Эруковая	-	-	0,2	-	-
C _{22:2}	Арахидиновая	-	-	-	0,4	1,5

На основании оценки жирнокислотного состава установлено, что масло подсолнечника и соевое масло схожи по процентному составу жирных кислот,

большой процент составляет линолевая кислота, однако в подсолнечном масле ее уровень выше, чем в соевом, на 25,8 %, при этом содержание олеиновой кислоты выше в соевом масле на 29,3 %. Льняное масло богато линоленовой и олеиновой кислотами, а рапсовое стеариновой и олеиновой. Пальмовое масло содержит 46,3 % пальмитиновой кислоты и 38,2 % олеиновой.

Для переваривания и всасывания липидов в тонком отделе кишечника большое значение имеют сок поджелудочной железы с содержащимися в нем ферментами. Расщепление жира в желудочно-кишечном тракте обусловлено действием липаз поджелудочной железы, усиление липолитического действия липазы достигается эмульгированием жиров под влиянием желчных кислот и фосфолипидов, а также их непосредственным влиянием на активность фермента. Научно доказано, что в недостаточности и отсутствии липазы переваривание и всасывание резко ухудшаются.

Изменение активности ферментов поджелудочной железы под воздействием различных нутриентов является примером адаптации, которая характерна различным видам млекопитающих.

Методом окрашенных кормов показано, что для прохождения первых порций остатков принятого корма по пищеварительному тракту телок массой 300 кг требуется 10-15 часов, в том числе в среднем для прохождения преджелудков 3 часа 25 минут, сычуга 25 минут, тонких кишок 2 ч 17 минут (Алиев А.А., 1997).

На основании проведенных нами исследований фазы регуляции панкреатической секреции включают:

- 1 фаза сложнорефлекторная 0-90 мин;
- 2 фаза желудочная – 91-270 мин;
- 3 фаза кишечная – 271-480 мин.

Установлено, что в ответ на повышение нагрузки на поджелудочную железу повышается уровень панкреатической секреции. При введении в рацион жиров в сложнорефлекторную фазу регуляции уровень

панкреатической секреции был выше при использовании рациона, включающего пальмовое масло, на 18,3 % (рисунок 10).

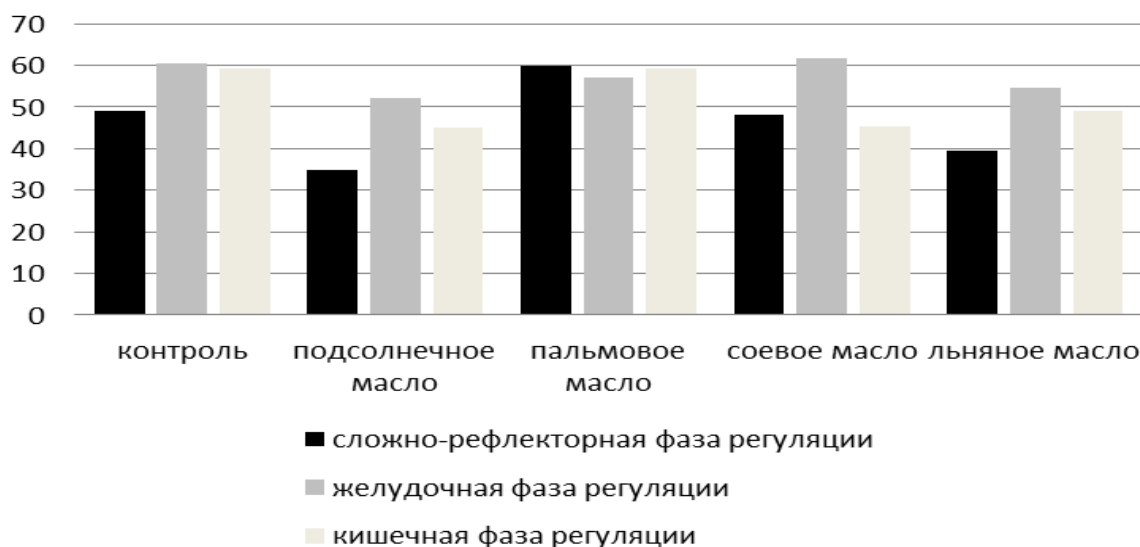


Рисунок 10 – Количество выделенного сока поджелудочной железой при введении в рацион различных видов масел, мл

В желудочную фазу регуляции отмечено незначительное повышение панкреатической секреции при введении соевого жира на 2 % относительно контрольных значений.

В кишечную фазу регуляции уровень панкреатической секреции в группе с пальмовым жиром был аналогичен контролю. При включении в рацион подсолнечного, соевого и льняного жира, количество выделенного поджелудочного сока снизилось на 24 % ($p \leq 0,05$), 23,6 % ($p \leq 0,05$) и 17,4 % соответственно.

Таким образом, можно отметить, что введение жиров в рацион не оказывает существенного влияния на количество выделяемого панкреатического сока, однако говорить об отсутствии нагрузки на поджелудочную железу в данном случае не стоит, так как при введении жиров изменяется ферментативная активность сока поджелудочной железы.

Влияние основного рациона на активность ферментов поджелудочной железы представлено в таблице 35.

Включение 3 % подсолнечного жира сопровождалось увеличением липолитической и протеолитической активности в сложнорефлекторную фазу секреции на 85,7 % в 1,9 раза соответственно (таблица 36, рисунок 11), тогда как амилалитическая активность снижалась: в сложнорефлекторную фазу на 25 %, в желудочную фазу в 2 раза, в кишечную в 2,6 раза.

Таблица 35 - Динамика активности ферментов поджелудочной железы у бычков, получавших основной рацион (n=15, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α-Амилаза, Ед/л
0-60 (до кормления)	134±52,2	4800±669	140±19,4	0,42±0,05	0,14±0,01	2,34±0,03	416±10,5
60-120 (после кормления)	82,2±3,45	2600±220	283±41,6	0,27±0,02	0,15±0,02	2,44±0,04	413±1,50
120-180	157±7,15	4400±800	183±16,6	0,73±0,07	0,07±0,07	2,28±0,02	463±1,00
180-240	188,4±33,2	5700±900	137±29,7	0,51±0,15	0,14±0,02	2,19±0,04	494±8,00
240-300	53,3±1,25	5700±900	91,7±33,3	0,41±0,07	0,16±0,03	2,31±0,14	383±4,50
300-360	24,9±1,95	5200±200	58,3±8,33	0,38±0,02	0,15±0,01	2,38±0,04	366±1,50
360-420	62,8±1,40	8000±600	87,5±4,17	0,34±0,12	0,14±0,01	2,35±0,05	418±4,00
420-480	24,4±11,2	4700±700	83,3±5,67	0,57±0,26	0,15±0,01	2,32±0,08	377±2,00
0-480	90,9±18,2	5137,5±450	133,5±24,3	0,46±0,12	0,14±0,02	2,33±0,12	416,3±4,8

Уровень общего белка в контрольной группе был более чем в 2 раза выше, чем в опытной группе, во все фазы регуляции панкреатической секреции. Концентрация фосфора на фоне введения подсолнечного масла снижалась. При этом уровень кальция был стабильным.

Необходимо отметить, что на фоне снижения амилалитической активности зафиксировано увеличение активности α-амилазы в сложнорефлекторную фазу на 28 %, в желудочную фазу на 26 %, в кишечную фазу на 27,4 %.

Таблица 36 - Динамика активности ферментов поджелудочной железы при включении в рацион подсолнечного жира (n=15, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α-Амилаза, Ед/л
0-60	865±2,05	2900±300	346±13,3	0,18±0,01	0,01±0,002	2,58±0,005	544±3,5
60-120	886±6,65	4300±900	400±16,7	0,24±0,02	0,01±0,001	2,23±0,03	628±11,5
120-180	1003±15,3	2200±600	430±13,3	0,27±0,01	0,01±0,001	2,58±0,005	665±3,0
180-240	721±44,3	2600±800	196,6±13,3	0,07±0,001	0,02±0,005	2,23±0,005	568±23,0
240-300	947±1,9	1500±300	188,3±5,0	0,21±0,01	0,04±0,002	2,82±0,69	619±17,5

300-360	992±9,9	3400±700	155,0±21,7	0,24±0,015	0,06±0,003	2,54±0,045	617±11,5
360-420	686±47,6	500±90	121,7±5,0	0,20±0,002	0,06±0,005	2,66±0,12	499±14,5
420-480	647±4,4	1900±100	146±36,6	0,09±0,008	0,04±0,005	2,54±0,19	584±6,5
0-480	773,8±14,8	2537,5±400	249,3±21,1	0,18±0,007	0,03±0,004	2,43±0,22	578±11,5

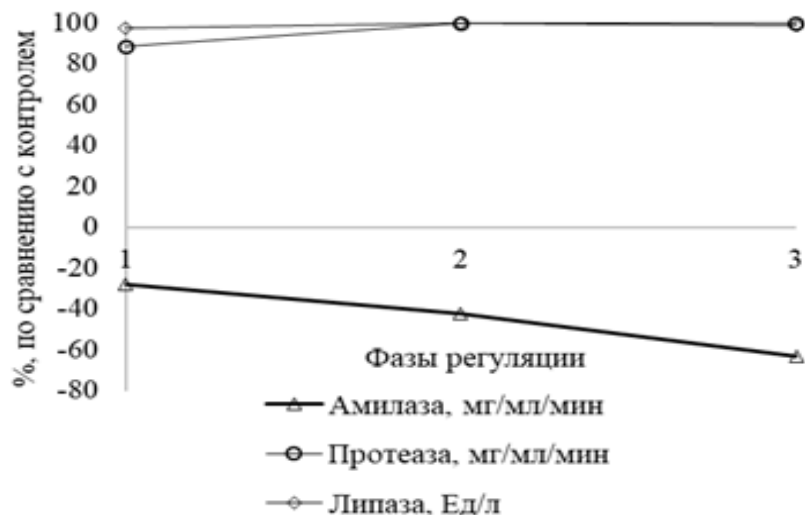


Рисунок 11 – Изменение активности ферментов поджелудочной железы при добавлении подсолнечного масла в рацион бычков (1 – рефлекторная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

В работах ряда исследователей отмечено, что чем разнообразнее рацион и чем больше составляющих в него входят, тем больше нагрузка на поджелудочную железу и тем больше поджелудочного секрета выделяется. В своих исследованиях нами установлено снижение экзосекреции поджелудочного сока на 21 % в опытном рационе ($p \leq 0,05$) (таблица 37).

Следует отметить, что наименьшее количество сока выделялось до кормления животного, а наибольшее – после кормления при всех рационах, так в опытной группе после кормления уровень панкреатической секреции увеличивался на 54 %, а в контроле – на 52 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 37 – Количество панкреатического сока при включении в рацион подсолнечного масла, мл

Экспозиция времени, мин	Количество сока, мл	
	Контрольный рацион	Подсолнечное масло
0-60 (до кормления)	32±5,8	28±1,7
60-120 (после кормления)	66±10,7*	48±3,5*
120-180	67±5,3	58±4,6*
180-240	59±4,7*	50±5,0*
240-300	55,5±5,2*	48±3,7*
300-360	59,5±4,1*	47±3,3*
360-420	67±6,3*	38±5,4
420-480	51,5±4,7*	50±5,2*
0-480	57,2 ± 2,4	45,8 ± 3,4

Примечание: * - ($p \leq 0,05$) при сравнении относительно предыдущей фазы.

Изучение активности ферментов в поджелудочном соке в составе дуоденального химуса свидетельствует о снижении активности ферментов, так как в составе химуса сок подвергается разбавлению пищевыми массами до 10 раз (таблица 38).

Таблица 38 – Активность ферментов в химусе при использовании контрольного и опытного, с подсолнечным маслом, рационов (n=5, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α-Амилаза, Ед/л
Контрольный рацион							
0-120	23,4±6,3	4850±495	91,7±24,1	0,35±0,13	0,09±0,02	2,42±0,86	276±63,2
120-240	22,9±0,70	5500±1 100	62,5±54,2	0,31±0,09	0,12±0,03	2,59±0,94	282±59,3
240-360	23,5±0,55	4300±700	158±83,3	0,25±0,08	0,10±0,04	2,53±0,72	283±52,40
360-480	22,9±0,70	4500±1 300	75,00±20,5	0,60±0,22	0,08±0,03	2,28±0,63	270±56,80
0-480	23,2±0,42	4780±1100	96,8±43,5	0,4±0,15	0,12±0,03	2,46±0,52	277±57,30
Рацион с подсолнечным маслом							
0-120	53,7±12	3700±300	80,0±20,0	2,52±1,02	0,04±0,015	2,68±0,95	116±31,80
120-240	80,9±12,0	5700±421	26,7±9,0	2,90±1,12	0,09±0,02	2,50±0,91	253±46,1
240-360	205±35,6	5700±600	55±5,0	2,84±1,15	0,02±0,008	2,70±0,74	478±71,9
360-480	180±36,1	2137±500	219±65	2,54±1,21	0,042±0,001	2,56±0,41	428±67,70
0-480	129,9±24	4310±350	95,2±18,0	2,7±1,25	0,048±0,009	2,61±0,56	318,8±46,2

Необходимо отметить, что при использовании контрольного рациона уровень липолитической активности во все фазы регуляции панкреатической секреции носил стабильные значения. Уровень амилалитической активности незначительно снижался в кишечную фазу регуляции, а уровень активности протеаз – в желудочную фазу регуляции.

При добавлении в рацион подсолнечного масла отмечено увеличение активности липазы во все фазы регуляции в среднем на 82 % и активности протеаз в кишечную фазу на 66 % (рисунок 12).

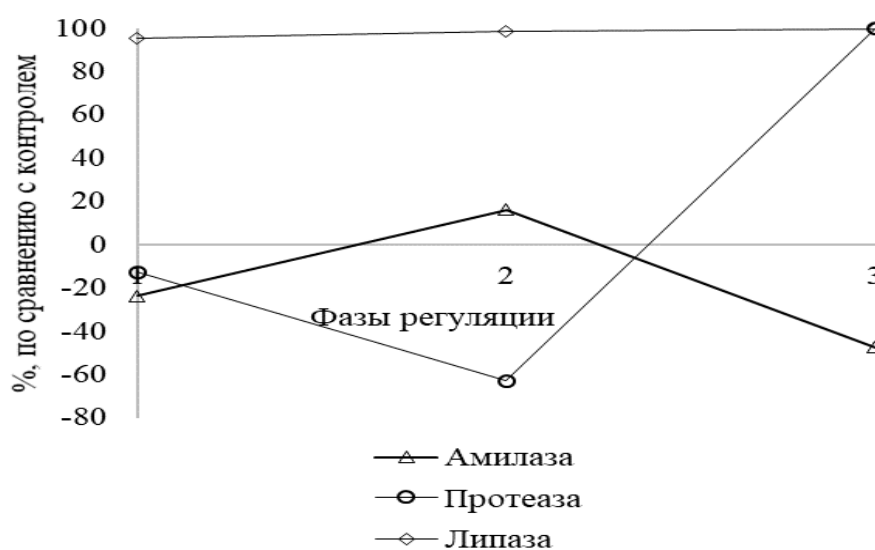


Рисунок 12 – Изменение активности ферментов химуса при добавлении подсолнечного масла в рацион бычков (1 – рефлекторная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

Следует также отметить повышение активности амилазы в желудочную фазу регуляции, в кишечную фазу амилалитическая активность снижалась более чем в 2 раза.

Морфологические и биохимические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион подсолнечного жира. Анализируемые морфологические показатели крови находились в пределах физиологической нормы, без существенных различий между контрольной и опытной группами (таблица 39).

Таблица 39 – Морфологические показатели крови бычков при введении в рацион подсолнечного жира

Показатель	Контрольная	Опытная
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$7,5 \pm 1,3$	$7,2 \pm 1,6$
Лимфоциты, %	$56,9 \pm 8,9$	$54,9 \pm 7,9$
Моноциты, %	$16,9 \pm 3,1$	$21,4 \pm 4,2$
Гранулоциты, %;	$39,4 \pm 1,9$	$53,2 \pm 3,7^*$
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	$2,9 \pm 0,8$	$4,1 \pm 1,2$
Моноциты, $10^9/\text{л}$	$1,3 \pm 0,3$	$1,5 \pm 0,8$
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$	$1,9 \pm 0,6$	$5,3 \pm 1,1^*$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$5,08 \pm 2,9$	$5,37 \pm 3,1$
Гемоглобин, г/л	$93 \pm 8,7$	$122 \pm 5,8^*$
Гематокрит, %	$20,1 \pm 4,3$	$21,6 \pm 4,9$
Средний объем эритроцитов, fl	$41,6 \pm 14,3$	$38,4 \pm 15,1$
Среднее значение гемоглобина в эритроците, пг	$18,3 \pm 5,2$	$13,4 \pm 4,9$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	$349 \pm 86,9$	$440 \pm 46,4$
Точность повторения ширины распределения эритроцитов, %	$19,3 \pm 4,9$	$20,6 \pm 5,1$
Ширина распределения эритроцитов, fl	$27,3 \pm 6,2$	$28,6 \pm 6,7$
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	$201 \pm 59,8$	$224 \pm 67,7$
Средний объем тромбоцитов, fl	$9,7 \pm 1,8$	$8,3 \pm 1,7$

Примечание * – $p \leq 0,05$, при сравнении с контрольной группой

Содержание лейкоцитов у бычков в опытной группе уменьшалось на 4 % относительно бычков контроля.

В структуре самой лейкограммы, отражающей процентное соотношение разных популяций лейкоцитов, изменения от нормы не регистрировались. Процентное содержание гранулоцитов в крови бычков опытной группы достоверно увеличилось на 35,02 % ($p < 0,05$).

Количество эритроцитов у бычков контрольной группы составило $5,08 \times 10^{12}/\text{л}$, что меньше на 5,71 % относительно показателей опытной группы.

Содержание гемоглобина в опытной группе увеличилось на 31,18 % ($p < 0,05$) относительно контрольных бычков.

Тромбоциты принимают активное участие в свертывании крови и неспецифических защитных реакциях организма. Их концентрация в крови

бычков опытной группы составила $224 \times 10^9/\text{л}$, что выше на 11,4 % относительно контрольных бычков.

Показатели крови являются индикатором работы всего организма, они могут характеризовать уровень адаптации животных к различным условиям содержания и кормления.

Биохимические показатели сыворотки крови, отражающие обменные процессы в организме бычков, представлены в таблице 40.

Результаты анализа показали, что у животных, получавших в рационе подсолнечный жир, содержание общего белка в сыворотке крови увеличилось на 19,44 % ($p < 0,05$).

При включении липидного фактора происходит увеличение содержания уровня альбуминов на 24,13 % и глюкозы на 3,22 %, холестерина на 35,95 %, триглицеридов на 27,52 % ($p < 0,05$) относительно контроля.

Увеличение активности сывороточных ферментов АЛТ и АСТ у бычков опытной группы на 33,61 % и 18,32 % может быть причиной результатом синтеза или ресинтеза микронутриентов, повышения проницаемости клеточных мембран, и транслокации пищеварительных ферментов в кровяное русло. Аналогичная динамика была характерна для ЛДГ (на 72,91 % ($p < 0,05$) относительно контроля).

Важным аспектом идентификации хорошей работы печени является уровень билирубина в сыворотке крови бычков. Концентрация общего и прямого билирубина изменялась в незначительных количествах. В опытной группе бычков, получавших подсолнечный жир, наблюдалось изменение в активности амилазы (увеличение на 13,49 % ($p < 0,05$)) и снижение липазы.

Достоверное увеличение мочевины и креатинина происходило в опытной группе на 59,37 % и 19,06 % ($p < 0,05$), что согласуется с увеличением общего белка в сыворотке крови.

Концентрация кальция, фосфора, железа в крови опытных бычков увеличилась на 22,85 %, 31,81 % и на 73,95 % ($p < 0,05$) соответственно

относительно бычков контрольной группы. Это свидетельствует о достаточном содержании этих элементов в организме в течение всего периода выращивания бычков

Таблица 40 – Биохимические показатели крови бычков при введении в рацион подсолнечного масла

Показатели	Группа	
	Контрольная	Опытная
Общий белок, г/л	72,05±3,98	86,85±4,51*
Альбумин, г/л	29±2,1	36±1,8*
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,87	3,52±0,63
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,07	0,37±0,03
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,19	3,63±0,31*
АЛТ, Ед/л	23,8±±4,3	31,8±5,1
АСТ, Ед/л	44,2±5,9	52,3±6,3
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,17*	3,25±0,38
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,16	1,72±0,27
ЛДГ, Ед/л	3049±496,5	5272±864,3
α-Амилаза, Ед/л	415±13,1	471±18,1*
Липаза, Ед/л	17,3±3,4	16,8±1,2
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,37	5,1±0,49*
Креатинин, мкмоль/л	74,5±3,3	88,7±4,2*
Щелочная фосфатаза, Ед/л	100±19,6	114±21,1
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	32,4±4,1
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,2	18,9±4,3
Железо, мкмоль/л	19,2±2,8	33,4±5,1*
Магний, ммоль/л	1,22±0,2	1,73±0,3
Кальций, ммоль/л	2,45±1,1	3,01±1,2
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,04	2,03±0,06

Примечание: при * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной с опытной группой

У опытных животных отмечено увеличение концентрации глюкозы в крови на 10,6 %. Очевидно, это было также связано с более высокой усвояемостью углеводов из комбикорма, в состав которого входила жировая добавка из масличных культур.

Таким образом, включение подсолнечного масла в рацион бычков способствовало увеличению активности пищеварительных ферментов в соке поджелудочной железы, в частности липазы и кишечных протеаз, при этом амилолитическая активность, напротив, снижалась на 50,6 %. Однако при биохимическом анализе выявлено увеличение активности α -амилазы и снижение липазы. Кроме того, дополнительное включение масла способствовало увеличению уровня белкового, липидного и углеводного обменов, о чем свидетельствует увеличение показателей в крови уровня общего белка, альбумина, триглицеридов, холестерина, билирубина и глюкозы.

Оценка влияния дополнительного введения в рацион пальмового масла на метаболические процессы в организме молодняка крупного рогатого скота. Пальмовое масло – это олеиновое масло – 38,2 % и пальмитиновая кислота – 46,3 %, наиболее широко используемый в мировом животноводстве вид растительного жира, однако в нашей стране данный вид масла является импортным.

При введении в рацион пальмового масла отмечено повышение активности липазы и протеаз, и, напротив, снижение амилолитической активности (таблица 41, рисунок 13).

Уровень липолитической активности при введении пальмового масла был выше, чем в контрольной группе, во все фазы регуляции панкреатической секреции: в сложнорефлекторную фазу в 13,3 раза, в желудочную на 86 % выше, а в кишечную – на 95,4 %.

Таблица 41 - Динамика выделения ферментов поджелудочной железы при включении в рацион бычков пальмового жира (n=5, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α-амилаза, Ед/л
0-60 (после кормления)	1525±29,2	1900±500	650±66,7	0,20±0,006	0,04±0,004	2,66±0,015	2291±33,0
60-120	1345±60,9	300±100	430±11,30	0,14±0,008	0,03±0,002	2,47±0,002	1869±17,0
120-180	609±66,5	1900±100	535±8,30	0,13±0,005	0,04±0,003	2,11±0,075	1463±38,0
180 – 240	1029±13,15	1100±100	355±5,00	0,21±0,001	0,04±0,008	2,02±0,005	1428±104
240-300	1141±46,4	5000±200	235±8,30	0,19±0,013	0,05±0,005	2,43±0,02	1626±2,50
300-360	1469±26,60	2300±200	438±61,6	0,17±0,003	0,05±0,005	2,42±0,015	2227±27,5
360-420	1096±39,5	3500±700	241±8,35	0,14±0,008	0,04±0,004	2,09±0,03	1446±22,50
420-480	860±30,2	4100±100	221±11,6	0,38±0,030	0,07±0,005	2,05±0,05	1115±15,0
0-480	1167±34,2	2520±300	394±28,6	0,21±0,004	0,05±0,006	2,16±0,008	1663±54,4

Следует отметить, что наименьший уровень активности липаз отмечался в желудочную фазу регуляции относительно других фаз регуляции. Аналогично изменялся уровень активности протеаз: в 2,8 раза, в 2,5 раза и 4,2 раза соответственно по фазам регуляции.

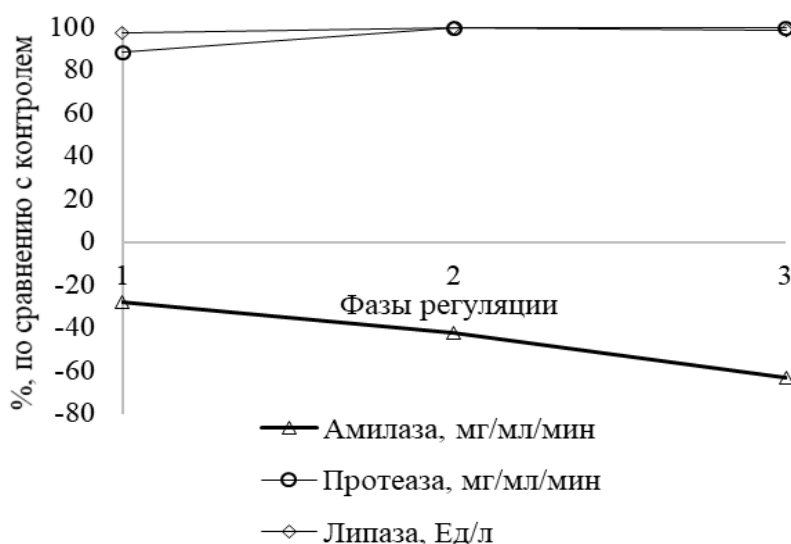


Рисунок 13 – Изменение активности ферментов поджелудочной железы при добавлении пальмового масла в рацион бычков (1 – рефлекторная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

При этом амилалитическая активность снижалась от сложнорефлекторной фазы регуляции (ниже в 3,5 раза) к кишечной фазе (ниже в 1,5 раза).

Уровень Са в поджелудочном соке существенно не изменялся и носил стабильные значения на протяжении экспериментального исследования. Концентрации общего белка и фосфора в опытной группе достоверно снижались: в сложнорефлекторную фазу в 2,1 и 5,3 раза, в желудочную фазу – 3 и 3,1 раза, в кишечную – 1,9 и 4 раза соответственно.

Активность α -амилазы при включении в рацион пальмового масла повышалась: выше всего данная активность была зафиксирована в сложнорефлекторную фазу регуляции – в 5,3 раза, в 4 раза выше в кишечную и 3,1 раза в желудочную относительно контроля.

В своих исследованиях нами установлено усиление секреции панкреатического сока при рационе, обогащенном пальмовым жиром на 2,5 % (таблица 42).

Таблица 42 – Количество панкреатического сока при включении пальмового масла в рацион бычков, мл

Экспозиция времени, мин	Количество сока, мл	
	Контрольный рацион	Рацион с пальмовым маслом
0-60 (до кормления)	32,0±2,8	48,3±1,5*
60-120 (после кормления)	66,0±3,4	72,1±3,7
120-180	67,0±5,3	48,0±2,4*
180-240	59,0±4,7	66,0±5,9
240-300	55,5±5,2	57,2±2,4
300-360	59,5±4,1	58,0±3,2
360-420	67,0±6,3	56,4±4,7*
420-480	51,5±4,7	64,0±2,2
0-480	57,2±2,4	58,6±1,8

Больше панкреатического сока выделялось в желудочную фазу регуляции панкреатической секреции, однако следует отметить, что при

включении в рацион пальмового масла, уровень панкреатической секреции оставался высоким и в кишечную фазу (рисунок 14).



Рисунок 14 – Динамика выделения панкреатического сока при введении в рацион пальмового масла, мл

При включении в рацион пальмового масла активность липаз снижалась во все фазы регуляции в 2,6 раза, а синтез протеаз, напротив, значительно увеличился на фоне снижения активности амилазы в желудочную и рефлекторную фазы относительно контрольной группы (таблица 43, рисунок 15).

Таблица 43 - Активность ферментов в химусе при включении в рацион бычков пальмового жира (n=5, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α-амилаза, Ед/л
0-120	8,20±0,9	1700±100	263±20,0	0,47±0,1	0,02±0,001	2,11±0,01	96,0±3,0
120-240	10,6±1,5	1100±100	471±88	0,41±0,01	0,02±0,001	1,94±0,1	114,0±1,0
240-360	6,00±0,8	1300±100	213±70,0	0,87±0,2	0,02±0,001	1,91±0,01	93,0±0,01
360-480	10,7±4,1	7000±200	119±51,7	0,17±0,01	0,02±0,001	2,67±0,1	38,0±1,0
0-480	8,9±2,0	2775±120	267±58,0	0,48±0,01	0,02±0,001	2,2±0,1	85,3±2,0

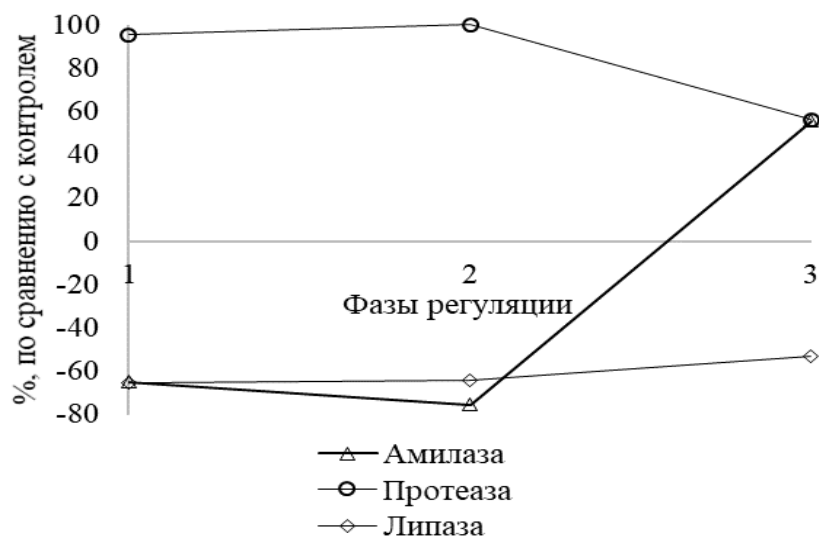


Рисунок 15 – Изменение активности ферментов химуса при добавлении пальмового масла в рацион бычков (1 – рефлекторная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

Активность амилазы возрастала в кишечную фазу регуляции на 35,7 % при недостоверных различиях. Активность протеаз в рефлекторную фазу была выше на 65 %, в желудочную – на 86,7 % и в кишечную – на 30 % относительно контрольных показателей.

Морфологические и биохимические показатели крови бычков при введении в рацион пальмового жира. По результатам исследования крови было установлено достоверное увеличение уровня лейкоцитов (WBC, $10^9/\text{л}$) на 40 % ($p < 0,05$). Количество эритроцитов находилось в пределах физиологической нормы, и было выше на 67,5 % относительно контроля (таблица 44).

По мере увеличения эритроцитарной массы крови, гематокрит возрастает в опытной группе животных на 22,38 %, насыщение эритроцитов кислородом за счет гемоглобина на 18,27 ($p < 0,05$) относительно контроля. Количество тромбоцитов при сравнении с контролем увеличилось на 25,37 % ($p < 0,05$).

Таблица 44 – Морфологические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион пальмового жира

Показатели	Контрольная	Опытная
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	7,5±0,63	10,5±0,87*
Лимфоциты, %	56,9±8,9	33,8±9,1
Моноциты, %	16,9±3,1	20,8±3,9
Гранулоциты, %;	39,4±8,9	45,4±7,7
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	2,9±0,8	3,6±0,9
Моноциты, $10^9/\text{л}$	1,3±0,3	2,2±0,6
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$	1,9±0,6	4,7±1,2
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,08±0,9	8,51±0,68*
Гемоглобин, г/л	93±5,10	110±4,90*
Гематокрит, %	20,1±4,3	24,6±5,1
Средний объем эритроцитов, fl	41,6±14,3	41,8±15,2
Среднее значение гемоглобина в эритроците, пг	18,3±5,2	14,2±4,9
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	349±86,9	362±81,2
Точность повторения ширины распределения эритроцитов, %	19,3±4,9	21,7±4,2
Ширина распределения эритроцитов, fl	27,3±6,2	31,2±6,5
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	201±9,8	252±15,7*
Средний объем тромбоцитов, fl	9,7±1,8	9,8±2,3

Примечание * – $p < 0,05$, при сравнении контрольной с опытными группами

Анализ таблицы 45 показывает, что включение в рацион пальмового жира стимулировало белковый показатель в сыворотке крови на 24,16 % и альбумина на 72,41 % ($p < 0,05$), концентрацию глюкозы на 42,52 % ($p < 0,05$), триглицеридов и холестерина - на 68,96 % и 69,28 %.

Получение животными дополнительного пальмового жира приводило к резкому увеличению ферментов крови АЛТ – 92,85 %, АСТ – 74,43 %, ЛДГ – 81,53 % на фоне снижения общего билирубина на 87,24 %.

Минеральный обмен у бычков опытной группы выражался снижением Mg на 84,84 %, P на 30,51 %, а концентрация железа, напротив, увеличилась на 13,54 % и находилась в нижних пределах физиологической нормы.

Таблица 45 – Биохимические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион пальмового масла

Показатель	Контрольная	Опытная
Общий белок, г/л	72,05±3,98	89,46±5,98*
Альбумин, г/л	29±6,1	50±6,8
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,47	4,86±0,32*
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,07	0,49±0,08*
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,19	4,54±0,62*
АЛТ, Ед/л	23,8±±4,3	45,9±5,6*
АСТ, Ед/л	44,2±5,9	77,1±8,3*
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,37	4,55±0,52*
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,13	2,63±0,46*
ЛДГ, Ед/л	3049±306,5	5535±763,9*
α-Амилаза, Ед/л	415±23,1	385±26,7
Липаза, Ед/л	17,3±3,4	29±3,9
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,7	7,9±1,1
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,3	91,2±7,8
Щелочная фосфатаза, Ед/л	100±19,6	174±21,3
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	45,2±23,1
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,2	15,8±3,1
Железо, мкмоль/л	19,2±3,8	21,8±2,9
Магний, ммоль/л	1,22±0,2	0,66±0,06
Кальций, ммоль/л	2,45±1,1	2,65±1,3
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,04	1,18±0,3

Примечание: при * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной с опытной группой

В результате проведенных исследований при дополнительном включении в рацион пальмового масла отмечена стимуляция белкового,

углеводного и липидного обменов в организме, на фоне значительного увеличения относительно контроля уровня альбумина, общего белка, триглицеридов, холестерина, прямого и общего билирубина и глюкозы.

При использовании пальмового масла в питании бычков наблюдается увеличение активности ферментов липазы и протеаз в соке поджелудочной железы на 92,2 % и 66,1 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Активность фермента амилазы снижалась в панкреатическом соке на 50,9 % ($p \leq 0,05$), в сыворотке крови на 7,2 % относительно контрольного рациона.

Секреторная функция поджелудочной железы при включении в рацион соевого жира. При введении соевого масла резко увеличивалась активность липазы в сложнорефлекторную фазу регуляции – в 4,6 раза, в желудочную фазу – в 3,8 раза, в кишечную – в 3 раза относительно контроля. Следует отметить, что липолитическая активность внутри группы постепенно снижалась от первой фазы регуляции к кишечной фазе (таблица 46, рисунок 16).

Таблица 46 – Динамика выделения ферментов поджелудочной железы у бычков при включении в рацион соевого жира ($n=15$, $M \pm m$)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α -Амилаза, Ед/л
0-60 (до кормления)	357±92,4	3078±267	117±9,22	0,85±0,08	0,46±0,05	1,76±0,12	2410±461
60-120 (после кормления)	644±274	3400±800	131±48,3	0,87±0,22	0,47±0,01	1,99±0,35	4231±1199
120-180	662±278	4000±100	76,3±34,7	0,82±0,22	0,46±0,01	2,09±0,4	2765±1041
180-240	703±239	3575±625	121±1,00	0,60±0,04	0,44±0,01	2,04±0,5	3055±1033
240-300	122±89,8	2200±400	119±6,00	1,10±0,02	0,46±0,01	1,57±0,5	1167±692
300-360	128±94,4	3500±100	116±16,7	1,09±0,3	0,46±0,01	1,33±0,5	1376±709
360-420	187±94,6	2800±600	122±10,0	0,60±0,05	0,44±0,01	1,73±0,5	1453±634
420-480	202±76,0	1650±115	116±0,2	1,04±0,04	0,46±0,1	1,23±0,3	1120±422
0-480	513±126	3025±360	115±28,6	0,87±0,03	0,46±0,01	1,25±0,4	2197±896

Амилолитическая активность в опытной группе относительно контроля снижалась: в сложнорефлекторную фазу на 12,4 %, в желудочную – на 38 %, в кишечную – на 38 %.

в кишечную – на 55,6 %. Внутри группы активность амилазы имела такую же закономерность снижения, как и снижение активности липаз.

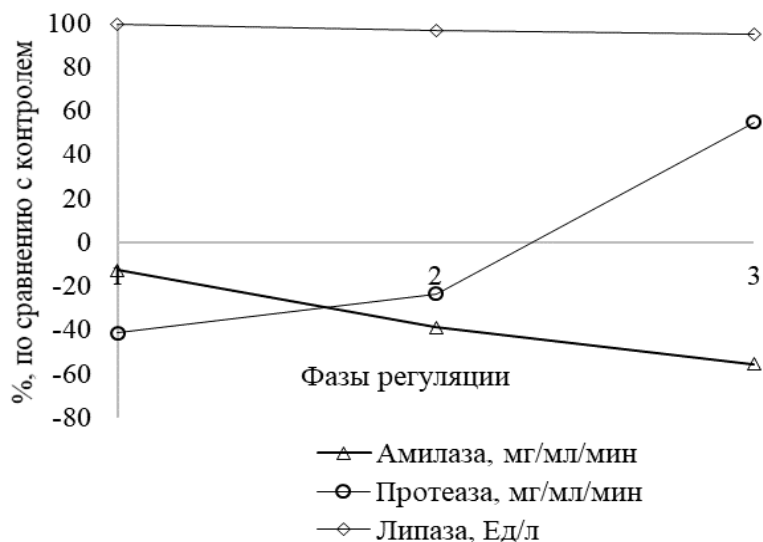


Рисунок 16 – Изменение активности ферментов поджелудочной железы при добавлении соевого масла в рацион бычков (1 – рефлексорная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза).

Активность протеаз имела следующие особенности: в первую фазу регуляции в опытной группе активность протеаз была ниже в 1,7 раза, в желудочную фазу ниже в 1,3 раза, а в кишечную фазу, напротив, была выше, чем в контроле, в 1,6 раза.

Концентрация фосфора в поджелудочном соке увеличилась на 70 %, на фоне снижения Са на 27 %. Стимуляция белкового обмена выражалась увеличением уровня белка на 59 % в первую фазу регуляции и на 34,5 % и 53 % соответственно во вторую и третью фазы. Уровень активности α -амилазы относительно контроля был выше на протяжении всего экспериментального исследования, по фазам: в I – в 5,4 раза, во II – 5,2 раза, в III – в 3,4 раза.

При замене контрольного рациона на рацион, обогащенный соевым жиром, количество выделяемого сока поджелудочной железы за опытный период снизилось на 8,8 % (таблица 47).

Следует отметить, что наименьшее количество сока выделялось до кормления животного, а наибольшее – после кормления при всех рационах.

Таблица 47 – Количество панкреатического сока при включении в рацион бычков соевого масла, мл

Экспозиция времени, мин	Количество сока, мл	
	Контрольный рацион	Рацион с соевым маслом
0-60 (до кормления)	32±2,8	18±2,4
60-120 (после кормления)	66±7,2	78±6,7
120-180	67±7,3	72±7,1
180-240	59±4,3	62±5,8
240-300	55,5±6,2	51±4,3
300-360	59,5±6,8	48±5,3
360-420	67±9,2	46±3,8
420-480	51,5±4,2	42±3,2
0-480	57,2 ± 2,4	52,1 ± 3,2

Больше панкреатического сока выделялось в желудочную фазу регуляции панкреатической секреции при снижении в кишечную фазу в опытной группе (рисунок 17).

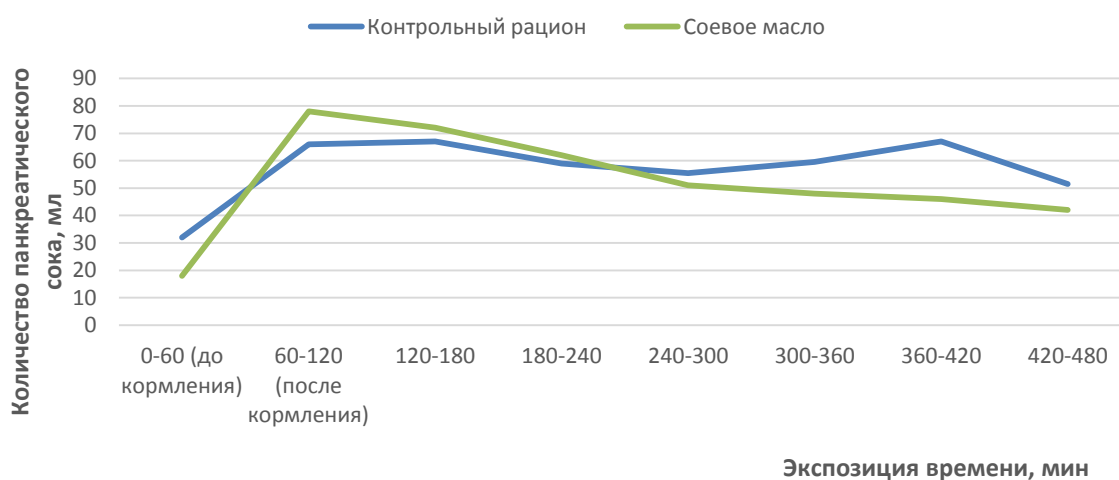


Рисунок 17 – Динамика выделения панкреатического сока у бычков при включении в рацион соевого масла, мл

Уровень активности панкреатических ферментов в химусе при введении в рацион соевого масла характеризовался снижением липолитической и амилолитической активностей в рефлекторную фазу регуляции на 34 % и 67 %, соответственно (таблица 48, рисунок 18).

Таблица 48 - Активность ферментов в химусе при включении в рацион соевого жира (n=5, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	а-Амилаза, Ед/л
0-120	15,5±9,53	1600±600	112±20,8	0,87±0,32	0,27±0,06	2,86±0,11	3064±84,1
120-240	35,3±14,1	1100±400	133,3±8,34	1,05±0,7	0,23±0,022	2,71±0,10	3055±551
240-360	28,7±11,2	2200±200	62,5±20,8	0,16±0,01	0,21±0,06	2,63±1,16	2850±524
360-480	25,7±6,3	2085±274	311±47,2	0,73±0,16	0,21±0,02	2,72±0,4	3026±29,5
0-480	26,4±8,6	1746±300	154,7 ±28,2	0,7±0,22	0,23±0,04	2,73±0,42	2999±366

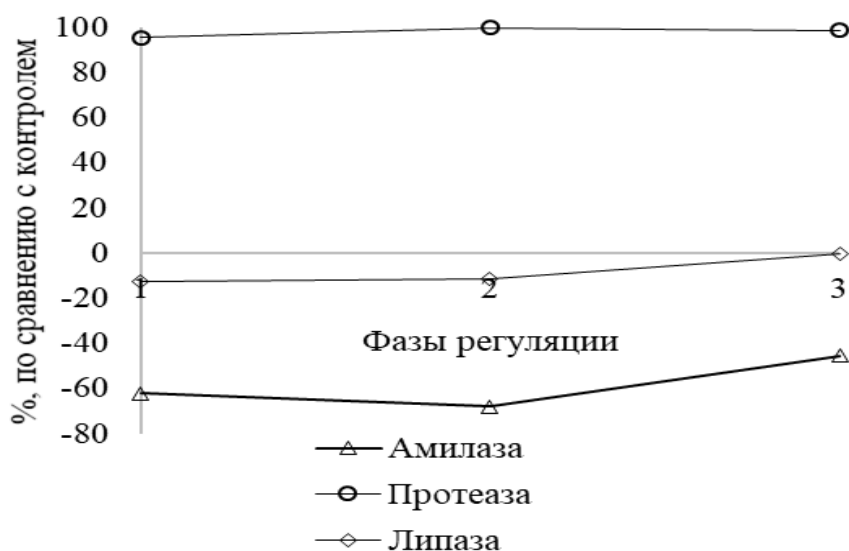


Рисунок 18 – Изменение активности ферментов химуса при добавлении соевого масла в рацион бычков (1 – рефлексорная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

Активность протеаз при этом была выше, чем в контроле, на 18,5 %. В желудочную фазу на фоне увеличения на 35 % липолитической активности происходит снижение активности протеаз в 2 раза и амилазы в 5 раз. К кишечной фазе регуляции активность липазы и протеазы остается на высоком уровне при снижении амилазы относительно контрольных значений.

Морфологические и биохимические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион соевого жира. Морфологический анализ крови контрольных и опытных животных представлен в таблице 49.

Содержание лейкоцитов и эритроцитов в крови у бычков опытной группы увеличилось на 57,73 % и 50,01 % ($p < 0,05$) соответственно.

Разница по содержанию гемоглобина (HGB, г/л) между контрольной и опытной группой составила 27,95 % ($p < 0,05$).

Таблица 49 – Морфологические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион соевого жира

Показатели	Контрольная	Опытная
Лейкоциты, 10^9 /л	7,5±1,3	11,8±1,2*
Лимфоциты, %	56,9±8,9	63,3±9,1
Моноциты, %	16,9±3,1	19,2±3,9
Гранулоциты, %;	39,4±8,9	39,8±7,9
Лимфоциты, 10^9 /л	2,9±0,8	5,5±1,2
Моноциты, 10^9 /л	1,3±0,3	2,5±0,9
Гранулоциты, 10^9 /л	1,9±0,6	4,8±1,4
Эритроциты, 10^{12} /л	5,08±0,80	7,62±0,71*
Гемоглобин, г/л	93±7,1	119±8,7*
Гематокрит, %	20,1±4,3	24,2±3,9
Средний объем эритроцитов, fl	41,6±14,3	46,1±15,7
Среднее значение гемоглобина в эритроците, пг	18,3±5,2	19,4±6,1
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	349±86,9	424±87,7
Точность повторения ширины распределения эритроцитов, %	19,3±4,9	18,7±4,8
Ширина распределения эритроцитов, fl	27,3±6,2	29,9±6,5
Тромбоциты, 10^9 /л	201±59,8	220±61,7
Средний объем тромбоцитов, fl	9,7±1,8	9,5±2,1

Произошло увеличение гематокрита (НСТ, %) на 20,39 % и тромбоцитов на 9,45 %.

Характеризуя биохимические показатели крови животных, отмечается, что все показатели находились в пределах физиологической нормы (таблица 50).

Результаты биохимического анализа сыворотки крови бычков контрольной группы показали, что добавление в корм соевого жира

способствовало повышению белка на 24,0 % и альбумина на 44,82 % ($p < 0,05$). У молодняка опытной группы уровень глюкозы был достоверно выше на 23,46 % относительно бычков контрольной группы.

Таблица 50 – Биохимические показатели крови бычков при включении в рацион соевого жира

Показатели	Контрольная	Опытная
Общий белок, г/л	72,05±3,98	89,43±6,98
Альбумин, г/л	29±4,1	42±3,3*
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,17	4,21±0,24*
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,02	0,45±0,05*
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,19	4,99±0,81*
АЛТ, Ед/л	23,8±±4,3	28,8±5,1
АСТ, Ед/л	44,2±5,9	54,9±5,8
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,27	3,67±0,49
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,23	1,59±0,16
ЛДГ, Ед/л	3049±256,5	4098±363,7*
α-Амилаза, Ед/л	415±23,1	423±21,9
Липаза, Ед/л	17,3±3,4	28,4±3,9
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,7	4,6±0,9
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,3	89,6±7,2
Щелочная фосфатаза, Ед/л	100±19,6	158±12,6*
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	23,6±3,1
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,2	16,1±3,9
Железо, мкмоль/л	19,2±3,8	34,6±4,3*
Магний, ммоль/л	1,22±0,2	1,68±0,9
Кальций, ммоль/л	2,45±1,1	2,71±0,8
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,04	1,68±0,6

Примечание: при * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной с опытной группой

Соевый жир незначительно повлиял на активность аминотрансфераз в сыворотке крови. У бычков опытной группы происходило увеличение АЛТ и АСТ на 5,08 % и 2,81 % относительно бычков контрольной группы.

У молодняка опытной группы отмечено увеличение ЛДГ на 34,41 % ($p < 0,05$), амилазы на 1,92 % и липазы на 9,48 % относительно контроля.

У животных опытной группы отмечено более высокое содержание триглицеридов и холестерина на 55,17 % и 69,99 % ($p < 0,05$) соответственно, что свидетельствовало об интенсивности жирового обмена.

Дополнительное введение соевого жира сопровождалось увеличением уровня кальция на 10,61 %, фосфора на 9,09 %, железа на 80,2 % ($p < 0,05$).

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что соевый жир в значительной степени стимулировал белковый и углеводный обмены в организме бычков, что выражалось в увеличении общего белка на 38,01 %, глюкозы – на 23,46 %, триглицеридов – на 55,17 % и холестерина на 69,99 % ($p < 0,05$).

Уровень активности пищеварительных ферментов в панкреатическом соке при включении соевого масла повышался относительно контроля, активность протеаз к концу экспериментального исследования увеличивалась в 1,2 раза, а активность липаз в 3-4,6 раза.

Влияние рациона, включающего льняной жир, на переваримость питательных веществ и адаптацию пищеварительной системы у бычков. Льняной жир считается одним из наиболее полезных для скота и птицы. На вкус он мягче, приятнее и легче других переваривается, а по большому содержанию слизистых веществ имеет и диетическое значение. Благодаря значительному содержанию в нем протеина и жира, можно регулировать питательную ценность корма. Таким образом, из-за рекордного содержания лигнанов лен и продукты его переработки считаются естественным сильнейшим стимулятором роста у молодняка птицы, рыбы и животных.

Льняное нерафинированное масло – натуральный продукт, содержащий комплекс ценных полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6.

Определено, что основу льняного масла составляет линоленовая кислота – 55,5 %, меньший процент составляют: олеиновая – 16,9 % и линолевая – 16,6 %, на долю других кислот приходится 11 %.

При включении в рацион полигастричных животных льняного масла ферментативная активность липазы и протеазы увеличивается, при снижении амилолитической активности (таблица 51, рисунок 19).

Таблица 51 - Динамика выделения ферментов поджелудочной железы при включении в рацион льняного масла (n=5, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	а-Амилаза, Ед/л
0-60 (до кормления)	224±53,	2587±416	186±23,7	0,18±0,05	0,11±0,01	2,41±0,06	1666±220
60-120 (после кормления)	481±16,2	1800±200	225±50	0,13±0,15	0,11±0,04	2,53±0,18	1846±667
120-180	404±140	2000±200	287±70,8	0,16±0,67	0,12±0,05	2,60±0,51	1894±962
180-240	286±99,8	3100±700	170±20,8	0,01±0,006	0,1±0,05	2,55±0,84	1879±999
240-300	65,5±65,3	4600±400	229±45,5	0,39±0,08	0,12±0,01	2,38±0,98	1979±975
300-360	97,9±7,9	1400±800	154±70,8	0,31±0,02	0,12±0,01	2,16±1,02	1886±857
360-420	113±66,4	2800±600	204±12,5	0,36±0,06	0,12±0,01	2,20±1,03	1127±651
420-480	168,1±59,2	4700±300	250±41,7	0,04±0,009	0,12±0,01	2,31±0,94	1860±656
0-480	230±26,4	2874±700	214±36,1	0,21±0,03	0,12±0,01	2,4±0,78	1767±632

В сложнорефлекторную фазу регуляции панкреатической секреции активность ферментов опытной группы характеризовалась увеличением липолитической активности в 3,3 раза, снижением амилолитической на 41 % при сохранении стабильности в уровне протеазы.

В желудочную фазу регуляции под влиянием льняного масла отмечалось увеличение активности липазы в 1,9 раза и протеазы на 40 %, а уровень амилолитической снизился на 38,7 % относительно контрольных показателей.

Активность в кишечную фазу регуляции имела аналогичную тенденцию, как и в желудочную фазу. Активности липазы и протеаз увеличивались в 2,3 раза и 2,7 раза соответственно относительно контрольной группы.



Рисунок 19 – Изменение активности ферментов поджелудочной железы при добавлении льняного масла в рацион бычков (1 – рефлекторная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

Произошло снижение уровня белка, фосфора на 14 % на фоне увеличения концентрации Са на 3 % относительно контроля.

Активность α -амилазы в опытной группе была выше в 4,2 раза в сложнорефлекторную и кишечную фазы регуляции и в 4,3 раза в желудочную фазу.

В исследованиях установлено, что наименьшее количество сока выделялось до кормления животного, а наибольшее – после кормления при всех рационах (таблица 52, рисунок 20).

Таблица 52 – Количество панкреатического сока при включении в рацион бычков льняного масла, мл

Экспозиция времени, мин	Количество сока, мл	
	Контрольный рацион	Рацион с льняным маслом
0-60 (до кормления)	32±2,8	31±3,2
60-120 (после кормления)	66±7,2	48±3,2
120-180	67±7,3	56±5,3
180-240	59±4,3	58±6,7
240-300	55,5±6,2	50±6,5
300-360	59,5±6,8	50±4,3
360-420	67±9,2	52±6,7
420-480	51,5±4,2	45±7,2
0-480	57,2 ±2,4	48,8 ±3,4

При рационе, содержащем льняное масло, количество поджелудочного сока снижалось в кишечную фазу относительно контроля (рисунок 20).

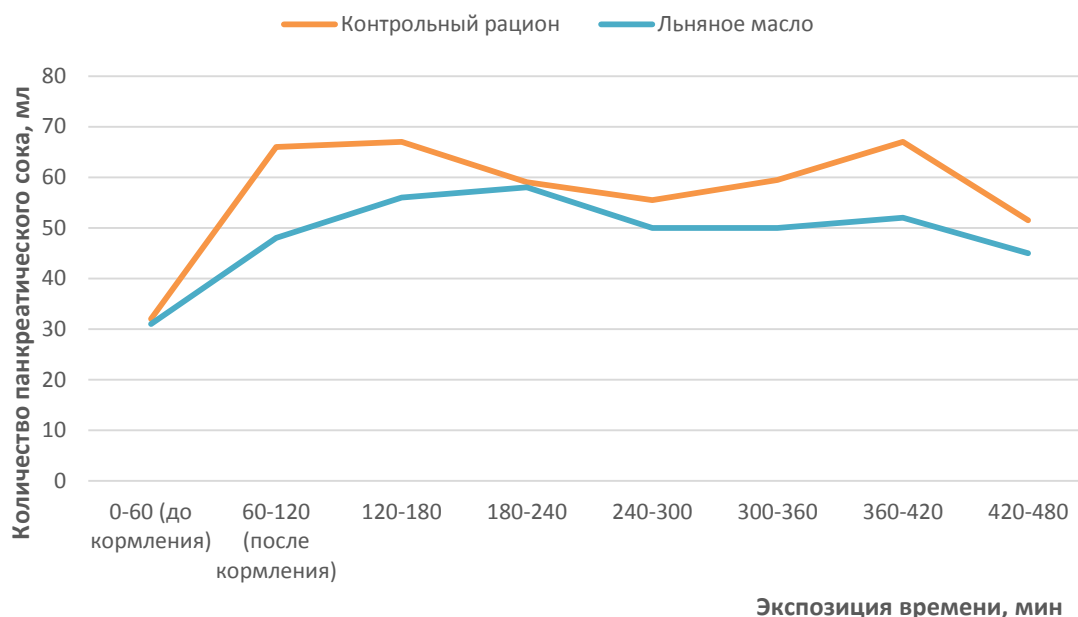


Рисунок 20 – Динамика выделения панкреатического сока при жировой диете, включающей льняное масло

При добавлении в рацион бычков льняного масла установлено усиление активности липазы в рефлекторную фазу регуляции на 43,4 %, а в желудочную и кишечную фазы активность липазы была на уровне контрольных значений (таблица 53, рисунок 21).

Таблица 53 - Активность ферментов в химусе при включении в рацион льняного масла (n=5, M±m)

Периоды опыта, мин	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин	Общий белок, г/л	Фосфор, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	α-Амилаза, Ед/л
0-120	41,4±18,5	3025±373	70,8±8,18	0,31±0,09	0,06±0,01	2,48±0,11	1858±15,2
120-240	22,2±0,7	2400±100	70,8±20,8	0,07±0,22	0,05±0,01	2,62±0,03	1822±21,8
240-360	22,8±12,5	3700±100	75,0±16,7	0,39±0,74	0,04±0,01	2,60±0,75	1850±171
360-480	23,6±11,3	3200±400	50,0±3,2	0,48±0,07	0,05±0,002	2,56±1,09	1865±531
0-480	27,5±0,95	3082±240	66,7±10,2	0,31±0,06	0,05±0,01	2,57±0,66	1850±25,5

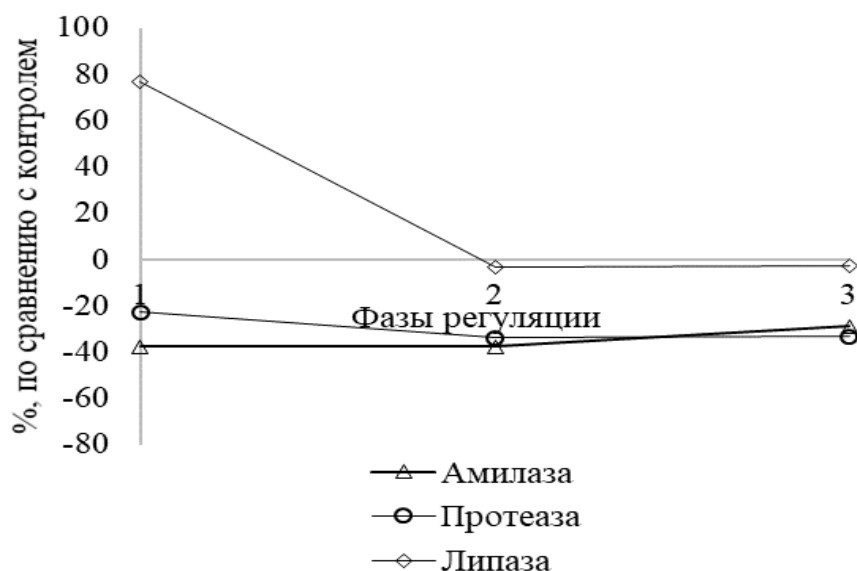


Рисунок 21 – Изменение активности ферментов химуса при добавлении льняного масла в рацион бычков (1 – рефлекторная фаза, 2 – желудочная фаза, 3 – кишечная фаза)

Относительно контроля активность амилазы и протеаз снижается во все фазы регуляции.

Морфологические и биохимические показатели крови бычков при введении в рацион льняного жира. По результатам эксперимента снизился уровень лейкоцитов на 38,8 % ($p < 0,05$) при увеличении гемоглобина на 11,8 % ($p < 0,05$) относительно контрольной группы (таблица 54).

Уровень эритроцитов и тромбоцитов увеличился на 19,9 % и 16,9 % соответственно.

Таблица 54 – Морфологические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион льняного масла

Показатели	Контрольная	Опытная
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	7,5±0,56	5,4±0,61*
Лимфоциты, %	56,9±8,9	47,1±7,5
Моноциты, %	16,9±3,1	24,5±3,3
Гранулоциты, %;	39,4±8,9	68,4±9,5
Лимфоциты, 10 ⁹ /л	2,9±0,8	6,4±1,7
Моноциты, 10 ⁹ /л	1,3±0,3	1,2±0,4
Гранулоциты, 10 ⁹ /л	1,9±0,6	3,7±1,2
Эритроциты, 10 ¹² /л	5,08±2,9	5,76±2,03
Гемоглобин, г/л	93±2,11	104±3,8*
Гематокрит, %	20,1±4,3	24,1±4,9
Средний объем эритроцитов, fl	41,6±14,3	41,9±13,7
Среднее значение гемоглобина в эритроците, пг	18,3±5,2	19,5±5,9
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	349±86,9	358±81,9
Точность повторения ширины распределения эритроцитов, %	19,3±4,9	19,1±4,8
Ширина распределения эритроцитов, fl	27,3±6,2	27,8±6,1
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	201±9,8	235±5,7*
Средний объем тромбоцитов, fl	9,7±1,8	9,0±1,2

Примечание * – $p < 0,05$, при сравнении контрольной с опытными группами

Относительно биохимических показателей в опытной группе бычков увеличились показатели общего белка на 17,21 % ($p < 0,05$), альбуминов на 51,72 % ($p < 0,05$), глюкозы на 17,01 % относительно контроля (таблица 55).

Содержание ферментов в сыворотке крови изменялось незначительно и было в пределах физиологической нормы: АЛТ – на 10,51 %, АСТ – на 2,9 %, ЛДГ – на 10,46 %, липаза – на 10,41 %, щелочная фосфатаза – на 37 %, амилаза – на 21,11 %.

Липидная нагрузка сопровождалась увеличением уровня триглицеридов на 20,7 %, холестерина на 20,2 % относительно контрольных значений.

Концентрация билирубина в контрольной и опытной группах находилась в пределах 2,43-2,82 ммоль/л, а содержание прямого билирубина в крови опытной группы было выше на 32,43 % относительно контроля.

Таблица 55– Биохимические показатели крови крупного рогатого скота при введении в рацион льняного масла

Показатели	Контрольная	Опытная
Общий белок, г/л	72,05±3,98	84,45±2,58*
Альбумин, г/л	29±3,1	44±3,9*
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,87	3,99±0,42
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,07	0,35±0,06
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,19	3,21±0,39
АЛТ, Ед/л	23,8±±4,3	26,3±4,6
АСТ, Ед/л	44,2±5,9	45,5±4,8
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,17	2,82±0,15
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,13	1,47±0,14
ЛДГ, Ед/л	3049±156,5	3368±157,1
α-Амилаза, Ед/л	415±43,1	502,6±32,8
Липаза, Ед/л	17,3±3,4	19,1±3,9
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,7	3,5±0,5
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,3	79,4±6,7
Щелочная фосфатаза, Ед/л	100±19,6	137±18,1
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	25,6±2,2
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,2	19,9±3,9
Железо, мкмоль/л	19,2±3,8	36,9±4,2*
Магний, ммоль/л	1,22±0,05	1,75±0,19*
Кальций, ммоль/л	2,45±0,11	3,67±0,36*
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,14	1,98±0,07*

Примечание: при * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной с опытной группой

Увеличение макро- и микроэлементов в сыворотке крови у опытных животных относительно контрольных соответствовало значениям Са – на 49,7 % ($p < 0,05$), Р – на 28,57 % ($p < 0,05$), Mg – на 43,44 % ($p < 0,05$), Fe – на 92,18 % ($p < 0,05$).

Полученные результаты показывают, что высокий уровень Fe – 92,18 % ($p < 0,05$) относительно контроля коррелирует с уровнем гемоглобина.

Анализ крови показал увеличение в опытной группе при сравнении с контролем показателей общего белка на 17,21 % ($p < 0,05$), альбуминов на 51,72 % ($p < 0,05$), глюкозы на 17,01 %.

Таким образом установлено, что при дополнительном включении в рационы молодняка крупного рогатого скота растительных масел относительно контрольного рациона уменьшалась секреция панкреатического сока, однако активность пищеварительных ферментов в нем увеличивалась, в частности активность липазы и кишечных протеаз, участвующих

непосредственно в расщеплении жиров. Также использование масел повышало белковый, углеводный и жировой обмены в организме, увеличивая уровень белка, альбумина, глюкозы, триглицеридов и холестерина в сыворотке крови.

3.2.2 Влияние различных жиров на антиоксидантный статус организма, изменение уровня NO-метаболитов и трипсина в сыворотке крови

В результате обеспечения организма крупного рогатого скота энергией для интенсивного роста и развития, ускоряются окислительно-восстановительные процессы в организме и тем самым усиливаются процессы перекисного окисления липидов, что приводит к образованию избыточного количества перекисных соединений, в том числе и пероксида водорода, основным нейтрализатором которого является каталаза. В качестве индикатора этих процессов используется активность фермента каталаза, интенсивно разлагающего пероксид водорода, который для организма является метаболическим ядом.

Установлено, что использование жиров приводит к снижению активности каталазы и супероксиддисмутазы, количества лейкоцитов, активности повторного дыхания в макрофаге почки, фагоцитарного индекса, активности сывороточного лизоцима и повышению уровня малонового диальдегида в печени.

В проведенных исследованиях введение в рацион жиров сопровождалось отсутствием окислительного стресса, на что указывали показатели активности каталазы (КАТ), супероксиддисмутазы (СОД) и малонового диальдегида (таблица 56).

Установлено, что включение в рацион подсолнечного масла сопровождалось увеличением СОД на 17 % и снижением малонового альдегида и каталазы на 96,6 % и 24,2 % соответственно относительно контрольных значений.

Таблица 56 – Антиоксидантная активность при включении в рацион подсолнечного, пальмового, соевого и льняного масел

Наименование группы	СОД, % ингибирования	Активность каталазы, мкМ	Малоновый диальдегид, конц. мкМ/л
Контроль	64,1±5,8	265,0±13,7	0,59±0,08
Подсолнечное масло	75,0±6,2	201,0±26,7	0,02±0,06
Пальмовое масло	83,7±9,3	266,0±8,3	0,11±0,03
Соевое масло	73,9±6,7	133,0±2,4	0,05±0,003
Льняное масло	75,3±4,9	112,0±3,3	0,08±0,005

При включении пальмового жира показатели СОД были выше на 30,6 %, а малонового альдегида ниже на 81,4 % относительно контроля.

При введении в рацион соевого масла отмечено увеличение СОД на 15,3 % при депрессировании каталазы на 49,8 %, и малонового диальдегида на 91,5 % относительно контрольных значений.

Введение в рацион льняного масла стимулировало выработку СОД на 17,5 % на фоне снижения активности каталазы и малонового диальдегида на 57,7 % и 86,4 % соответственно.

Установленные различия в активности ферментов антиоксидантной защиты, где включение в рацион пальмового жира 2 % и 4 % значительно снижало концентрацию малонового диальдегида, активность каталазы и общую антиоксидантную способность в сыворотке крови по сравнению с контрольной группой. Существенных различий по активности супероксиддисмутазы (СОД) и глутатионпероксидазы не наблюдалось.

Изменение уровня NO-метаболитов. В настоящее время многочисленными исследованиями установлено, что оксид азота (NO) опосредует целый каскад физиологических процессов, в том числе регуляцию сосудистого тонуса, плазменного и тромбоцитарного звеньев гемостаза, нейротрансмиссию и формирование иммунного ответа, торможение пролиферации гладкомышечных клеток. При этом снижение концентрации NO, синтезирующегося в эндотелиальных клетках сосудистой стенки, считают

одной из основных причин дисфункции эндотелия, возникающих при таких патологических состояниях, как гиперхолестеринемия, сахарный диабет 2 типа, артериальная гипертензия (АГ), сердечная недостаточность. Биологические эффекты NO в значительной мере определяются его биодоступностью, или балансом между продукцией этого соединения под действием фермента синтазы оксида азота (NO-синтазы) с одной стороны, и его утилизацией в тканях или окислением при участии супероксид радикалов, модифицированных (окисленных, гликированных) липопротеидов низкой плотности (ЛНП) и других подобных соединений, с другой. Недостаточная продукция NO сопряжена с развитием нарушений в сердечнососудистой и других системах организма; вместе с тем, его избыточная продукция, за счет которой обеспечивается антимикробный эффект при воспалении, может превратиться из звена адаптации в звено патогенеза и стать не менее опасным повреждающим фактором для организма, чем дефицит NO.

В исследованиях был отмечен рост уровня метаболитов оксида азота у всех животных, однако уровень NO-метаболитов у животных, рацион которых включал пальмовый жир, был ниже в 3 раза, чем у животных, в рационе которых было подсолнечное масло (рисунок 22).

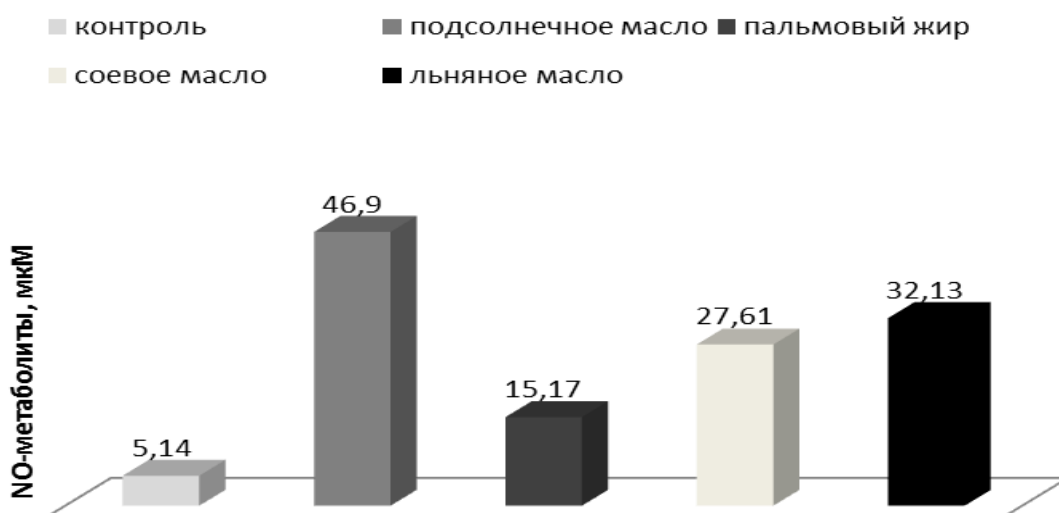


Рисунок 22 – Уровень NO-метаболитов при жировом рационе, мкМ

В частности при введении в рацион подсолнечного масла уровень метаболитов азота увеличился в 9,1 раз, пальмового – в 3 раза, соевого – в 5,4 раз, льняного – в 6,3 раз относительно контрольной группы. Нарастание уровня метаболитов NO при жировом рационе свидетельствует о напряжении системы защиты организма, что является компенсаторной реакцией при адаптации организма к изменению ингредиентного состава жиров.

Изменение уровня трипсина в сыворотке крови. Показатели активности амилазы и липазы в сыворотке крови не всегда могут свидетельствовать о физиологическом напряжении поджелудочной железы при смене жиров, так как существует экстрапанкреатическая продукция этих ферментов. Трипсин является оптимальным маркером для выявления изменений в физиологическом состоянии поджелудочной железы, так как он специфичен для этого органа.

Анализ литературных источников показывает, что существующая гипотеза Лапорта и Тремольера раскрывает механизм регуляции выработки панкреатических ферментов: поступление трипсина в кровь уменьшает выход ферментов с панкреатическим соком, а введение ингибитора трипсина, напротив, сопровождается увеличением отделения ферментов. Определение активности трипсина показало, что при введении в рацион жиров уровень трипсина в крови повышался во всех опытных группах более чем в 2 раза (рисунок 23).

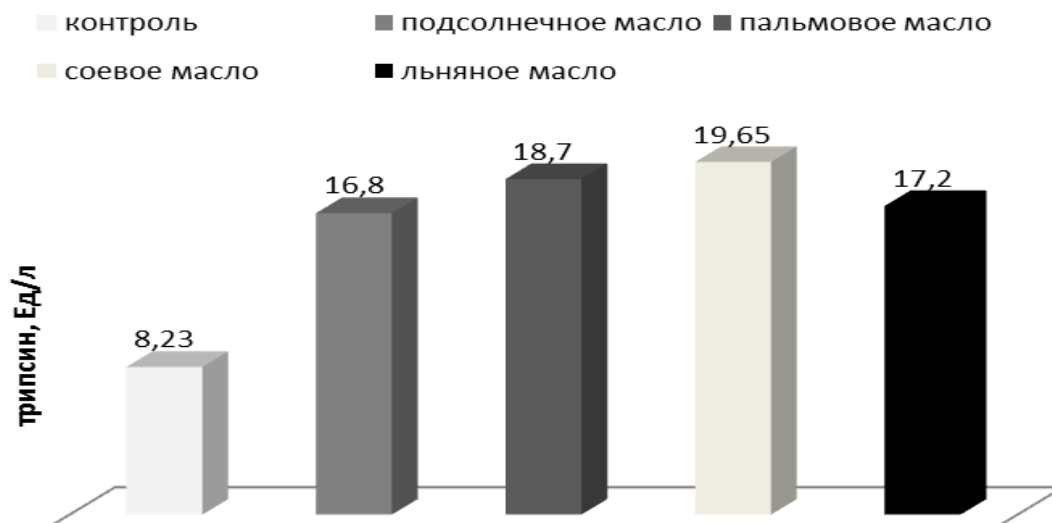


Рисунок 23 – Уровень концентрации фермента трипсина в сыворотке крови бычков при жировом рационе, Ед/л

Трипсин играет критическую роль в инициации каскада активации пищеварительных ферментов в кишечнике. В своих исследованиях мы не отметили четкой взаимосвязи увеличения уровня трипсина во всех группах, получавших с рационом жиры, с активностью панкреатических ферментов в поджелудочном соке, так как в опытных группах отмечено усиление активности липазы и протеаз. А увеличение активности трипсина, в данном случае, может служить примером адаптации поджелудочной железы к жировой экскалации.

3.2.3 Переваримость аминокислот и жирных кислот при включении в рацион бычков различных источников жира

Потребность молодняка крупного рогатого скота в питательных веществах обусловлена интенсивностью роста, которая в свою очередь зависит от вида задаваемых кормов, поставляющих в организм незаменимые вещества, такие как аминокислоты, а также малоусвояемые жирные кислоты.

Из исследований, проведенных А.А. Алиевым (1980), установлено, что микроорганизмы рубца крупного рогатого скота способны подвергать ненасыщенные жирные кислоты биогидрогенизации, с их последующим всасыванием в кишечнике.

Так при введении в рацион бычков подсолнечного масла отмечалось повышение содержания аминокислот в кале бычков для следующих аминокислот: аргинин, тирозин, метионин, серин на 0,08 %, 0,04 %, 0,09 %, 0,03 % соответственно. Следует отметить, что повышение данных аминокислот может быть связано с участием при трансформации веществ жирных кислот (таблица 57).

Также в эксперименте отмечалось снижение концентрации миристиновой кислоты на 0,7 %, пальмитиновой на 5,6 % и стеариновой на 1 %, при повышении олеиновой и линоленовой на 5,9 % и 2,3 % соответственно.

Процент переваримости большинства аминокислот был выше в опытной группе относительно контроля.

Таблица 57 – Жирнокислотный и аминокислотный состав кала бычков при включении в рацион подсолнечного масла, %

Содержание аминокислот, %	Группа	
	Контрольная	Опытная
Аргинин	0,35±0,02	0,43±0,03
Лизин	0,53±0,04	0,42±0,07
Тирозин	0,27±0,02	0,31±0,04
Фенилаланин	0,56±0,05	0,4±0,04
Гисцидин	0,22±0,03	0,16±0,03
Лейцин-изолейцин	1,43±0,06	0,95±0,06
Метионин	0,18±0,06	0,27±0,05
Валин	0,5±0,03	0,42±0,04
Пролин	0,51±0,05	0,42±0,03
Треонин	0,56±0,04	0,48±0,03
Серин	0,35±0,05	0,38±0,06
Аланин	0,81±0,04	0,72±0,05
Глицин	0,61±0,06	0,48±0,03
Всего:	6,88±0,6	6,84±0,5
Жирнокислотный состав: (массовая доля жирной кислоты от суммы жирных кислот)		
C14:0 миристиновая	2,7±0,3	2,0±0,4
C14:1 миристолеиновая	0,3±0,02	-
C16:0 пальмитиновая	24,3±2,4	18,7±2,1
C16:1 пальмитолеиновая	3,0±0,6	3,0±0,2
C18:0 стеариновая	13,2±1,6	12,2±1,2
C18:1 олеиновая	40,0±4,3	45,9±5,1
C18:2 линолевая	13,9±2,1	13,5±1,9
C18:3 линоленовая	1,9±0,4	4,2±0,6
C20:0 арахидиновая	0,1±0,03	0,5±0,05

Большая часть поступающих триглицеридов с кормом в тонком отделе желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота расщепляются до моноглицеридов и жирных кислот (таблица 58).

Исходя из табличных данных, с введением в рацион пальмового масла было отмечено повышение концентрации в кале следующих аминокислот: аргинин, тирозин, метионин, серин на 0,02 %, 0,07 %, 0,10 %, 0,12 % соответственно. Наиболее значительное снижение концентрации аминокислот в данном опыте отмечено для лизина, фенилаланина, гистидина, лейцин-изолейцина на 0,14 %, 0,09 %, 0,07 %, 0,45 % соответственно.

Таблица 58 – Жирнокислотный и аминокислотный состав кала бычков при присутствии в рационе пальмового масла, %

Содержание аминокислот, %	Группа	
	Контрольная	Опытная
Аргинин	0,35±0,03	0,37±0,04
Лизин	0,53±0,06	0,39±0,05
Тирозин	0,27±0,06	0,34±0,04
Фенилаланин	0,56±0,07	0,47±0,02
Гистидин	0,22±0,03	0,15±0,02
Лейцин-изолейцин	1,43±0,05	0,98±0,07
Метионин	0,18±0,3	0,28±0,03
Валин	0,5±0,03	0,44±0,03
Пролин	0,51±0,04	0,49±0,03
Треонин	0,56±0,07	0,49±0,05
Серин	0,35±0,04	0,47±0,03
Аланин	0,81±0,05	0,73±0,06
Глицин	0,61±0,04	0,55±0,08
Всего:	6,88±0,6	6,15±0,5
Жирнокислотный состав: (массовая доля жирной кислоты от суммы жирных кислот)		
C14:0 миристиновая	2,7±0,4	-
C14:1 миристолеиновая	0,3±0,01	0,28±0,01
C16:0 пальмитиновая	24,3±3,3	25,1± 2,1
C16:1 пальмитолеиновая	3,0±0,6	2,8±0,3
C18:0 стеариновая	13,2±1,4	15,6±0,9
C18:1 олеиновая	40,0±5,12	42,5±6,01
C18:2 линолевая	13,9±1,4	8,5±0,8
C18:3 линоленовая	1,9±0,8	1,3±0,6
C20:0 арахидиновая	0,1±0,008	-

По данным результата химического анализа кала бычков в комплексно-аналитической лаборатории ЦКП ФНЦ БСТ РАН отличия между

переваримостью питательных веществ рационов – контрольного и включающего соевый жир представлены в таблице 59.

При использовании в рационе соевого масла отмечали снижение концентрации аминокислот в кале опытной группы для 11 аминокислот из 13, на 26,3 % в среднем. Отмечено снижение массовой доли пальмитиновой кислоты на 5 % на фоне увеличения линоленовой кислоты на 2,1 %.

Таблица 59 – Жирнокислотный и аминокислотный состав кала бычков при включении в рацион соевого масла, %

Содержание аминокислот, %	Контрольная	Опытная
Аргинин	0,35±0,04	0,23±0,03
Лизин	0,53±0,06	0,35±0,05
Тирозин	0,27±0,01	0,24±0,05
Фенилаланин	0,56±0,07	0,37±0,04
Гисцидин	0,22±0,04	0,19±0,0
Лейцин-изолейцин	1,43±0,5	0,88±0,06
Метионин	0,18±0,03	1,29±0,8
Валин	0,5±0,04	0,34±0,05
Пролин	0,51±0,03	0,4±0,06
Треонин	0,56±0,08	0,48±0,05
Серин	0,35±0,04	0,38±0,05
Аланин	0,81±0,09	0,62±0,07
Глицин	0,61±0,05	0,47±0,08
Всего:	6,88±0,8	6,24±0,7
Жирнокислотный состав: (массовая доля жирной кислоты от суммы жирных кислот)		
C14:0 миристиновая	2,7±0,3	2,5±0,5
C14:1 миристолеиновая	0,3±0,02	-
C16:0 пальмитиновая	24,3±1,4	19,3±1,7
C16:1 пальмитолеиновая	3,0±0,6	2,4±0,8
C18:0 стеариновая	13,2±0,9	14,5±1,5
C18:1 олеиновая	40,0±2,8	42,2±5,3
C18:2 линолевая	13,9±1,7	14,6±1,8
C18:3 линоленовая	1,9±0,05	4,0±0,7
C20:0 арахидовая	0,1±0,03	0,5±0,06

Степень эффективности использования жира включает исследования жирнокислотного и аминокислотного состава продуктов обмена (таблица 60).

Включение в рацион льняного масла привело к большему выведению с калом лейцин-изолейцина в опытной группе на 0,21 %. Концентрация аминокислот в кале животных, получавших рацион с льняным маслом, была выше на 0,15 %. Значительное выведение жирных кислот было характерно для линоленовой и арахидиновой кислоты (1,1 % и 0,3 % соответственно).

Таблица 60 – Жирнокислотный и аминокислотный состав кала у бычков при включении в рацион льняного масла, %

Содержание аминокислот, %	Контрольная	Опытная
Аргинин	0,35±0,04	0,32±0,05
Лизин	0,53±0,06	0,57±0,07
Тирозин	0,27±0,08	0,2±0,09
Фенилаланин	0,56±0,06	0,47±0,05
Гисцидин	0,22±0,04	0,23±0,03
Лейцин-изолейцин	1,43±0,6	1,64±0,8
Метионин	0,18±0,02	0,17±0,05
Валин	0,5±0,02	0,53±0,06
Пролин	0,51±0,03	0,55±0,07
Треонин	0,56±0,03	0,55±0,07
Серин	0,35±0,02	0,32±0,05
Аланин	0,81±0,07	0,85±0,07
Глицин	0,61±0,09	0,63±0,08
Всего:	6,88±0,7	7,03±0,7
Жирнокислотный состав: (массовая доля жирной кислоты от суммы жирных кислот)		
C14:0 миристиновая	2,7±0,3	2,4±0,5
C14:1 миристолеиновая	0,3±0,02	0,2±0,05
C16:0 пальмитиновая	24,3±1,8	24,9±3,1
C16:1 пальмитолеиновая	3,0±0,4	3,2±0,7
C18:0 стеариновая	13,2±1,7	12,6±1,6
C18:1 олеиновая	40,0±3,2	39,5±6,2
C18:2 линолевая	13,9±2,3	13,8±1,4
C18:3 линоленовая	1,9±0,7	3,0±0,7
C20:0 арахидиновая	0,1±0,02	0,4±0,05

3.2.4 Корреляционные связи между активностью пищеварительных ферментов в панкреатическом соке, химусе тонкого отдела кишечника и переваримостью питательных веществ

При дополнительном включении в рацион подсолнечного масла методом корреляционного анализа были выявлены взаимосвязи между активностью ферментов в поджелудочном соке и химическим составом рациона. При взятии сока за 30 минут до кормления наблюдается отрицательная корреляционная зависимость между амилазой и сырым протеином ($r=-0,53$), указывающая на слабую тесную связь, а именно, при незначительном снижении уровня сырого протеина увеличивается активность амилазы.

Между протеазой и безазотистыми экстрактивными веществами (БЭВ) была отмечена положительная зависимость ($r=0,50$). Через 30 минут после кормления по амилазе и протеазе не было отмечено значимых связей, однако между липазой и органическим веществом $r=0,51$ и сырым жиром $r=0,59$, что характеризуется как положительная слабая зависимость. Через час после кормления была выявлена отрицательная корреляция между протеазой и БЭВ $r=-0,5$ (таблица 61).

Таблица 61 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и химическим составом рациона экспериментальных бычков (подсолнечное масло)

Показатель	0-30 мин			30-60 мин			60-90 мин		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Сух. в-во	0,41	0,13	-0,16	0,23	0,24	0,30	-0,32	0,22	-0,08
Орг. в-во	-0,18	0,28	-0,09	-0,32	0,51	-0,17	0,39	0,06	-0,13
Сырой протеин	-0,53	0,07	-0,36	0,25	0,49	0,12	-0,26	-0,03	-0,02
Сырой жир	-0,43	-0,20	0,12	0,07	0,59	-0,09	-0,16	0,04	0,04
Сырая клетчатка	-0,22	-0,20	0,3	0,12	-0,28	-0,33	0,07	0,29	-0,32
БЭВ	-0,06	0,07	0,50	0,22	-0,36	0,01	-0,15	-0,27	-0,5

При расчете корреляционной зависимости между активностью ферментов в химусе и химическим составом в рационе за 30 минут до кормления выявлена умеренная положительная корреляционная зависимость между амилазой и сырым протеином ($r=0,71$), через 30 минут наблюдается отрицательная зависимость между липазой и сырым жиром ($r=-0,62$), а через час после кормления не было отмечено значимых корреляционных связей между ферментами и химическим составом (таблица 62).

Таблица 62 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и химическим составом рациона экспериментальных бычков (подсолнечное масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Сух. в-во	0,09	0,29	-0,05	0,28	-0,12	0,19	-0,17	-0,07	-0,49
Орг. в-во	0,11	-0,19	0,19	-0,03	-0,41	0,05	-0,32	0,16	0,09
Сырой протеин	0,71	0,16	0,32	-0,03	-0,08	0,04	-0,14	-0,25	-0,16
Сырой жир	0,47	0,24	0,11	0,08	-0,62	-0,16	-0,14	0,06	0,25
Сырая клетчатка	0,03	-0,24	-0,42	-0,04	0,37	0,28	-0,27	-0,04	0,01
БЭВ	-0,19	-0,12	-0,12	-0,45	0,08	0,06	-0,57	0,13	0,19

Положительная слабая корреляционная зависимость за 30 минут до кормления отмечена между амилазой и органическим веществом $r=0,53$, через 30 минут после кормления отрицательная связь была выявлена между протеазой и органическим веществом $r=-0,54$ (таблица 63).

Таблица 63 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и химическим составом рациона экспериментальных бычков (пальмовое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Сух. в-во	-0,02	-0,42	-0,07	-0,08	-0,45	0,24	0,32	-0,14	-0,18
Орг. в-во	0,53	-0,05	-0,18	0,34	0,07	-0,54	0,35	0,02	-0,13
Сырой протеин	0,29	0,09	-0,05	0,29	0,01	-0,27	0,25	0,29	0,05
Сырой жир	-0,08	0,26	0,34	-0,29	-0,24	0,04	0,09	-0,03	-0,38
Сырая клетчатка	0,12	-0,39	-0,24	0,09	0,11	0,13	0,12	0,09	0,26
БЭВ	-0,38	-0,36	0,49	-0,30	0,19	0,26	-0,08	0,33	0,32

Через час после кормления основным рационом с дополнительным включением пальмового масла не было выявлено корреляционных взаимосвязей между ферментами и химическим составом рациона (таблица 64).

Таблица 64 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и химическим составом рациона экспериментальных бычков (пальмовое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Сух. в-во	0,33	-0,07	0,38	-0,22	-0,09	0,21	0,21	0,26	-0,41
Орг. в-во	0,48	-0,22	-0,09	-0,36	-0,02	-0,19	-0,04	0,05	0,02
Сырой протеин	-0,18	0,04	-0,12	0,43	0,263	-0,46	-0,06	-0,22	0,16
Сырой жир	-0,45	-0,17	-0,07	0,09	0,55	-0,39	0,34	0,09	-0,18
Сырая клетчатка	0,36	-0,13	0,39	-0,22	-0,47	0,29	0,09	0,11	-0,33
БЭВ	-0,08	-0,09	-0,12	0,28	0,19	0,48	-0,09	0,17	-0,25

Положительная зависимость ферментов в химусе экспериментальных бычков и химическим составом рациона была отмечена лишь только через 30 минут после кормления между липазой и сырым жиром $r=0,55$, связь была низкой.

При анализе корреляционной зависимости между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и химическим составом рациона с соевым маслом корреляционных связей обнаружено не было (таблица 65).

Таблица 65 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и химическим составом рациона экспериментальных бычков (соевое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Сух. в-во	-0,05	-0,09	-0,18	-0,01	-0,32	-0,41	0,14	-0,18	-0,38
Орг. в-во	-0,03	-0,27	-0,44	-0,04	-0,24	-0,16	0,01	-0,15	0,08
Сырой протеин	0,10	-0,25	0,09	0,19	0,34	-0,002	0,18	0,18	0,30
Сырой жир	-0,31	-0,42	0,01	0,33	-0,02	-0,14	-0,02	0,19	-0,08
Сырая клетчатка	-0,04	0,08	0,22	0,01	0,41	0,23	-0,16	-0,13	0,33
БЭВ	-0,44	-0,21	-0,22	-0,20	-0,07	0,12	-0,29	-0,36	0,01

Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и химическим составом рациона за 30 минут до кормления была отмечена между протеазой и сухим веществом ($r=0,54$) и липазой и сырым жиром ($r=0,50$), связь была низкая, но положительная (таблица 66).

Таблица 66 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и химическим составом рациона экспериментальных бычков (соевое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Сух. в-во	0,32	0,27	0,54	0,55	0,36	0,61	0,06	-0,23	-0,42
Орг. в-во	-0,12	0,04	-0,08	0,04	0,002	0,18	0,24	-0,46	-0,67
Сырой протеин	-0,43	0,10	-0,31	-0,08	-0,41	-0,59	0,09	0,25	0,16
Сырой жир	0,44	0,50	0,61	0,37	-0,28	0,28	-0,05	-0,03	-0,20
Сырая клетчатка	0,74	0,28	0,44	0,08	-0,08	0,52	-0,08	-0,08	-0,28
БЭВ	0,16	0,39	0,32	0,36	-0,35	0,09	-0,07	0,60	0,65

Между протеазой и сырым жиром $r=0,61$ и амилазой и сырой клетчаткой $r=0,74$, корреляционная связь тесная и положительная, что указывает на высокую степень взаимозависимости.

Через 30 минут после кормления низкая положительная корреляционная связь выявлена между амилазой и сухим веществом ($r=0,55$), схожую картину наблюдали между протеазой и сырой клетчаткой ($r=0,52$).

Среднюю положительную зависимость обнаружили между протеазой и сухим веществом $r=0,61$. Также следует отметить и отрицательную низкую корреляционную связь между протеазой и сырым протеином $r=-0,59$.

Через час после эксперимента наблюдаем среднюю положительную корреляционную зависимость между липазой и безазотистыми экстрактивными веществами $r=0,60$, а также между протеазой и БЭВ $r=0,65$. Отрицательная средняя зависимость определена между протеазой и органическим веществом корма $r=-0,67$.

При включении в рацион бычков льняного масла при помощи корреляционного анализа также были выявлены взаимосвязи. При взятии сока за 30 минут до кормления наблюдается отрицательная корреляционная зависимость между протеазой и сырым протеином ($r=-0,52$), указывающая на слабую тесную связь, а именно при незначительном снижении уровня сырого протеина увеличивается активность протеазы.

Через 30 минут после кормления по протеазе не было отмечено значимых корреляционных связей, однако между липазой и органическим веществом $r=0,54$, что характеризуется как положительная слабая зависимость. Через час после кормления была выявлена отрицательная корреляция между липазой и безазотистыми экстрактивными веществами $r=-0,55$ (таблица 67).

Таблица 67 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и химическим составом рациона экспериментальных бычков (льняное масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Сух. в-во	-0,27	0,18	0,3	0,02	0,2	-0,14	-0,24	0,12	-0,22
Орг. в-во	-0,49	0,41	-0,22	-0,19	0,54	0,45	0,17	0,07	-0,13
Сырой протеин	-0,36	-0,3	-0,52	-0,11	0,29	0,19	0,44	-0,44	-0,16
Сырой жир	-0,2	-0,02	-0,29	-0,13	-0,28	0,31	0,31	-0,09	0,01
Сырая клетчатка	0,07	-0,14	0,08	0,25	0,05	0,46	0,1	-0,34	0,19
БЭВ	-0,1	0,35	-0,16	-0,13	-0,06	-0,14	-0,28	-0,55	0,15

За 30 минут до кормления выявлена значимая отрицательная корреляционная зависимость между амилазой и органическим веществом ($r=-0,51$), а также значимая положительная корреляционная зависимость между органическим веществом и липазой ($r=0,62$). Через 30 минут наблюдается положительная зависимость между амилазой и сырым протеином ($r=0,55$), а через час после кормления не было отмечено значимых корреляционных связей между ферментами и химическим составом (таблица 68).

Таблица 68 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и химическим составом рациона экспериментальных бычков (льняное масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Сух. в-во	0,22	-0,06	-0,07	-0,32	-0,19	-0,44	0,25	0,36	0,07
Орг. в-во	-0,51	0,62	0,09	0,11	0,18	0,27	-0,01	0,08	-0,23
Сырой протеин	-0,35	0,04	0,06	0,55	-0,01	-0,3	-0,25	0,38	-0,48
Сырой жир	-0,36	0,02	-0,17	0,25	0,31	0,2	0,11	-0,05	-0,06
Сырая клетчатка	-0,4	0,33	0,05	0,45	0,21	0,38	0,13	-0,31	0,2
БЭВ	-0,34	0,44	-0,85	0,02	-0,06	0,03	0,18	-0,32	0,13

Корреляционный анализ активности ферментов поджелудочной железы с биохимическими параметрами крови показал следующие результаты (таблица 69).

За 30 минут до кормления не было выявлено корреляционных связей, за исключением слабой положительной связи между мочевиной и липазой $r=0,57$. Через 30 минут после кормления количество корреляционных зависимостей увеличилось, так отрицательная средняя связь между АСТ и амилазой и АЛТ и липазой, где $r=-0,54$. Положительная умеренная связь была отмечена между общим билирубином и протеазой ($r=0,51$). Между амилазой с общим билирубином и железом выявлена отрицательная зависимость $r=-0,68$ и $-0,62$ соответственно, также отрицательная связь отмечена между ЛДГ и протеазой, где $r=-0,74$.

Таблица 69 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (подсолнечное масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Глюкоза	0,05	-0,03	-0,19	-0,35	0,68	-0,17	-0,08	-0,09	0,35
Общий белок	0,24	-0,23	0,29	-0,09	-0,14	0,11	0,44	0,26	0,59
Альбумин	0,45	-0,20	0,17	-0,18	0,05	0,19	0,21	0,33	0,51
АЛТ	0,13	0,26	-0,1	0,27	-0,54	0,12	0,19	0,22	-0,20
АСТ	-0,36	0,02	-0,23	-0,54	0,38	0,41	-0,09	0,06	0,02
Билирубин Общий	-0,26	-0,24	-0,06	-0,68	0,37	0,51	0,19	0,15	0,63
Билирубин Прямой	-0,44	0,19	0,41	0,26	-0,15	-0,09	-0,21	-0,23	0,09
Холестерин	-0,37	0,04	0,22	0,11	-0,49	0,44	-0,07	0,22	-0,1
Триглицериды	-0,15	-0,04	0,15	-0,01	-0,11	0,25	-0,17	0,26	0,26
Мочевина	-0,31	-0,32	-0,03	-0,12	0,13	0,15	-0,19	-0,21	0,05
Креатинин	0,05	0,26	-0,47	-0,0	0,22	-0,19	-0,05	0,09	-0,36
Щелочная Фосфатаза	-0,38	-0,07	-0,41	-0,3	0,36	0,42	-0,0	-0,18	-0,02
α -Амилаза	-0,51	0,17	-0,23	-0,34	0,38	0,09	-0,13	-0,02	-0,11
γ -ГТ	0,26	-0,39	-0,08	-0,07	0,07	0,05	0,08	0,01	-0,14
Мочевая кислота	0,35	0,57	0,17	-0,25	-0,02	0,09	0,29	-0,22	0,12
Железо	0,23	-0,11	0,22	-0,62	0,01	-0,02	0,42	0,23	-0,09
ЛДГ	0,06	0,16	-0,21	0,07	0,04	-0,74	-0,18	-0,18	-0,12
Магний	0,12	-0,25	0,28	0,08	-0,19	0,06	-0,04	-0,46	0,22
Кальций	0,02	0,33	-0,11	-0,16	0,315	0,16	-0,27	0,25	-0,04
Фосфор	-0,09	0,39	-0,08	0,28	-0,45	-0,35	-0,08	0,43	-0,55

Сравнение глюкозы и липазы указала на положительную связь, а именно, при увеличении уровня глюкозы будет повышаться активность липазы ($r=0,68$). Через один час после кормления были выявлены 4 корреляционные связи, между протеазой и общим белком, альбумином, общим билирубином и фосфором, где $r=0,59$; $r=0,51$; $r=0,63$; $r=-0,55$ соответственно (таблица 70).

Таблица 70 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (подсолнечное масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Глюкоза	-0,17	-0,09	0,18	-0,22	0,21	0,44	-0,03	-0,54	0,07
Общий белок	-0,06	-0,10	-0,26	0,24	-0,13	-0,04	-0,05	0,01	0,32
Альбумин	-0,14	0,23	-0,28	0,17	-0,27	0,18	0,41	-0,25	0,14
АЛТ	0,09	0,10	-0,16	0,51	0,00	-0,13	0,15	0,27	-0,10
АСТ	0,04	-0,14	0,46	0,28	0,47	-0,32	-0,33	0,11	0,55
Билирубин Общий	0,26	-0,18	0,38	0,05	0,17	-0,34	0,01	0,01	0,23
Билирубин Прямой	0,16	0,15	-0,14	-0,38	0,02	0,06	-0,54	-0,03	0,07
Холестерин	0,09	0,39	-0,18	-0,07	-0,36	-0,40	-0,08	0,16	0,24
Триглицериды	-0,29	0,58	-0,29	-0,22	-0,42	-0,18	0,10	-0,34	0,21
Мочевина	0,34	-0,47	0,43	0,11	0,62	-0,32	-0,29	0,54	0,12
Креатинин	-0,08	-0,17	0,43	-0,02	0,20	0,15	0,15	0,04	-0,12
Щелочная Фосфатаза	0,37	-0,43	0,60	0,27	0,58	-0,37	-0,42	0,21	0,21
α -Амилаза	-0,29	0,09	0,35	-0,44	0,00	-0,08	-0,28	-0,22	0,34
γ -ГТ	0,20	-0,20	0,11	-0,08	-0,31	-0,24	0,44	0,09	-0,37
Мочевая кислота	-0,10	-0,08	-0,06	0,19	0,31	0,03	-0,39	-0,08	0,19
Железо	-0,27	-0,16	0,14	-0,07	-0,40	-0,46	0,40	0,40	0,12
ЛДГ	-0,55	0,15	-0,32	0,16	0,26	0,44	0,27	-0,22	-0,38
Магний	-0,03	-0,21	-0,33	0,23	0,41	-0,14	-0,43	0,10	0,11
Кальций	0,07	0,24	0,43	0,27	0,28	-0,29	0,05	0,21	0,14
Фосфор	0,05	0,08	0,14	0,16	-0,11	-0,24	0,22	0,46	-0,19

Рассматривая корреляционную зависимость между активностью ферментов в химусе и биохимическими параметрами крови, за 30 минут до еды выявлена положительная умеренная связь между триглицеридами и липазой ($r=0,58$) и щелочной фосфатазой и протеазой ($r=0,60$), а также отрицательная связь между ЛДГ и амилазой $r=-0,55$.

Через 30 минут после кормления отмечается корреляционная зависимость только с липазой и мочевиной и щелочной фосфатазой ($r=0,62$ и $r=0,58$) соответственно. Через час после кормления между амилазой и билирубином, а также глюкозой и липазой отмечена умеренная отрицательная

корреляция, где $r=-0,54$. Умеренная положительная связь отмечена между мочевиной и липазой, где $r=0,54$ и АСТ и протеазой, где $r=0,55$ (таблица 71).

Таблица 71 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (пальмовое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Глюкоза	0,23	0,19	0,04	-0,17	-0,06	0,51	-0,02	0,40	-0,10
Общий белок	-0,18	0,58	0,20	-0,14	-0,23	-0,06	-0,45	0,17	-0,24
Альбумин	-0,22	0,05	-0,16	-0,25	0,39	-0,15	-0,25	0,15	-0,39
АЛТ	-0,39	0,03	-0,07	-0,20	0,17	-0,30	-0,44	-0,19	0,01
АСТ	-0,09	-0,17	0,29	-0,26	-0,08	0,05	-0,35	0,18	0,54
Билирубин Общий	0,14	-0,11	-0,03	-0,04	-0,26	0,06	-0,21	0,53	0,25
Билирубин Прямой	0,24	0,03	-0,01	0,26	-0,43	-0,20	-0,17	0,45	0,16
Холестерин	0,08	-0,40	-0,10	0,04	0,20	-0,61	0,04	-0,17	0,22
Триглицериды	0,15	-0,21	0,17	-0,21	0,36	-0,21	0,35	-0,01	0,05
Мочевина	-0,35	-0,30	0,16	0,19	-0,26	0,09	-0,16	0,18	0,38
Креатинин	-0,11	0,14	-0,11	-0,15	0,23	0,35	-0,13	-0,01	0,01
Щелочная Фосфатаза	0,14	-0,11	0,10	0,09	-0,53	0,24	-0,32	0,08	0,35
α -Амилаза	0,44	0,03	0,20	-0,17	0,02	0,18	0,25	0,13	0,41
γ -ГТ	0,28	-0,21	-0,23	0,43	0,01	0,17	0,71	-0,53	-0,30
Мочевая кислота	-0,26	0,06	0,06	-0,37	-0,17	-0,43	-0,49	0,25	-0,13
Железо	-0,09	0,11	0,17	-0,03	0,24	-0,18	0,57	-0,23	0,17
ЛДГ	-0,34	0,13	0,58	-0,48	0,34	0,41	0,44	0,02	0,38
Магний	-0,34	-0,30	0,46	-0,08	-0,24	-0,27	0,18	-0,26	0,01
Кальций	-0,44	-0,03	0,05	-0,17	0,13	0,09	-0,60	0,63	0,28
Фосфор	-0,34	0,26	0,11	0,03	0,18	0,08	-0,13	-0,05	0,30

Корреляционная зависимость при включении в рацион экспериментальным бычкам пальмового масла выявила единичные умеренные связи за 30 минут до кормления между общим белком и липазой ($r=0,58$) и через 30 минут после кормления между глюкозой и протеазой ($r=0,51$). Через час после кормления количество связей увеличилось, и в основном они положительные, между железом и амилазой ($r=0,57$), кальцием и липазой ($r=0,63$) и между АСТ и протеазой ($r=0,54$). Между γ -ГТ и липазой отмечена отрицательная умеренная связь ($r=-0,53$) (таблица 72).

Корреляционная зависимость за 30 минут до кормления в виде слабой связи между креатинином и липазой ($r=0,50$) и умеренная связь между мочевой кислотой и протеазой ($r=0,67$).

Таблица 72 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (пальмовое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Глюкоза	0,29	-0,33	0,32	-0,31	0,13	-0,41	-0,19	-0,04	-0,01
Общий белок	0,13	-0,04	-0,07	0,17	-0,18	-0,06	-0,47	0,13	0,01
Альбумин	0,26	0,29	0,22	-0,24	0,25	-0,41	-0,12	0,17	-0,09
АЛТ	-0,41	0,14	0,02	0,28	-0,19	0,25	0,06	-0,04	0,21
АСТ	-0,29	-0,22	-0,05	0,28	0,19	0,03	0,17	-0,52	0,25
Билирубин Общий	0,17	-0,03	0,10	0,20	0,24	-0,33	-0,33	-0,08	-0,12
Билирубин Прямой	0,10	0,21	-0,10	0,55	-0,40	0,34	-0,36	0,14	-0,10
Холестерин	-0,32	0,40	-0,18	0,35	-0,04	0,27	0,35	-0,01	-0,17
Триглицериды	-0,23	0,26	-0,05	0,15	0,22	0,08	0,17	0,17	-0,37
Мочевина	0,02	-0,22	-0,37	0,32	0,12	0,31	-0,21	-0,19	0,14
Креатинин	-0,44	-0,50	0,34	-0,10	-0,13	-0,16	0,30	-0,26	0,01
Щелочная Фосфатаза	-0,31	-0,42	-0,12	0,17	0,11	0,14	-0,08	-0,30	0,24
α -Амилаза	-0,41	-0,31	0,13	0,10	-0,06	-0,10	0,45	-0,32	-0,27
γ -ГТ	0,31	-0,06	-0,10	-0,67	0,38	-0,28	0,15	0,22	-0,13
Мочевая кислота	-0,25	-0,04	0,67	0,39	-0,14	0,24	-0,25	-0,48	0,53
Железо	0,22	0,11	0,04	-0,15	0,16	-0,42	0,35	-0,31	-0,13
ЛДГ	0,33	0,15	-0,23	-0,03	0,09	0,08	-0,06	0,07	0,12
Магний	0,16	0,05	-0,34	0,14	0,25	0,68	-0,31	-0,07	0,45
Кальций	-0,44	0,14	0,19	0,62	0,14	-0,06	-0,21	-0,16	-0,05
Фосфор	-0,37	-0,15	-0,08	0,51	-0,45	0,19	0,09	-0,12	0,01

Через 30 минут после кормления были обнаружены четыре умеренных связей между амилазой и общим билирубином ($r=0,55$), γ -ГТ ($r=-0,67$), кальцием ($r=0,62$) и фосфором ($r=0,51$), также положительная умеренная связь между магнием и протеазой ($r=0,68$). Через час после кормления лишь только отрицательная связь между АСТ и липазой ($r=-0,52$) и положительная между мочевой кислотой и протеазой ($r=0,53$) (таблица 73).

Таблица 73 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (соевое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Глюкоза	-0,01	0,24	0,19	-0,36	-0,29	-0,15	-0,02	-0,33	0,06
Общий белок	0,03	-0,12	0,28	-0,15	-0,07	0,19	0,31	0,12	-0,16
Альбумин	0,26	0,01	0,20	0,17	-0,38	-0,06	0,22	-0,30	0,20
АЛТ	0,09	-0,03	0,14	0,21	0,12	0,34	0,62	0,10	0,28
АСТ	-0,04	-0,22	0,17	0,04	0,09	0,04	-0,01	-0,10	-0,45
Билирубин Общий	-0,07	-0,16	0,21	0,13	-0,18	-0,13	-0,12	-0,40	-0,24
Билирубин Прямой	-0,15	0,33	-0,15	0,11	0,31	0,25	-0,09	0,28	-0,41
Холестерин	0,15	-0,07	-0,19	0,28	0,25	0,03	-0,14	0,11	-0,38
Триглицериды	-0,08	-0,09	-0,31	-0,04	0,14	-0,35	-0,32	-0,08	-0,39
Мочевина	-0,21	-0,52	0,03	0,34	-0,03	-0,02	-0,10	-0,07	-0,04
Креатинин	0,12	0,12	0,26	-0,30	-0,19	-0,05	0,47	-0,39	0,50
Щелочная Фосфатаза	-0,18	-0,28	0,38	-0,07	0,25	0,23	0,10	0,10	-0,16
α -Амилаза	-0,02	0,12	-0,08	-0,46	0,03	-0,34	-0,17	-0,23	-0,40
γ -ГТ	0,03	-0,26	-0,10	-0,04	-0,04	-0,27	-0,64	0,04	0,19
Мочевая кислота	0,19	0,48	0,43	-0,11	0,15	0,17	0,43	0,01	0,08
Железо	0,13	-0,16	-0,35	-0,01	-0,26	-0,58	-0,65	-0,23	-0,29
ЛДГ	-0,48	-0,08	-0,75	0,05	-0,20	-0,39	-0,16	-0,07	0,01
Магний	-0,22	-0,41	-0,13	0,13	0,24	-0,09	-0,30	0,44	-0,19
Кальций	-0,25	-0,01	0,11	0,44	0,15	0,15	0,30	-0,25	-0,07
Фосфор	-0,11	0,06	-0,25	0,06	0,23	0,19	0,14	0,01	-0,02

При введении в рацион экспериментальным бычкам дополнительно с основным рационом соевого масла, за 30 минут до кормления выявлены две отрицательные связи между мочевиной и липазой ($r=-0,52$) и ЛДГ и протеазой ($r=-0,75$). Через 30 минут после кормления отмечена одна отрицательная связь между железом и протеазой ($r=-0,58$). Через час после кормления наблюдается зависимость между амилазой и железом ($r=-0,65$), γ -ГТ ($r=-0,64$) и АЛТ ($r=0,62$), а также слабая положительная связь между протеазой и креатинином ($r=0,50$) (таблица 74).

Таблица 74 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (соевое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Глюкоза	0,42	0,14	0,55	0,36	0,52	-0,23	0,06	0,23	0,29
Общий белок	0,04	0,63	0,29	-0,19	-0,05	-0,45	0,23	0,20	0,09
Альбумин	0,02	0,38	0,54	-0,04	0,30	-0,51	0,33	-0,34	-0,02
АЛТ	-0,31	0,12	-0,05	-0,37	-0,33	0,02	-0,08	-0,41	-0,26
АСТ	0,01	0,35	-0,18	0,10	0,28	0,19	-0,20	-0,10	-0,08
Билирубин Общий	-0,18	0,41	-0,01	0,03	0,07	-0,19	-0,11	0,37	0,30
Билирубин Прямой	-0,05	-0,07	-0,13	-0,10	-0,15	0,35	-0,34	0,62	0,29
Холестерин	-0,48	-0,08	-0,54	-0,28	-0,28	0,17	-0,04	-0,12	0,02
Триглицериды	-0,15	0,06	-0,08	-0,03	0,01	-0,13	0,10	0,16	0,23
Мочевина	-0,25	0,06	-0,42	0,28	-0,18	0,28	-0,26	0,14	-0,10
Креатинин	0,21	-0,12	0,33	0,25	0,12	0,18	-0,02	-0,40	-0,08
Щелочная Фосфатаза	0,05	0,25	-0,42	0,05	-0,12	0,12	-0,40	0,21	0,06
α -Амилаза	0,18	-0,03	-0,07	0,22	0,19	0,26	-0,06	0,13	0,24
γ -ГТ	0,01	-0,38	-0,34	0,06	-0,12	-0,26	0,25	0,01	0,01
Мочевая кислота	0,11	0,01	0,15	-0,65	0,07	0,18	-0,01	0,05	-0,40
Железо	-0,06	-0,14	-0,06	-0,13	0,15	0,10	0,51	-0,21	-0,34
ЛДГ	-0,02	-0,12	0,33	0,29	0,17	0,08	0,01	0,05	-0,13
Магний	-0,25	-0,07	-0,62	-0,24	-0,30	-0,05	0,03	0,34	-0,33
Кальций	0,29	0,42	0,53	0,09	0,33	0,41	-0,45	-0,18	-0,13
Фосфор	-0,16	-0,17	0,08	-0,01	-0,13	0,46	-0,12	-0,12	-0,09

Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и биохимическими параметрами крови экспериментальных животных, в начальный период, выявлена между общим белком и липазой ($r=0,63$), а также между протеазой и альбумином ($r=0,54$), холестерином ($r=-0,54$), магнием ($r=-0,62$) и кальцием ($r=0,53$). Через 30 минут после кормления отрицательная связь между мочевой кислотой ($r=-0,65$), положительная связь между глюкозой и липазой ($r=0,52$) и отрицательная между альбумином и протеазой ($r=-0,51$). На конец эксперимента две средние положительные связи между железом и амилазой ($r=0,51$), а также между билирубином и липазой ($r=0,62$) (таблица 75).

Таблица 75 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в соке поджелудочной железы и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (пальмовое масло)

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза	Амилаза	Липаза	Протеаза
Глюкоза	-0,03	-0,28	0,37	0,02	0,48	-0,31	-0,63	0,1	-0,52
Общий белок	0,43	0,18	0,08	0,37	-0,12	0,47	-0,33	0,45	0,25
Альбумин	0,27	-0,35	0,53	0,09	0,31	0,01	-0,22	0,34	-0,09
АЛТ	0,02	0,1	-0,36	0,15	-0,26	0,4	0,62	0,19	0,56
АСТ	-0,29	0,08	-0,19	0,26	-0,41	0,23	-0,09	0,52	-0,16
Билирубин Общий	-0,18	-0,35	0,28	0,02	-0,26	0,19	-0,29	0,48	-0,26
Билирубин Прямой	-0,29	0,08	-0,24	-0,21	-0,13	0,34	0,06	-0,47	0,17
Холестерин	-0,2	0,27	-0,22	-0,2	-0,47	0,49	0,55	-0,06	-0,01
Триглицериды	-0,12	0,28	0,28	-0,26	-0,2	0,21	0,04	0,19	-0,49
Мочевина	-0,13	-0,08	-0,11	0,4	-0,4	-0,08	-0,01	0,1	0,28
Креатинин	-0,03	0,03	-0,25	0,07	0,04	-0,41	0,03	0,15	0,04
Щелочная Фосфатаза	-0,28	0,13	-0,42	0,34	-0,29	0,16	-0,04	0,22	-0,06
α -Амилаза	-0,3	0,4	-0,24	-0,18	-0,24	0,01	-0,21	0,13	-0,61
γ -ГТ	0,26	-0,15	0,36	-0,2	0,23	-0,54	-0,11	-0,19	-0,29
Мочевая кислота	-0,47	0,08	0,12	-0,15	-0,23	0,28	-0,11	0,12	0,28
Железо	0,24	-0,01	0,37	-0,34	-0,42	-0,28	-0,28	0,42	-0,03
ЛДГ	0,05	-0,21	0,25	-0,02	0,18	-0,15	0,03	0,13	-0,02
Магний	0,07	0,1	-0,2	-0,33	-0,02	0,23	0,32	0,13	0,04
Кальций	-0,13	0,29	0,27	0,3	-0,24	0,27	-0,07	-0,08	0,09
Фосфор	-0,29	-0,29	-0,06	-0,06	-0,3	-0,21	0,07	0,53	0,37

Корреляционная зависимость при включении в рацион бычкам льняного масла выявила умеренные связи за 30 минут до кормления между альбумином и протеазой ($r=0,53$), а через 30 минут после кормления – отрицательную связь между γ -ГТ и протеазой ($r=-0,54$). Через час после кормления количество связей увеличилось, и в основном положительные связи между АЛТ и амилазой ($r=0,627$), АЛТ и протеазой ($r=0,56$), АСТ и липазой ($r=0,52$) и между холестерином и амилазой ($r=0,55$), а также между фосфором и липазой ($r=0,523$). Между глюкозой и амилазой, а также между глюкозой и протеазой отмечена отрицательная умеренная связь ($r=-0,63$ и $r=-0,52$ соответственно) (таблица 76).

Таблица 76 - Корреляционная зависимость между активностью ферментов в химусе и биохимическими параметрами крови экспериментальных бычков (пальмовое масло).

Показатель	0-30			30-60			60-90		
	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза	Амила за	Липа за	Протеаза
Глюкоза	0,49	-0,12	0,26	0,25	-0,37	-0,16	-0,05	-0,1	0,07
Общий белок	0,21	0,14	0,37	-0,17	0,47	0,62	-0,24	-0,32	-0,08
Альбумин	0,68	-0,48	0,48	-0,16	0,43	0,35	-0,21	0,15	0,22
АЛТ	-0,23	0,03	0,18	-0,32	0,32	0,11	-0,28	0,28	-0,24
АСТ	0,08	0,22	0,22	0,18	-0,22	0,02	0,43	-0,25	-0,01
Билирубин Общий	0,07	0,01	0,52	0,48	0,03	0,44	0,09	-0,28	-0,12
Билирубин Прямой	-0,6	0,5	-0,38	0,24	-0,03	0,22	0,02	-0,41	-0,02
Холестерин	-0,34	0,17	-0,05	-0,12	0,32	0,23	0,15	-0,06	0,2
Триглицериды	0,13	-0,08	0,14	-0,31	0,06	0,1	0,16	-0,11	0,48
Мочевина	-0,28	0,17	-0,13	0,35	-0,33	-0,12	0,44	-0,15	-0,28
Креатинин	0,15	-0,09	0,06	-0,19	-0,52	-0,55	-0,21	0,28	-0,42
Щелочная Фосфатаза	-0,24	0,36	0,08	0,41	-0,25	-0,19	0,27	-0,02	-0,42
α -Амилаза	-0,02	0,31	-0,03	0,04	-0,45	-0,2	0,12	-0,27	0,05
γ -ГТ	0,17	-0,41	-0,09	0,1	0,03	-0,23	0,16	0,27	0,08
Мочевая кислота	-0,19	0,48	-0,02	-0,11	0,16	0,36	-0,03	0,06	-0,04
Железо	0,19	-0,21	0,01	-0,17	0,16	0,48	0,11	-0,37	0,26
ЛДГ	0,05	-0,27	0,06	-0,11	-0,29	-0,08	0,03	-0,14	0,43
Магний	0,07	-0,27	0,02	-0,48	0,32	0,24	-0,49	-0,02	0,19
Кальций	-0,28	0,35	-0,23	0,06	0,18	0,16	0,59	-0,07	0,35
Фосфор	0,16	-0,23	0,02	-0,24	-0,34	-0,08	-0,05	-0,04	-0,26

В химусе корреляционная зависимость наблюдалась за 30 минут до кормления в виде слабой связи между альбумином и амилазой ($r=0,68$) и между общим билирубином и протеазой ($r=0,52$). Через 30 минут после кормления были обнаружены умеренные связи между протеазой и общим белком ($r=0,62$) и креатинином ($r=-0,55$). Через час после кормления никаких значимых связей обнаружено не было.

Таким образом, проведенный корреляционный анализ показывает, что связь в большинстве выявленных случаях значима, но невысока. Выявленные пары взаимосвязей достаточно разрознены, что затрудняет однозначную их

оценку. Для оптимального оценивания изменения функционально значимых параметров необходимо построение математических моделей.

3.2.5 Результаты опытов *in vitro* при использовании в рационах жировых компонентов

Изменение таксономического состава микробиома рубца при дополнительном введении жировых компонентов в рацион жвачных. По результатам проведенного метагеномного секвенирования содержимого рубца бычков представлены значения параметров α -биоразнообразия (рисунок 24). При сравнении групп по индексам Шеннона (H') и доминирования Симпсона (D), оказалось, что их значения изменялись при дополнительном включении соевого масла в рацион. Так установлено, что в опытной группе уровень видового разнообразия был выше, чем в контроле, на 45,3 %. Индекс доминирования Симпсона в контрольной группе составил 0,44, в опытной группе 0,55. На основе индекса Шеннона нами был вычислен показатель выравненности Пиелу (E), данный индекс в контроле был равен 0,2, а в опытной группе $E=0,3$, что показывает большую выравненность микробного сообщества в рубцовой жидкости при включении соевого масла. Наиболее выраженное изменение уровня разнообразия отмечено в опытной группе по сравнению с контролем в связи с повышением энергии в кормах при включении масла. В нашем исследовании индекс Shannon ($p \leq 0,05$) увеличивался по сравнению с контрольной группой и составил 0,77.

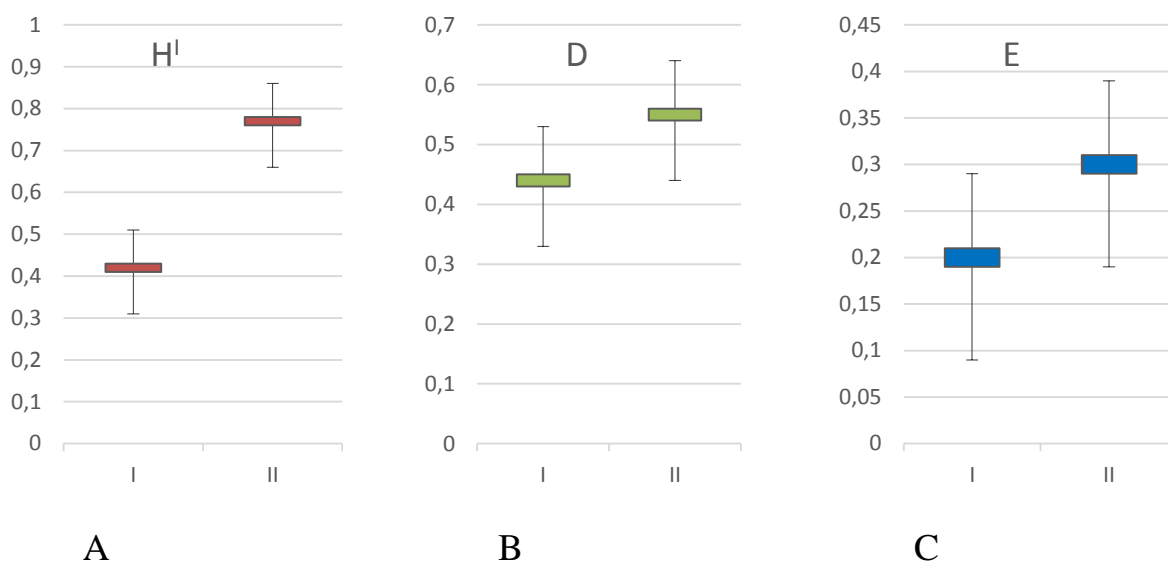


Рисунок 24 - Параметры α -биоразнообразия: А- индекс Shannon, В - индекс Симпсона, С-индекс выравненности Пielу: I – контрольная группа, II –опытная группа

Увеличение α -разнообразия рубцового микробиома в опытной группе не оказывало влияния на β -разнообразие, так были просчитаны индексы Жаккара и Серенсена, они оказались равны 1, что свидетельствует о полном совпадении сообществ в контрольной и опытной группах.

Метагеномное секвенирование содержимого рубца крупного рогатого скота контрольной группы показало наличие 12 филумов, из них 2 филума доминирующих, в частности филум Firmicutes 55,01 %, Bacteroidetes 40,1 %. Эти две таксономические группы можно рассматривать как «ядро бактериального микробиома», поскольку они присутствуют в значительном количестве во всех исследуемых пробах. Доминирующие бактерии, обнаруженные в контрольном образце, предположительно ответственны за трансформацию основных компонентов рациона – целлюлозу, гемицеллюлозу, крахмал, органические кислоты, белки. При введении в рацион высокоэнергетического компонента (соевого масла) на фоне возрастания продукции ЛЖК в рубце, наблюдается увеличение численности кислотоустойчивых бактерий филума Bacteroidetes (65,2 %) и снижение численности Firmicutes (20,12 %) (рисунок 25).

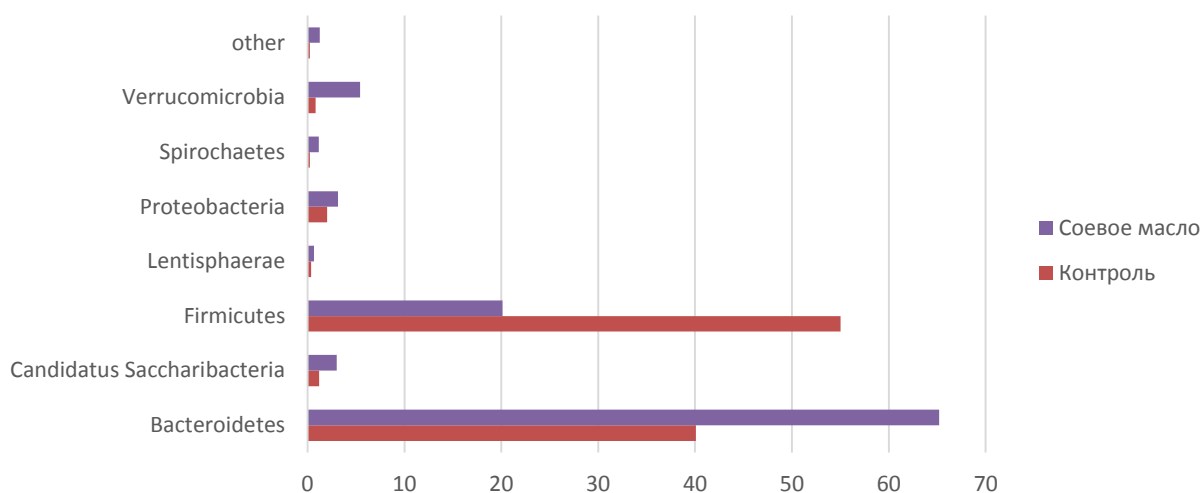


Рисунок 25 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости на уровне филума, %

В опытной группе относительно контроля отмечено повышение количества микроорганизмов, принадлежащих к классам *Bacteroidia* на 18,8 %, *unclassified_Bacteroidales* на 6,2 %, *Saccharibacteria_genera_incertae_sedis* на 1,7 %, *Spirochaetia* на 0,8 %. Также отмечено увеличение представителей всех классов филума *Proteobacteria* при сравнении с контролем на 42 % ($p \leq 0,05$).

При введении соевого масла отмечено преобладание представителей семейства *Prevotellaceae*, которые составили 35,9 % от общего числа представителей всех семейств, при этом выше контрольных значений численность данных микроорганизмов была на 10,9 % (рисунок 26, 27). В опытной группе относительно контроля также отмечено повышение численности микробного состава рубца семейств *Ruminococcaceae*, *Porphyromonadaceae*, *Spirochaetaceae*, *Succinivibrionaceae*, некультурных *Bacteroidales*.

При включении соевого масла отмечено снижение численности амилолитического микроорганизма *Streptococcus bovis* на 88,9 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, продуцирующих лактат, что приводит к увеличению ЛЖК-продуцирующих бактерий и интенсивности синтеза ЛЖК.

контроль



Рисунок 26 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости на уровне семейств в контрольном образце, %

соевое масло

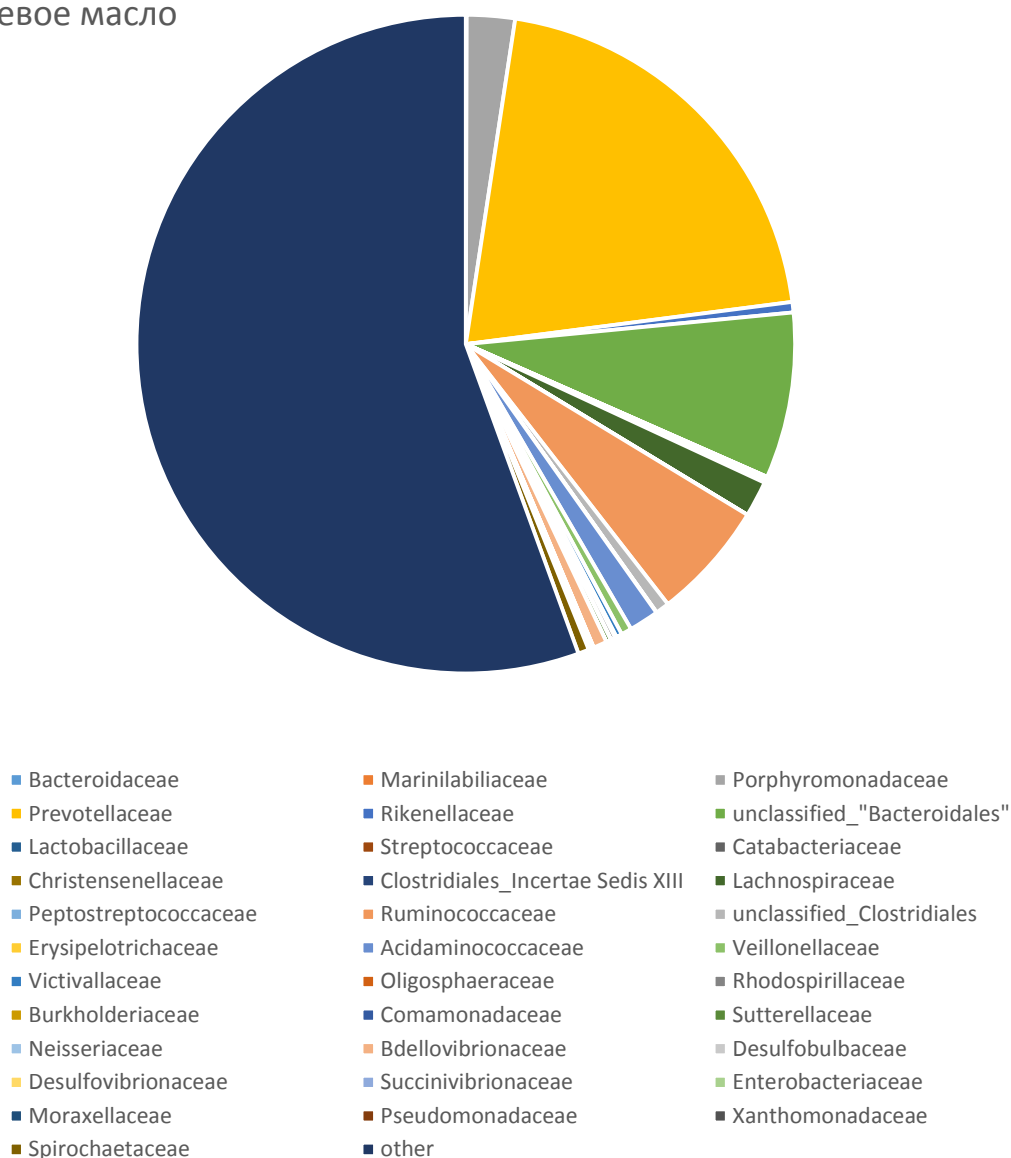


Рисунок 27 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости на уровне семейств в опытном образце при включении соевого масла, %

Также в исследовании при добавлении соевого масла отмечено наличие в рубцовой жидкости домена архей, в частности *Methanomassiliicoccales*, концентрация которых в опытной группе была выше на 98 % относительно контроля.

Таким образом, дополнительное включение соевого масла в рацион крупного рогатого скота способствовало увеличению видового разнообразия микробиома рубца, увеличению численности бактерий филума *Bacteroidetes*, а также достоверному увеличению представителей домена археи,

участвующих в метаногенезе рубца. Полученные данные можно использовать при разработке рационов для молодняка крупного рогатого скота на откорме для повышения эффективности использования кормов и оптимизации стратегий снижения выбросов метана в окружающую среду.

Дополнительное включение подсолнечного масла в рацион показало изменение численности микроорганизмов в РЖ, но качественный состав микробиоты относительно контрольной группы изменялся незначительно. Метагеномное секвенирование РЖ контрольной группы показало наличие 12 филумов, из них 4 филума доминирующих, в частности филум *Firmicutes* 17,3 %, *Bacteroidetes* 50,4 %, *Verrucomicrobia* 13,1 %, *Proteobacteria* 10,2 %. При включении подсолнечного масла отмечено снижение численности *Firmicutes* на 13,7 %, *Verrucomicrobia* на 2,7 %, *Proteobacteria* на 14,4 %. Установлено, что введение в рацион животным дополнительных компонентов, в частности жиров, численность *Bacteroidetes*, напротив, была выше на 7,8 % (рисунок 28).

В присутствии подсолнечного масла отмечено увеличение численности представителей семейства *Prevotellaceae* на 5,7 % относительно контроля, однако никакого прогностического признака выявлено не было.

Высокая положительная взаимосвязь при использовании основного рациона была выявлена между *Jeotgalibaca* и концентрацией пропионовой кислоты в рубцовом содержимом ($r=0,80$), *Pelobium* и небелковым азотом ($r=0,81$), средней степени между *Pseudobutyrvibrio* и капроновой кислотой ($r=0,79$), *Clavibacter* и общим азотом ($r=0,77$), *Mesomycoplasma* и небелковым азотом ($r=0,76$), аммиачным азотом и *Entomoplasma* ($r=0,72$) и *Millionella* ($r=0,75$), *Pseudobacteriovorax* и мочевиным азотом ($r=0,77$). Между *Thermostilla* и уровнем небелкового азота была отмечена высокая отрицательная корреляционная зависимость ($r=-0,86$) (таблица 77).

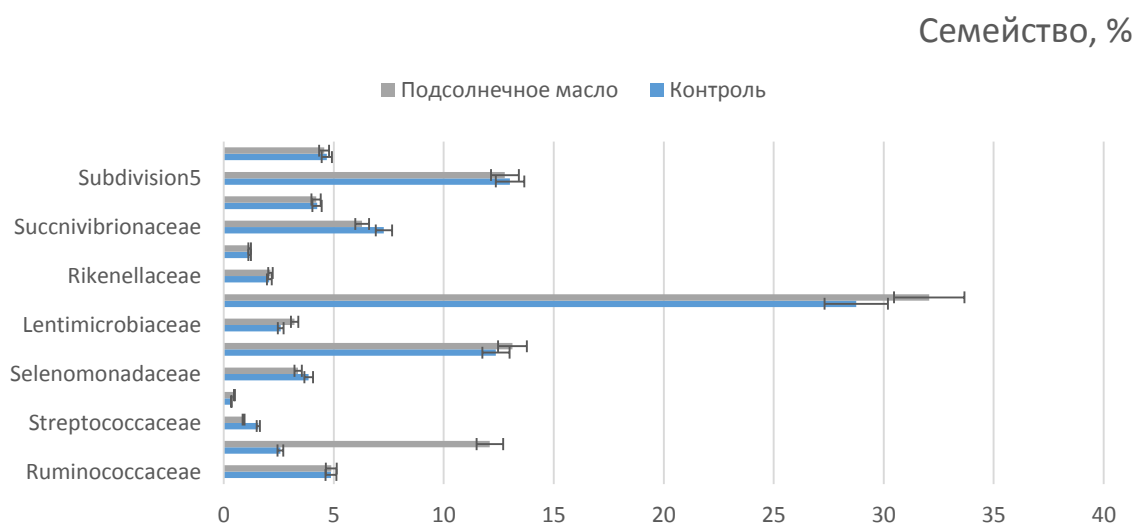
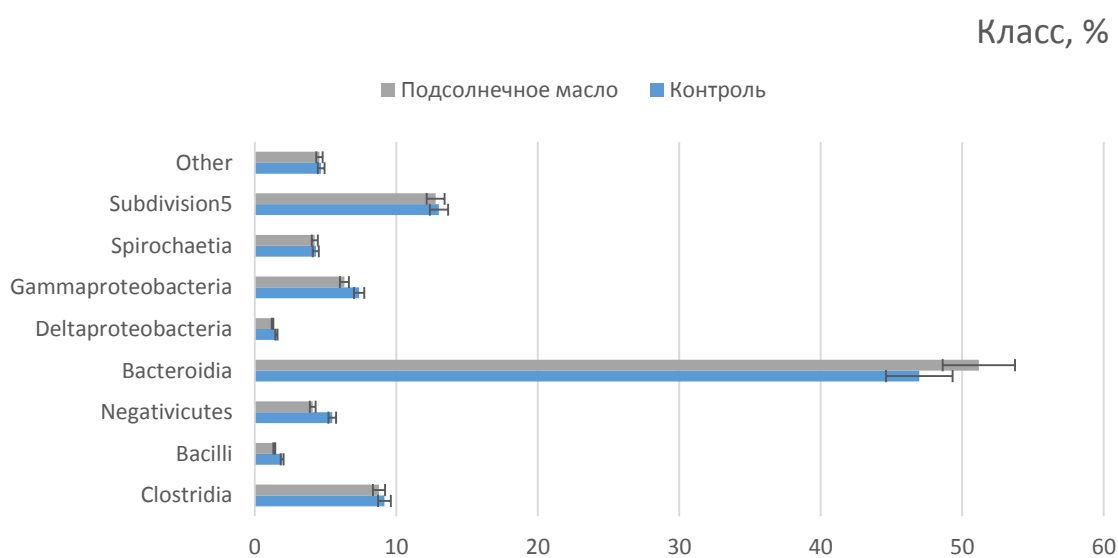
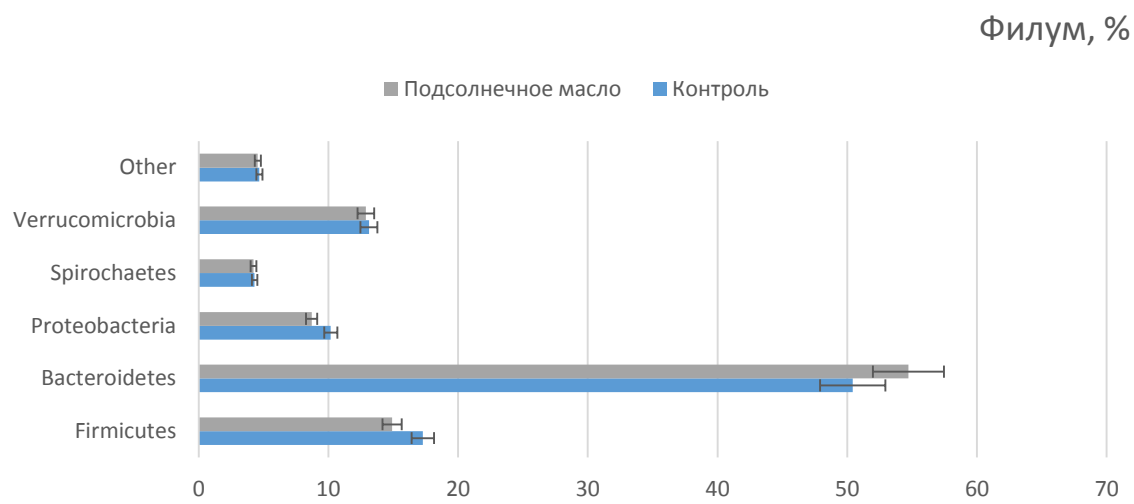


Рисунок 28 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro* при дополнительном введении подсолнечного масла, %

Таблица 77 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце экспериментальных бычков (основной рацион)

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валерьяновая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Anaerobutyricum	-0.14	-0.36	0.41	-0.30	-0.28	-0.11	-0.32	0.71	-0.18	0.02	0.19
Bifidobacterium	0.27	0.21	-0.42	-0.78	0.33	0.26	0.15	-0.03	-0.09	0.05	0.33
Clavibacter	0.30	0.28	0.22	0.10	0.09	0.77	0.40	0.06	0.29	0.07	-0.15
Entomoplasma	-0.06	0.03	0.09	-0.20	-0.21	0.35	0.24	0.28	0.72	0.12	0.07
Intestinimonas	-0.07	0.20	-0.72	0.34	0.24	0.09	-0.03	0.52	-0.36	0.04	0.09
Jeotgalibaca	0.17	0.80	-0.21	-0.10	-0.13	0.24	0.18	0.11	0.06	-0.09	0.08
Mesomycoplasma	-0.20	0.28	-0.18	0.48	-0.39	-0.41	-0.01	0.76	-0.11	-0.23	-0.19
Millionella	0.08	-0.22	0.10	-0.11	-0.41	-0.38	0.18	-0.16	0.75	0.07	-0.07
Pelobium	0.09	0.02	-0.51	0.44	0.12	-0.31	0.22	0.81	0.05	0.24	-0.08
Pseudobacteriovorax	-0.25	0.26	-0.23	-0.31	0.13	0.22	-0.17	0.31	0.09	0.77	0.11
Pseudobutyribrio	-0.11	-0.15	-0.14	-0.15	0.79	0.51	0.05	0.06	-0.24	0.33	-0.35
Thermostilla	-0.20	0.31	0.39	-0.05	0.44	-0.18	0.15	-0.86	-0.06	0.08	0.31

При использовании в рационе бычков соевого масла была отмечена высокая корреляционная зависимость между численностью *Anaeroplasmata* и переваримостью СВ в рубце ($r=0,86$) и концентрацией уксусной кислоты ($r=0,65$), *Anaerovibrio* и общим азотом ($r=0,94$) и уксусной кислотой ($r=0,59$), а также между *Pseudobacteriovorax* и белковым азотом ($r=0,70$).

При использовании в рационе бычков подсолнечного масла была выявлена положительная высокая корреляционная связь между *Leeuwenhoekiella* и концентрацией уксусной кислоты ($r=0,86$), средняя между *Kocuria* и пропионовой кислотой ($r=0,77$), *Duodenibacillus* и масляной кислотой ($r=0,75$), *unclassified_Ruminococcaceae* и валерьяновой ($r=0,68$) и аммиачным азотом ($r=0,72$), *Methanosphaera* и мочевиным азотом ($r=0,70$). Средняя степень отрицательной корреляции была выявлена между переваримостью сухого вещества рациона в рубце и *Leeuwenhoekiella* ($r=-0,54$), *Methanosphaera* ($r=-0,57$) и *unclassified_Puniceicoccaceae* ($r=-0,78$) (таблица 78).

Таблица 78 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце экспериментальных бычков (рацион с подсолнечным маслом)

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Duodenibacillus	0.02	-0.16	0.75	0.32	0.08	-0.09	-0.05	-0.28	0.18	0.10	0.07
Kocuria	-0.14	0.77	0.05	-0.59	0.07	-0.06	0.27	0.01	-0.06	-0.30	0.05
Leeuwenhoekella	0.86	0.07	-0.51	-0.53	0.57	0.29	-0.21	0.02	-0.07	0.17	-0.54
Methanospaera	0.02	0.08	-0.26	-0.20	-0.15	-0.06	-0.17	0.38	0.45	0.70	-0.57
unclassified_Punicicoccaceae	0.16	0.35	-0.04	0.07	0.29	-0.21	0.16	0.04	-0.08	0.39	-0.78
unclassified_Ruminococcaceae	0.02	-0.29	-0.15	0.68	0.27	-0.32	0.24	0.46	0.72	0.23	-0.11
Weissella	0.73	-0.45	0.43	-0.18	-0.11	0.08	0.01	0.12	0.13	-0.09	0.45

Переваримость сухого вещества контрольного рациона (пшеничные отруби) составила 64 %. Введение жировых компонентов неоднозначно влияло на переваримость сухого вещества рациона в «искусственном рубце». Включение подсолнечного, соевого, льняного и пальмового масел повышало переваримость сухого вещества относительно контроля на 4 %, 4 %, 3,5 % и 5,9 % соответственно (рисунок 29).

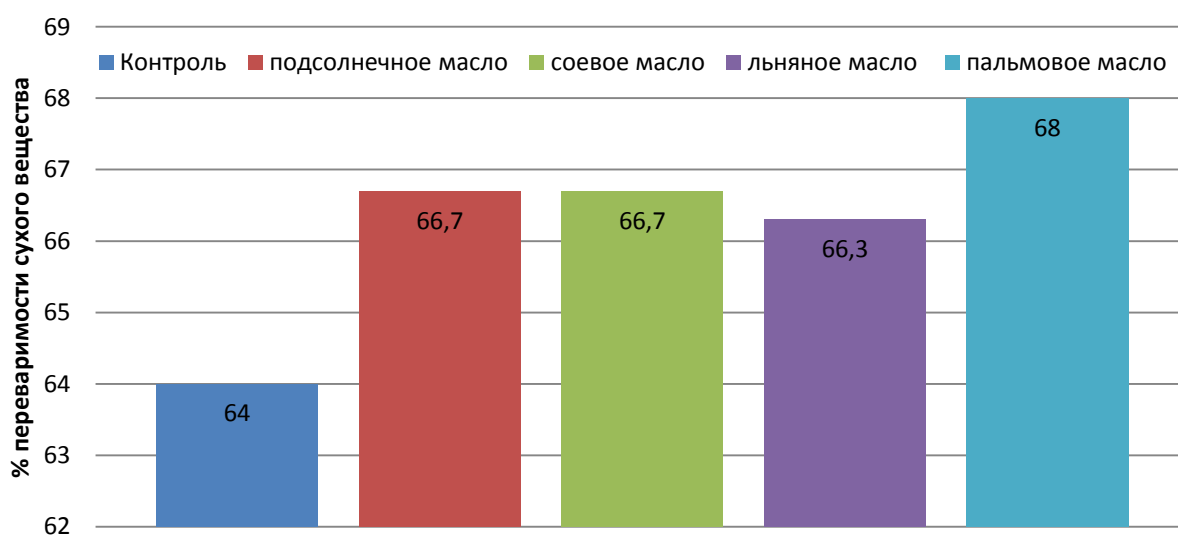


Рисунок 29 – Переваримость сухого вещества рациона при дополнительном введении различных источников жира, %

Исходя из уровня влияния на степень переваримости СВ рациона и рентабельности использования на региональном уровне в дальнейшем для тестирования были выбраны подсолнечное (I) и соевое масла (II).

В рубцовой жидкости конечным продуктом сбраживания углеводов являются ЛЖК. При высокой интенсивности бродильных процессов в рубце больший процент поступающих углеводов подвергается расщеплению, что приводит к количественному увеличению микробиоты рубца и, следовательно, повышению концентрации ЛЖК.

В ходе исследований *in vitro* установлено, что уровень ЛЖК в образцах при введении жиров был различным (таблица 79). В контрольной группе был отмечен достаточно низкий уровень ЛЖК, за исключением капроновой кислоты, однако ее уровень был ниже, чем в опытных группах.

Дополнительное включение масел показало повышение уровня уксусной кислоты в I группе на 46,8 %, во II группе на 51,5 % относительно контроля ($p \leq 0,05$). Уровень масляной кислоты был также выше относительно контроля на 55,6 % и 60,5 % соответственно в I и II группах ($p \leq 0,05$). В данных группах концентрация пропионовой и валерьяновой кислот были на одном уровне с контрольными значениями, при этом уровень капроновой кислоты также в сравнении с контролем значительно не изменялся.

Таблица 79 – Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров, ммоль/100 мл

Группа	Летучие жирные кислоты				
	Уксусная	Пропионовая	Масляная	Валерьяновая	Капроновая
Контрольная	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$\geq 1,00$	$2,56 \pm 0,024$
I опытная	$1,88 \pm 0,002$	$\geq 1,00$	$2,25 \pm 0,005$	$\geq 1,00$	$2,75 \pm 0,042^{**}$
II опытная	$2,06 \pm 0,002$	$\geq 1,00$	$2,53 \pm 0,002^*$	$\geq 1,00$	$2,68 \pm 0,035^*$

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

Содержание азотистых компонентов рубцовой жидкости (РЖ) является одним из показателей степени усвояемости азота корма, а также общей направленности процессов рубцового пищеварения. Отмечено, что уровень общего азота при дополнительном введении жировых компонентов значительно снижался при введении подсолнечного жира на 22,8 %, соевого

шрота на 25,2 % (рисунок 30). Между концентрацией общего и белкового азота выявлена прямая взаимосвязь. Белковый азот был ниже на 9,3 % в I образце, во II образце на 12 % относительно контрольных значений. Уровень небелкового, аммиачного и мочевинового азота в контрольной и опытной группах отличался незначительно.

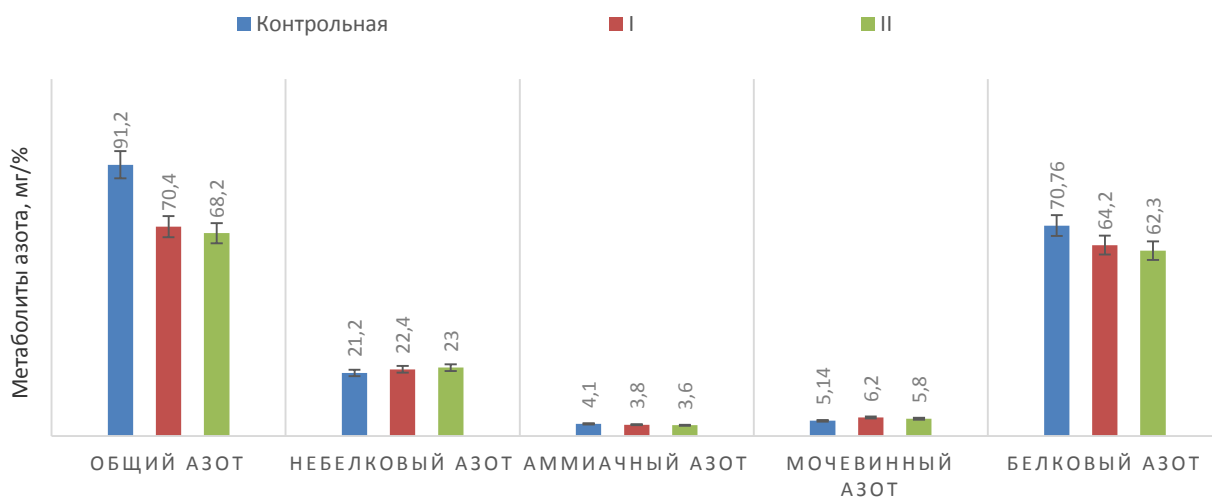


Рисунок 30 – Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров, мг/%

На основании полученных данных установлено, что дополнительное использование жировых компонентов в рационе бычков не нарушает структуру микробиома рубца и повышает интенсивность течения метаболических процессов в рубцовой жидкости, повышая уровень летучих жирных кислот на 26,1-29,2 % ($p \leq 0,05$) и концентрацию общего азота на 22,8-25,2 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

3.2.6 Метагеномный анализ микробиома толстого отдела кишечника бычков при включении в рацион растительных жиров

Определение состава и структуры микробиома желудочно-кишечного тракта важно, но этот тип микробиома имеет высокую функциональную избыточность, и нами также показано, что филогенетические изменения в

микробиоме кишечника при применении различных диет, в частности жировой, не обязательно сопровождаются функциональными изменениями. Поэтому важно охарактеризовать микробиом желудочно-кишечного тракта с точки зрения его функционального разнообразия и особенностей, а также определить влияние на данные различия составляющих рациона.

Микрофлора формирует высокую степень резистентности по отношению к патогенным микроорганизмам. Однако совсем недавно некоторые исследования показали, что высокожировая диета может ухудшать здоровье кишечника, нарушая его структуры и нормальную микробиоту.

При изучении генетического разнообразия кишечной микрофлоры бычков мы выявили, что в контрольном образце численно доминировали представители семейства *Ruminococcaceae* (28,68 % от общего числа). Вторым по численности шло семейство *unclassified_ "Bacteroidales"* (18,56 %), третьим – *Enterobacteriaceae* (13,59 %), далее – семейства *Bacteroidaceae* (11,88%), *Lachnospiraceae* (7,76 %), *Prevotellaceae* (5,27 %), *unclassified_Clostridiales* (3,84 %), *Porphyromonadaceae* (3,60 %). Численность других семейств в совокупности составила 39,16 % (*Rikenellaceae*, *unclassified Firmicutes*, *Bifidobacteriales*, *Erysipelotrichaceae*, *Peptostreptococcaceae* и другие) (рисунок 31).

При введении в рацион подсолнечного масла в качестве источника жиров, было получено, что, как и в контроле, численно доминировали представители *Ruminococcaceae*, однако на 14,4 % меньше, чем в контроле. При этом на втором месте по численности были представители *Enterobacteriaceae*, однако их численность на 18,76 % была меньше, чем в контроле. Также стоит отметить, что численность *unclassified_ "Bacteroidales"* в данном образце была ниже на 61,26 %, чем в контроле. Численность *Bacteroidaceae* уменьшилась на 59,42 %, а *Lachnospiraceae* увеличилась на 11,08 % по сравнению с контрольным образцом. Также в данном образце не были обнаружены представители семейств *Rikenellaceae*,

Peptostreptococcaceae и *unclassified Firmicutes*, однако присутствовали *Bifidobacteriales* и *Erysipelotrichaceae*, не обнаруженные в контроле.

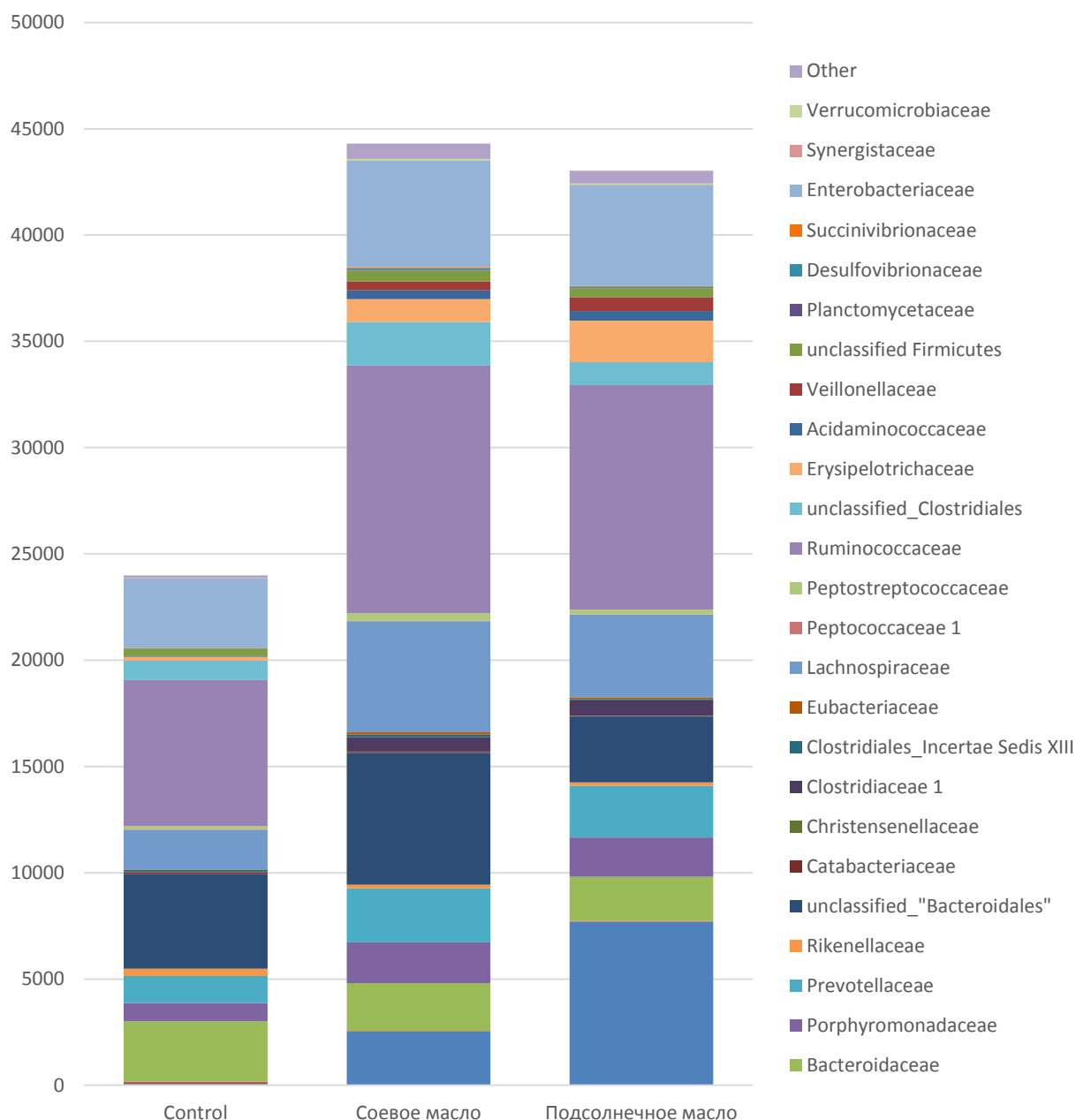


Рисунок 31 – Микрофлора толстого отдела кишечника бычков при жировом рационе

При использовании соевого масла в рационе в образце доминировали представители семейства *unclassified_"Bacteroidales"* (на 48,74 % больше, чем в контроле). Численность *Ruminococcaceae* была ниже контроля на 8,4 %, *Lachnospiraceae* – на 57,60 %, ниже контроля, а *unclassified_Clostridiales* – в

3,09 раза больше контрольных значений. *Bacteroidaceae*, *Rikenellaceae* и *unclassified Firmicutes* не были обнаружены в данном образце.

В нашем эксперименте мы отметили, что численность *Ruminococcaceae* составляла от 24,53 % до 28,68 % от общего числа и была относительно стабильна численности других семейств. Данные бактерии играют важную роль в микробиоценозе бычков, обусловленное тем, что *Ruminococcaceae* несут гены целлюлазы и эндо-1,4-бета-ксилаказы.

Выраженное снижение *Lachnospiraceae* в группе, получавшей соевое масло, может быть обусловлено тем, что большая часть субстратов для *Lachnospiraceae* уже была в значительной степени использована, в результате чего меньшее количество субстрата поступило в кишечник животного. При этом стоит отметить, что сравнительное геномное исследование углеводно-активных ферментов, транспортеров и метаболических путей между *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae* показало, что хотя эти два члена специализировались на деградации растительного материала, *Lachnospiraceae* были богаче на расщепляющие крахмал гены.

Корреляционная зависимость между видовым составом микрофлоры кишечника бычков контрольной группы отмечалась в отношении *Alistipes* (и переваримостью БЭВ ($r=0,77$) и переваримостью сухого вещества ($r=0,50$). Также была отмечена средняя, но отрицательная взаимосвязь между *Erysipelotrichaceae_incertae_sedis* и переваримостью сырой клетчатки ($r=-0,63$), *unclassified_Aerococcaceae* и переваримостью сухого вещества ($r=-0,72$), *unclassified_Synergistaceae* и переваримостью органического вещества ($r=-0,74$) (таблица 80).

Таблица 80 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов основного рациона

Показатели	Перевари мость СВ	Перевари мость ОВ	Перевари мость СП	Перевари мость СЖ	Перевари мость СК	Перевари мость БЭВ
Alistipes	0,50	0,14	0,30	0,05	-0,20	0,77
Erysipelotrichaceae_in certae_sedis	0,06	0,05	0,06	-0,10	-0,63	-0,24
Janthinobacterium	-0,02	0,02	-0,06	-0,14	0,07	0,36
Pseudobacteroides	0,10	0,46	0,32	-0,02	-0,15	-0,25
unclassified_Aerococceae	-0,72	0,28	0,01	-0,13	0,22	0,01
unclassified_Synergistaceae	0,33	-0,74	0,12	0,24	-0,25	-0,17

Добавление в рацион соевого масла способствовало высокой положительной взаимосвязи между *Gracilibacter* и переваримостью жира ($r=0,82$), высокой отрицательной корреляционной связи между *Methylobacterium* и переваримостью жира ($r=-0,80$), средней положительной связи между переваримостью СВ и *Clostridium* ($r=0,78$), *Methylobacterium* и переваримостью БЭВ ($r=0,57$), средней отрицательной между *Saccharofermentans* и органическим веществом ($r=-0,76$) (таблица 81).

Таблица 81 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона с соевым маслом

Показатели	Перевари мость СВ	Перевари мость ОВ	Перевари мость СП	Перевари мость СЖ	Перевари мость СК	Перевари мость БЭВ
Clostridium	0,78	-0,12	0,30	0,33	-0,34	0,20
Desulfovibrio	0,12	0,03	-0,29	0,13	0,06	0,23
Falsibacillus	0,13	-0,02	0,22	0,31	0,21	0,14
Gracilibacter	0,16	-0,01	0,11	0,82	-0,07	0,05
Isobaculum	0,21	-0,01	-0,35	0,04	-0,03	0,30
Jeotgalicoccus	0,46	-0,05	0,17	-0,48	0,29	-0,18
Methylobacterium	-0,20	-0,08	0,02	-0,80	0,11	0,57
Ruminobacter	0,25	0,28	-0,03	0,07	-0,07	-0,17
Saccharofermentans	0,31	-0,76	-0,46	0,09	-0,17	-0,25
unclassified_Puniceicocaceae	0,18	0,11	-0,06	0,07	-0,14	-0,09

При добавлении подсолнечного масла в рацион подопытных бычков выявлена средняя степень зависимости между переваримостью сухого вещества и *Dorea* ($r=0,75$), органического вещества и *unclassified_Peptostreptococcaceae* ($r=0,47$), протеина и *unclassified_Peptostreptococcaceae* ($r=0,51$), сырого жира и *Gracilibacter* ($r=0,75$), жира и *unclassified_Planococcaceae* ($r=0,75$), клетчатки и *Lactobacillus* ($r=0,71$), БЭВ и *Kandleria* ($r=0,72$), БЭВ и *Clostridium* ($r=0,42$). Средняя отрицательная корреляция была показана между переваримостью сырого протеина и *Oligella* ($r=-0,76$) (таблица 82).

Таблица 82 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона с подсолнечным маслом

Показатели	Переваримость СВ	Переваримость ОВ	Переваримость СП	Переваримость СЖ	Переваримость СК	Переваримость БЭВ
Anaerostipes	-0,32	0,29	0,31	0,20	-0,02	-0,07
Atopostipes	0,39	-0,08	-0,18	0,14	-0,25	-0,01
Clostridium	0,03	-0,24	0,02	-0,26	0,02	0,42
Dorea	0,75	-0,15	-0,30	0,32	-0,18	0,20
Gracilibacter	0,34	-0,03	0,35	0,75	0,12	-0,19
Kandleria	-0,15	0,23	-0,12	0,25	-0,02	0,72
Lactobacillus	0,29	-0,34	-0,21	-0,01	0,71	0,27
Oligella	-0,15	0,15	-0,76	-0,16	0,13	-0,23
Succinivibrio	-0,14	0,11	-0,04	0,02	-0,20	0,00
unclassified_Peptostreptococcaceae	-0,33	0,47	0,51	0,28	-0,23	0,09
unclassified_Planococcaceae	0,32	0,02	0,15	0,75	0,22	-0,05

3.2.7 Исследование по оценке влияния жировых добавок на обмен веществ и энергии в организме молодняка крупного рогатого скота

Содержали животных на рационах, включающих: сено разнотравное - 70 %, концентрированные корма – 30 % (таблица 83). Опытные и контрольная группы имели одинаковое количество СВ, СП, СК и БЭВ, различались только по уровню сырого жира на 31,3 % и обменной энергии на 8,6 % относительно

контроля, что достигалось дополнительным включением растительных жиров (3 % от СВ).

Эффективность кормов представляет особый интерес для мясной промышленности, так как это самая большая переменная стоимость в производстве, и состав жирных кислот становится важной характеристикой как в экономическом, так и в социальном отношении из-за потенциального влияния жирных кислот в рационе на состояние гомеостаза организма крупного рогатого скота.

Подсолнечное масло является одним из самых богатых источников полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), более 60 % которого составляет линолевая кислота (C18:2).

Таблица 83 - Фактическое потребление кормов и питательных веществ рационов подопытными бычками, кг

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	7,0	7,0	7,0
Концентраты	2,0	2,0	2,0
Подсолнечное масло	-	0,3	-
Соевое масло	-	-	0,3
Патока кормовая	0,6	0,6	0,6
Премикс ПК-60	0,06	0,06	0,06
Соль	0,02	0,02	0,02
Итого, кг	9,68	9,98	9,98
В рационе содержится, (кг)			
Сухое вещество	7,51	7,51	7,51
Сырой протеин	0,87	0,87	0,87
Сырая клетчатка	1,74	1,74	1,74
Сырой жир	0,23	0,52	0,52
БЭВ	4,51	4,51	4,51
НДК	4,73	4,73	4,73
Кальций	0,99	0,99	0,1
Фосфор	0,69	0,8	0,81
ОЭ МДж	70,72	81,82	81,82

Включение в рацион подсолнечного жира сопровождалось увеличением переваримости сухого вещества на 2,7 %, органического вещества на 2,6 %,

сырого протеина на 2,0 %, сырого жира на 2,8 % ($p \leq 0,05$), БЭВ на 0,9 %, при этом переваримость сырой клетчатки в опытной группе относительно контроля снизилась на 0,9 % (таблица 84).

Таблица 84 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %

Наименование показателей	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	59,4±1,54	62,1±0,91*	63,2±1,65*
Органическое вещество	62,8±1,70	65,4±1,36	65,7±0,83*
Сырой протеин	73,8±0,51	75,8±0,69*	75,1±1,02
Сырой жир	58,8±1,13	61,6±1,88	62,1±0,75*
Сырая клетчатка	46,1±0,26	45,2±0,18*	45,5±0,85*
БЭВ	67,4±0,9	68,3±1,1	69,2±1,38

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$

При введении в рацион молодняка крупного рогатого скота соевого жира отмечено повышение переваримости сухого вещества на 3,8 % ($p \leq 0,05$), сырого протеина на 1,3 %, сырого жира на 3,3 %, органического вещества на 2,9 % и БЭВ на 1,8 % относительно контроля. Переваримость клетчатки в данной группе снизилась на 0,6 % ($p \leq 0,05$).

Таким образом, переваримость СВ рациона лучшей была при использовании в рационе соевого масла, также в данной группе при сравнении с группой, получавшей подсолнечное масло, оказались выше коэффициенты переваримости сырого протеина и сырого жира.

Использование азота и энергии корма животными при дополнительном включении в рацион жировых добавок. На основании проведенных исследований было установлено, что баланс азота был положительным, хотя эффективность его использования была различной (таблица 85).

Таблица 85 – Использование азота молодняком крупного рогатого скота, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	136,1±0,84	137,9±0,69	139,2±0,81
Выделено с калом	55,4±0,38	56,6±0,36	57,5±0,92
Переварилось	80,7±0,15	81,3±0,21*	81,7±0,39*
Выделено с мочой	57,4±1,92	52,2±1,48	51,3±1,82
Отложено	25,3±1,11	29,1±0,68*	30,4±1,04*
Коэффициенты использования, %			
от принятого	18,6±0,68	21,1±0,91	21,8±0,62**
от переваренного	31,4±0,84	35,8±0,56**	37,2±0,82**

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$

В контрольной группе поступление азота с кормами составило 136,1 г/гол, что было ниже, чем в опытных группах, на 1,3 % при использовании подсолнечного масла и на 2,3 % при использовании соевого масла. Количество выделенного азота с калом у подопытных животных было различным, в результате и переваримость азота также изменялась. Так в группе, получавшей в качестве жировой добавки соевое масло, количество переваренного азота было выше на 1,2 % ($p \leq 0,05$), а выделенного с калом на 3,7 % при сравнении с контролем. В группе с использованием подсолнечного масла количество переваренного азота относительно контроля было выше на 0,7 % ($p \leq 0,05$), а выделенного с калом выше на 2,2 %.

Несмотря на значительное выделение данного элемента с мочой в группе с использованием подсолнечного масла 52,2 г/гол в сутки, количество отложенного азота в теле у бычков данной группы было выше относительно контроля на 15 % ($p \leq 0,05$). В группе с использованием соевого масла данный показатель был достоверно выше относительно контроля на 20,2 % ($p \leq 0,05$).

Сравнительную характеристику эффективности усвоения азота изучали путем расчета коэффициентов использования этого элемента от принятого и переваренного. По анализу данных показателей лучшие позиции занимали

животные, получавшие с рационом соевое масло, при этом коэффициент использования азота от принятого был выше, чем в контроле, на 3,2 %, от переваренного на 5,8 % ($p \leq 0,01$). У животных с использованием в рационе подсолнечного масла коэффициент использования азота от принято с кормами при сравнении с контролем был выше на 2,5 %, от переваренного на 4,4 % ($p \leq 0,01$).

Одной из важных характеристик обменных процессов, протекающих в организме, является эффективность использования обменной энергии.

Включение жировых добавок оказывало определенное влияние на эффективность превращения энергии корма в организме молодняка крупного рогатого скота (таблица 86).

Таблица 86 – Поступление и характер использования энергии корма бычками, МДж/гол/сут

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Валовая энергия	140,3±3,96	153,6±2,94*	155,2±3,54*
Переваримая энергия	84,8±2,82	92,9±1,66*	94,6±2,24*
Обменная энергия	69,8±2,23	77,1±1,21*	78,4±2,18*
Чистая энергия поддержания	28,4±0,52	29,0±0,45	29,1±0,57
Обменная энергия поддержания	41,9±0,80	42,9±0,71	43,1±0,86
Обменная продукция	27,9±2,02	34,2±1,60	35,4±3,84
Энергия прироста	7,7±0,60	9,5±0,41	9,8±0,97
КПИ ОЭ, %	27,7±0,90	27,6±0,72	27,7±0,66

Примечание: * - $p \leq 0,05$

Самый высокий уровень поступления энергии в организм животного с кормами отмечался в группе, которой дополнительно вводили в рацион соевое масло. Валовой энергии рациона с включением подсолнечного масла животные потребили на 9,5 % ($p \leq 0,05$) больше чем животные контрольной группы, с включением соевого масла на 10,6 % ($p \leq 0,05$). Такая же тенденция

отмечалась и в отношении показателей переваримой и обменной энергии, так, при использовании соевого масла данные значения оказались достоверно выше, чем в контроле, на 11,6 % и 12,3 % ($p \leq 0,05$) соответственно, а при использовании в рационе подсолнечного масла на 9,6 % и 10,5 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Анализируя показатели использования энергии можно отметить, что из общего количества обменной энергии, чистой энергии на поддержание жизнедеятельности организма животных было затрачено больше в группе с дополнительным введением соевого масла, как и обменной энергии поддержания, и составили соответственно 29,1 МДж и 43,1 МДж, что выше, чем в контроле, на 2,5 % и 2,9 % соответственно. В то же время обменной энергии на продукцию было отложено больше в организме бычков, находящихся на рационе с соевым маслом. Данный показатель составил 35,4 МДж и был выше, чем в контроле, на 26,9 %, и на 3,5 % выше, чем в другой опытной группе.

Энергия прироста оказалась выше у бычков с использованием соевого масла и составила 9,8 МДж, что выше, чем в контроле, на 27,3 %, а с использованием подсолнечного масла – 9,5 МДж, что выше контроля на 23,4 %.

Коэффициент продуктивного использования обменной энергии рационов в контрольной и опытной группе, получавшей соевое масло, был одинаковым и составил 27,7 %, в группе с использованием подсолнечного жмыха он был незначительно ниже и составил 27,6 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что дополнительное включение в рацион молодняка крупного рогатого скота растительного масла способствует большему поступлению валовой энергии в организм и более эффективному использованию энергии рациона. Лучшие результаты были получены от использования в рационе соевого масла по сравнению с подсолнечным.

3.2.8 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения растительных жиров в рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота

Рост и развитие подопытных животных. Исследование роста и развития молодняка крупного рогатого скота было проведено на 30 бычках казахской белоголовой породы с 10 до 14 месячного возраста, разделенных на три группы по 10 голов в каждой. Бычки контрольной группы получали основной рацион, животным опытных групп в рацион дополнительно включали подсолнечное и соевое масла в количестве 3 % от СВ рациона. Доступ к воде был свободным.

Живая масса бычков как контрольной, так и опытной группы в начале опыта была примерно одинаковой и составляла 270,0-270,2 кг (таблица 87).

К 11 месячному возрасту между контрольной и опытной группами уже отмечалась разница в живой массе. Бычки, получавшие с рационом в качестве жировой добавки соевое масло, по живой массе были больше на 3,4 % ($p \leq 0,05$). В 12 месячном возрасте разница составила 5,8 % ($p \leq 0,05$) в пользу опытной группы.

Таблица 87 - Динамика живой массы 10-14 месячных подопытных бычков, кг

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10	270,0±0,47	270,2±0,28	270,0±0,31
11	297,5±0,71	299,4±0,49*	302,2±1,21*
12	322,3±3,7	332,4±2,3*	341,3±4,4*
13	347,1±7,05	357,6±3,62	358,9±6,32
14	371,9±5,3	382,4±3,8*	384,6±6,0*
10-14	101,9±5,2	112,2±3,5*	114,6±5,9*

Примечание: *- $P \leq 0,05$, при сравнении с контрольной группой

Аналогичная картина отмечалась и в 13 и 14 месячном возрасте, разница между контрольной и опытными группами составила 10,5-10,8 кг и 10,5-12,7

кг соответственно. К концу эксперимента абсолютный прирост в группе, получавшей соевое масло, был на 12,5 % выше относительно контроля.

Включение в рацион в качестве жировой добавки подсолнечного масла также стимулировало прирост живой массы относительно контроля. Так, в 11-месячном возрасте живая масса животных опытных групп превышала контроль на 0,6 %, в 12 мес. и 13 мес. на 3,0 % и в 14 мес. на 2,8 %. Абсолютный прирост в группе, получавшей подсолнечное масло, был на 10,1 % ($p \leq 0,05$) выше, чем в контрольной группе.

Таким образом, дополнительное включение растительных жиров в рацион молодняка крупного рогатого скота способствует увеличению интенсивности роста и, следовательно, повышению продуктивности, о чем свидетельствуют и показатели среднесуточного прироста (таблица 88).

Разница по среднесуточному приросту за 4 месяца исследования между опытными и контрольной группами составила 10,2-12,5 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 88 - Среднесуточный прирост подопытных животных, г/гол/сутки

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10-11	916,7±12,2	973,3±21,1*	1073,3±33,2**
11-12	826,7±107,3	1100,0±41,4*	1133,3±101,3*
12-13	826,7±42,4	840,0±52,5	756,7±64,8
13-14	826,6±28,2	826,7±34,0**	856,7±53,3
10-14	849,2±40,3	935,8±35,1*	955,5±46,2*

Примечание: *- $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$

Абсолютный прирост живой массы также на протяжении всего эксперимента был выше в опытных группах на 10,1-12,5 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля (таблица 89).

Таблица 89 - Динамика абсолютного прироста живой массы 10-14 месячных бычков, кг

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10-11	27,5±0,61	29,2±0,40*	32,2±1,35*
11-12	24,8±1,06	33,0±1,2**	34,0±2,4**
12-13	24,8±1,08	25,2±1,03	22,7±0,86*
13-14	24,8±1,2	24,8±1,1*	25,7±1,34
10-14	101,9±5,29	112,2±3,77*	114,6±4,73*

Примечание: *-P≤0,05; ** - P≤0,01

Экономическая эффективность использования энергетической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Развитие отрасли скотоводства во многом обусловлено объемом получаемой продукции и затратами на ее производство. В этой связи в отрасли необходимо использовать для повышения продуктивности скота высокопитательные рационы, в частности, дополнительные добавки в виде жиров и протеинов, что будет приводить к быстрому росту и получению большего объема мясной продукции.

Результаты наших исследований показали, что скармливание животным рационов, в состав которых входили высокоэнергетические добавки, содержащие в своем составе жировые компоненты, оказало существенное влияние на экономические показатели производимой животноводческой продукции. В связи с различной продуктивностью и неодинаковой оплатой корма, количество продукции и ее себестоимость были различными.

Для расчета экономической эффективности применения жировой добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота необходимо учитывать производственные затраты на выращивание и откорм и реализационную стоимость. Экономическая эффективность выращивания бычков была рассчитана исходя из рыночной стоимости основных компонентов и добавок (таблица 90).

Таблица 90 - Экономическая эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	101,9±5,29	112,2±3,77*	114,6±4,73*
Общие затраты, руб.	11621,2	12686,4	12692,4
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	114,0	113,1	110,8
Сумма выручки, руб	12737,5	14025,0	14325,0
Прибыль, руб.	1115,8	1338,6	1632,6
Рентабельность, %	9,6	10,6	12,9

Примечание: *- $P \leq 0,05$, при сравнении с контрольной группой

Производственные затраты в опытной группе, получавшей в рационе подсолнечное масло, были выше на 9,1 % при сравнении с контролем, а в группе, получавшей соевое масло, на 9,2 %, данная разница заключалась в добавлении к рационам растительных масел, имеющих различную стоимость. Структура рациона во всех группах была одинаковой, и оплата труда в опытных группах не отличалась от контрольной.

Себестоимость 1 кг прироста у бычков, получавших соевое масло, благодаря большему абсолютному приросту живой массы оказалась ниже, чем у сверстников других групп, и составила 110,8 руб., что ниже, чем в контроле, на 3,2 руб. Сумма полученной от реализации выручки и прибыль в опытных группах оказались выше. Так, относительно контроля, в группе с использованием подсолнечного масла выручка была выше на 10,1 %, прибыль на 19,9 %, а в группе с использованием соевого масла на 12,5 % и 46,3 % соответственно.

Уровень рентабельности, характеризующий окупаемость средств, затраченных на выращивание животных и являющийся главным показателем экономической эффективности, в группе бычков с подсолнечным маслом в

рационе составил 10,6 %, с соевым маслом 12,9 %, что выше, чем в контроле, на 1,0 % и 3,3 % соответственно.

Таким образом, наилучший результат, с точки зрения экономической эффективности, в опытах был достигнут в группе животных, получавших в составе рациона соевое масло, в данной группе абсолютный прирост у бычков был выше на 12,5 % относительно контроля, а уровень рентабельности составил 12,9 %.

3.3 Результаты пилотных исследований по апробации включения минеральных веществ в рацион крупного рогатого скота

3.3.1 Обмен химических элементов в организме молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе различных по ингредиентному составу кормов

Известно около 40 элементов, которые регулярно участвуют в обмене в организме животных. Считают, что многие из них в организме по причине состава корма участвуют в метаболизме, а другие выступают как кофакторы для биохимических реакций. Поэтому понятие «необходимые минеральные элементы» ограничено теми элементами, о которых более чем известно. Минеральная обеспеченность организма связана в основном с доступностью химических элементов в моно- и поливарианте. Даже известные, как железо, обеспеченность которых не вызывает сомнения, требуют определенного подхода в зависимости от компонентов корма, физиологического состояния, возраста и сезона года. Железо является структурным компонентом клеток и участвует в клеточном обмене. Некоторые элементы (кальций, молибден, кобальт и др.) могут затруднять всасываемость и активность других элементов. Это взаимодействие минеральных веществ друг с другом является определяющим фактором в нормировании питания животных, и их нестабильность в поступлении в неудобоваримой форме дестабилизирует

обмен. Дополнение любого рациона минеральными веществами нужно производить с большой осторожностью и особенно избегать беспорядочного использования химических элементов.

Для мониторинга поступления химических элементов был проведен лабораторный анализ компонентов кормов (таблица 91).

Таблица 91 – Концентрация химических элементов в различных кормах, мкг/г

Показатель	Ячмень	Соевый шрот	Подсолнечный жмых	Премикс	Сено луговое
Al	101,01±0,01	44,06±0,001	36,20±0,001	212,02±0,01	56,78±0,001
As	0,03±0,001	0,02±0,001	0,03±0,001	0,27±0,001	0,02±0,001
B	1,51±0,001	24,01±0,001	21,97±0,001	0,73±0,001	3,88±0,001
Ca	644,06±0,03	2 157,22±0,09	2 270,23±0,09	105 963,60±4,33	3 217,32±0,13
Co	0,06±0,001	0,09±0,001	0,19±0,001	17,46±0,001	0,07±0,001
Cr	0,53±0,001	0,22±0,001	0,42±0,001	2,37±0,001	0,36±0,001
Cu	4,21±0,001	11,96±0,001	17,32±0,001	101,01±0,001	4,59±0,001
Fe	77,46±0,001	130,01±0,001	174,02±0,01	1 494,15±0,05	99,89±0,001
I	0,15±0,001	0,15±0,001	0,15±0,001	36,83±0,001	0,38±0,001
K	5 135,51±0,14	22 438,24±0,60	11 752,18±0,31	1 527,15±0,04	7 562,76±0,20
Li	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,32±0,001	0,06±0,001
Mg	1 595,16±0,04	2 951,30±0,07	4 637,46±0,12	1 658,17±0,04	1 309,13±0,03
Mn	24,21±0,001	28,50±0,001	26,91±0,001	3 218,32±0,08	58,60±0,001
Na	202,02±0,001	3,75±0,001	25,32±0,001	3,75±0,001	146,01±0,001
Ni	0,79±0,001	8,82±0,001	16,39±0,001	0,30±0,001	0,81±0,001
P	2 755,28±0,06	6 883,69±0,15	7 970,80±0,18	1 114,11±0,02	2 086,21±0,05
Pb	0,10±0,001	0,23±0,001	0,12±0,001	0,33±0,001	0,16±0,001
Se	0,05±0,001	0,05±0,001	0,18±0,001	0,06±0,001	0,01±0,001
Si	151,02±0,001	170,02±0,001	159,02±0,001	47,12±0,001	55,71±0,001
Sn	0,02±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001	0,001±0,001	3,35±0,001
Sr	5,27±0,001	10,81±0,001	9,63±0,001	169,02±0,001	21,20±0,001
V	0,21±0,001	0,10±0,001	0,14±0,001	2,52±0,001	0,07±0,001
Zn	22,85±0,001	34,15±0,001	59,30±0,001	1 989,20±0,04	17,93±0,001

Изменение структуры и состава рациона для молодняка крупного рогатого скота в значительной степени влияет на использование обменной энергии, при разнополярном соотношении белка и жира в рационе реакция организма на депонирование неоднозначна. Однако на эффективность использования обменной энергии оказывает влияние наличие минеральных веществ в рационе и уровень их поступления в организм.

Из результатов исследования следует, что при изменении ингредиентного состава рационов изменяется уровень поступления химических элементов в организм животных (таблица 92)

Таблица 92 - Поступление химических элементов с рационами в организм бычков в составе кормов мкг/гол/сутки

Показатель	Контроль	Соевый шрот	Подсолнечный жмых	Соевое масло	Подсолнечное масло
Al	612±20,6	583±13,2	579±12,5	561±15,9	541,46±23,1
As	0,22±0,023	0,21±0,035	0,22±0,017	0,20±0,015	0,20±0,026
B	30,2±2,21	41,5±1,56**	40,5±1,78**	29,5±2,49	29,2±3,06
Ca	30167±274	30923±279	30980±226	29845±122	29716±171
Cd	0,23±0,001	0,23±0,001	0,23±0,001	0,23±0,001	0,23±0,001
Co	1,66±0,23	1,67±0,36	1,72±0,18	1,63±0,15	1,62±0,28
Cr	3,72±0,06	3,57±0,21	3,67±0,17	3,46±0,09*	3,35±0,13*
Cu	46,6±1,59	50,5±0,44*	53,2±1,26*	44,5±1,67	43,7±2,03
Fe	943±8,18	970±6,23*	992±12,94*	905±10,51*	889±19,67*
Hg	0,15±0,03	0,15±0,03	0,15±0,03	0,14±0,05	0,14±0,05
I	5,17±0,21	5,17±0,21	5,17±0,21	5,10±0,25	5,07±0,24
K	63301±995	71953±4500	66610±1178	60734±462*	59707±860*
Li	0,45±0,001	0,45±0,001	0,45±0,001	0,45±0,001	0,45±0,001
Mg	12453±262	13131±126*	13974±435*	11656±529	11337±428
Mn	651±4,30	653±5,64	653±5,42	639±6,22	634±6,10
Na	1426±40,8	1327±28,1	1338,02±33,4	1325±15,3*	1284±25,4*
Ni	7,27±0,17	11,3±1,104 **	15,07±1,611**	6,87±0,032*	6,72±0,112*
P	20180±451	22245±622*	22788±675*	18803±376*	18252±410*
Pb	1,34±0,030	1,40±0,240	1,35±0,022	1,29±0,036	1,27±0,044
Se	0,17±0,010	0,17±0,010	0,24±0,030	0,15±0,010	0,14±0,010
Si	694±14,56	704±16,32	698±28,54	619±26,61*	589±36,55*
Sn	23,5±0,010	23,5±0,010	23,5±0,010	23,5±0,010	23,5±0,010
Sr	169±2,21	171±1,63	171±1,89	166±2,24	165±1,60
V	1,06±0,12	1,01±0,23	1,03±0,09	0,96±0,06	0,91±0,54
Zn	290±11,34	296±9,53	308±8,94	279±7,52	274±9,2

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Введение в рацион соевого шрота способствует достоверному повышению В на 27,1 % ($p \leq 0,01$), Cu на 7,7 % ($p \leq 0,05$), Fe на 2,7 % ($p \leq 0,05$), Mg на 5,2 % ($p \leq 0,05$), Ni на 35,5 % ($p \leq 0,01$), P на 9,3 % ($p \leq 0,05$).

Присутствие в рационе бычков подсолнечного жмыха увеличивало поступление в организм животных Cu на 12,3 % ($p \leq 0,05$), B на 25,3 % ($p \leq 0,01$), Fe на 4,9 % ($p \leq 0,05$), Mg на 10,9 % ($p \leq 0,05$), Ni на 52 % ($p \leq 0,01$) и P на 11,4 % ($p \leq 0,05$) при сравнении с контролем.

Введение растительных масел в состав рационов снижало поступление в организм бычков большинства элементов, в том числе и токсичных. Так включение соевого масла в рацион способствовало снижению поступления относительно контрольного рациона Cr на 7 % ($p \leq 0,05$), Fe и K на 4,1 % ($p \leq 0,05$), Na на 7,1 % ($p \leq 0,05$), Ni на 5,5 % ($p \leq 0,05$), P на 6,8 %, Si на 10,9 % ($p \leq 0,05$). Использование подсолнечного масла показало подобную тенденцию к снижению поступления элементов, в большей степени относительно контроля снижалось поступление в организм молодняка крупного рогатого скота Si на 15,1 % ($p \leq 0,05$), P на 9,6 % ($p \leq 0,05$), Na на 10 % ($p \leq 0,05$), Fe на 5,7 % ($p \leq 0,05$) и Cr на 9,9 % ($p \leq 0,05$).

Усвояемость минеральных веществ при включении в рационы бычков белковых компонентов сопровождалось выведением из организма токсичных элементов Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr при сравнении с контролем. Также в опытных группах относительно контроля отмечено повышение выведения хрома, железа, меди и цинка на 11,8 % ($p \leq 0,05$), 5,7 % ($p \leq 0,05$), 24,6 % ($p \leq 0,05$), 5,2 % ($p \leq 0,05$) соответственно, при использовании соевого шрота и на 11,8 % ($p \leq 0,05$), 8 % ($p \leq 0,05$), 36,6 % ($p \leq 0,05$), 10,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно при введении подсолнечного жмыха.

Использование растительных жиров также усиливало выведение из организма бычков токсичных элементов, как и некоторых эссенциальных и макроэлементов. Так, относительно контроля, в опытных группах отмечено увеличение выведения хрома, меди и калия на 6,3 % ($p \leq 0,05$), 25,5 % ($p \leq 0,05$), 4,1 % ($p \leq 0,05$) соответственно при включении соевого масла и на 3,2 % ($p \leq 0,05$), 27,5 % ($p \leq 0,05$), 16,7 % ($p \leq 0,05$) соответственно в присутствии подсолнечного масла (таблица 93).

Таблица 93 – Пулы химических элементов, выделяемые из организма бычков с калом, мкг/гол/сутки

Показатель	Контроль	Соевый шрот	Подсолнечный жмых	Соевое масло	Подсолнечное масло
Al	614±5,26	596±5,51*	581±10,46*	572±13,28*	564±14,57*
As	0,22±0,011	0,21±0,012	0,22±0,015	0,22±0,014	0,20±0,010
B	12,10±2,74	8,90±1,03	6,50±0,72	7,10±1,63	6,30±2,04
Ca	21002±152	20566±111*	20250±187*	19644±402*	19247±501*
Cd	0,24±0,002	0,25±0,001**	0,51±0,061**	0,26±0,005**	0,34±0,023**
Co	1,30±0,041	1,20±0,027	1,30±0,031	1,10±0,089	1,10±0,085
Cr	3,00±0,023	3,40±0,123*	3,40±0,152*	3,20±0,065*	3,10±0,024*
Cu	24,2±2,91	32,10±1,27*	38,20±3,01*	32,50±1,74*	33,40±2,21*
Fe	900±16,81	954±8,67*	978±16,26*	875±14,72	871±17,55
Hg	0,21±0,017	0,23±0,018	0,24±0,018	0,23±0,022	0,21±0,021
I	1,80±0,24	1,30±0,19	1,10±0,25	1,12±0,21	1,09±0,2
K	14001±71	13501±151*	14240±67*	14601±241*	16801±849*
Li	0,40±0,005	0,41±0,004	0,39±0,003	0,38±0,015	0,39±0,010
Mg	10213±721	9912±324	9985±360	8548±529	8246±580
Mn	459±41,34	439±23,44	471±22,53	338±34,57	327±41,25
Na	544±73,42	428±46,97	442±54,26	398±30,28	354±47,16
Ni	6,40±0,880	8,40±1,142	11,16±2,030	5,20±1,604	5,00±0,894
P	9843±2828	6233±937	6892±846	4367±1007	4624±953
Pb	1,43±0,180	1,56±0,193	1,60±0,054	1,58±0,089	1,41±0,720
Se	0,12±0,010	0,11±0,005	0,10±0,004	0,09±0,015	0,09±0,014
Si	410±55,23	354±31,41*	416±46,93*	320±48,03*	282±50,47*
Sn	24,20±2,15	25,40±1,89	24,40±1,76	25,80±1,62	25,01±1,46
Sr	197±0,430	201±1,050**	203±1,216**	194±0,712**	194±0,811**
V	0,90±0,056	0,91±0,074	0,92±0,104	0,89±0,092	0,86±0,127
Zn	258±0,352	272±4,330*	288±9,131*	261±1,024*	259±0,213*

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Таким образом, нами установлено, что при включении в рационы белковых компонентов поступление Fe в организм бычков опытных групп увеличивается на 2,8-4,9 %, а при использовании растительных жиров, напротив, снижается на 4,0-5,7 % в сравнении с контролем (рисунок 32). При этом следует отметить, что в присутствии белковых компонентов железо из организма бычков выделяется интенсивнее при сравнении с контрольной группой животных, а при использовании растительных масел, напротив, выведение снижается.

Fe

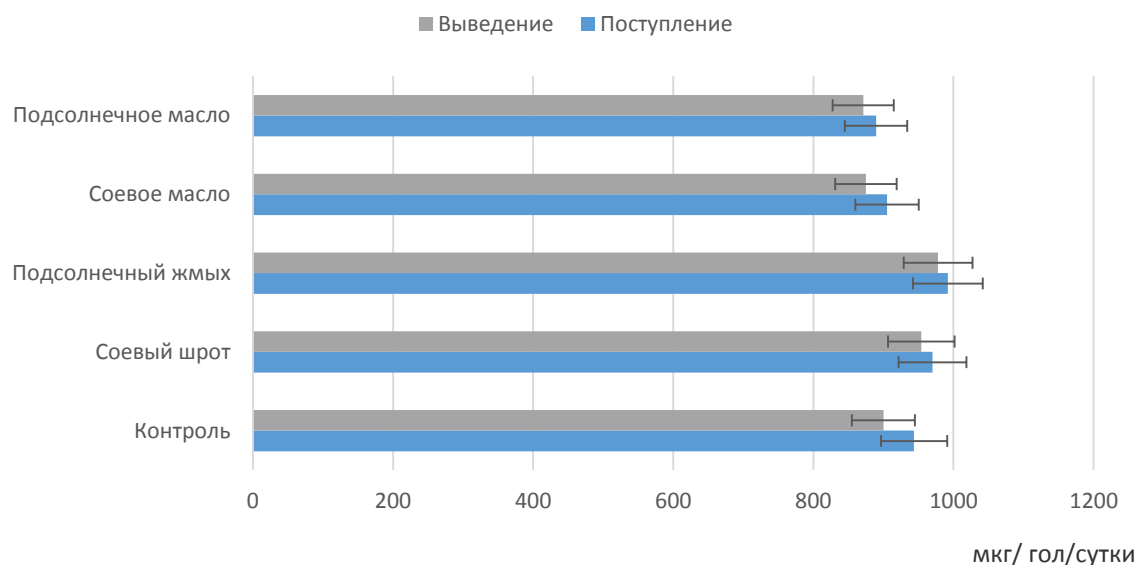


Рисунок 32 – Характеристики обмена железа в организме бычков за суточный период, мкг/гол

При изучении минерального состава рационов, используемых в исследовании, установлено, что дополнительное включение в питание бычков опытных групп жировых и протеиновых компонентов снижало содержание в рационах хрома на 1,3-9,9 %, а потери данного элемента из организма молодняка опытных групп значительно превышали контроль (рисунок 33).

Всасывание химических элементов в желудочно-кишечном тракте при их поступлении в составе рациона является важнейшим вопросом, который позволяет принять решения о дополнительном включении в обмен веществ. Всасывание элементов в ЖКТ является величиной непостоянной и может меняться под воздействием как внешних причин, так и внутренних факторов. Организм весьма эффективно регулирует и контролирует всасывание различных элементов. При недостатке того или иного элемента в организме его использование возрастает, а при избытке – снижается.

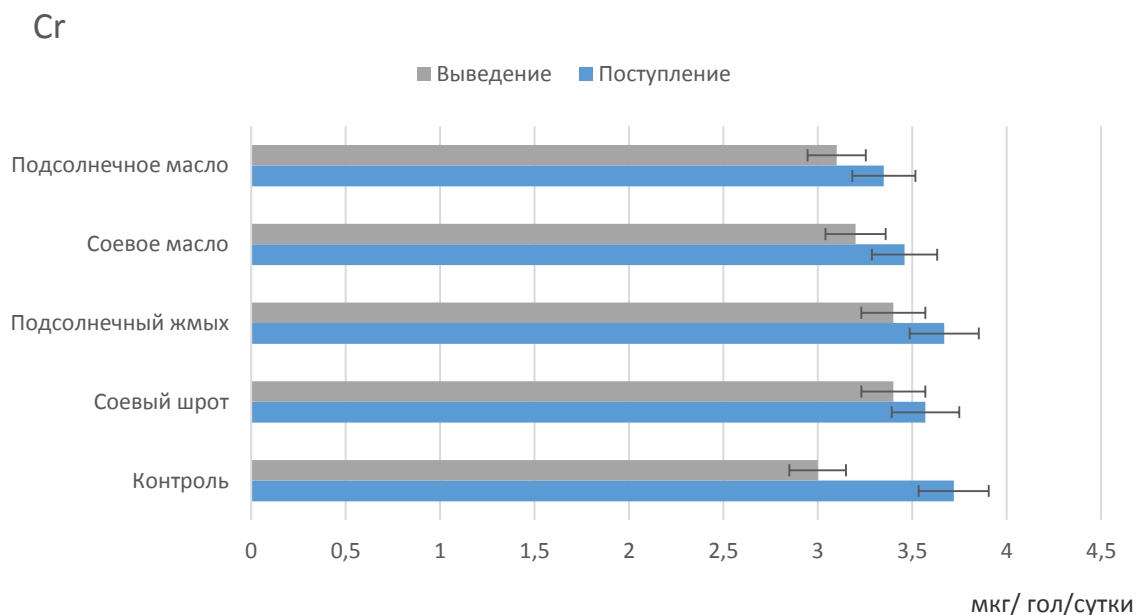
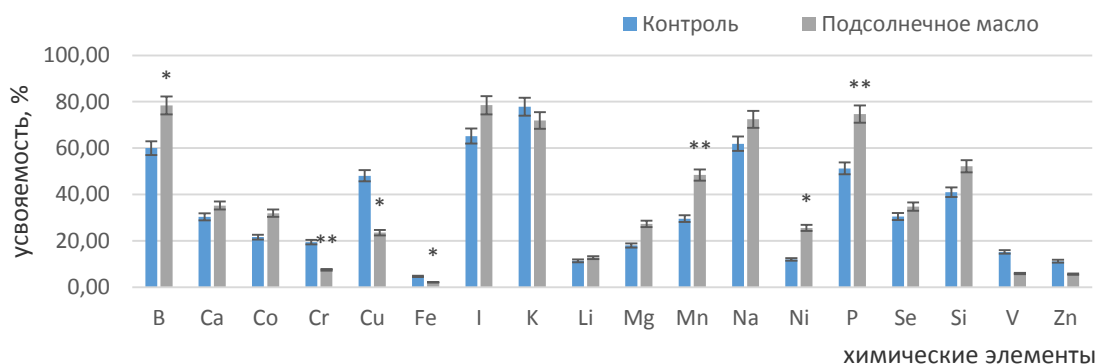
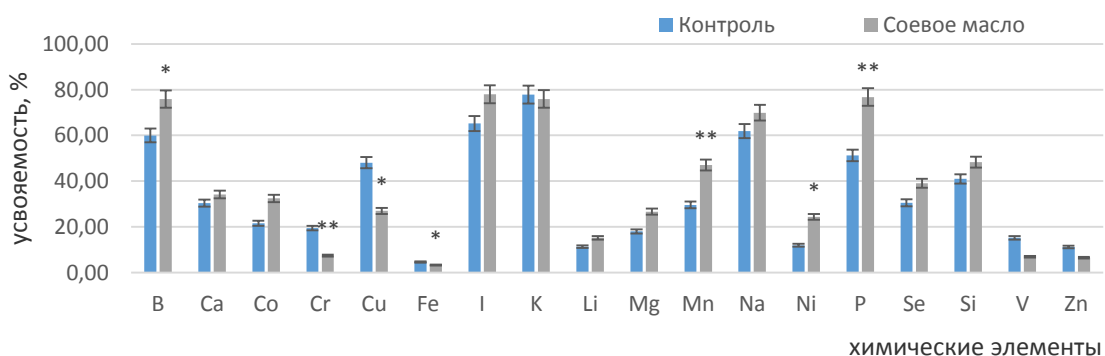
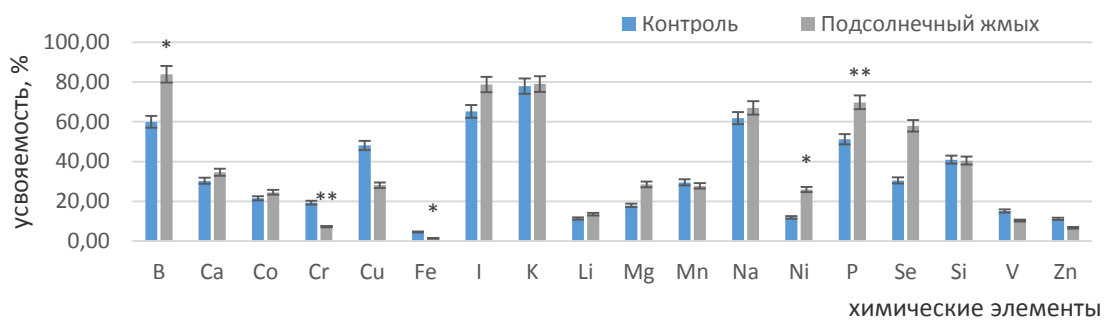
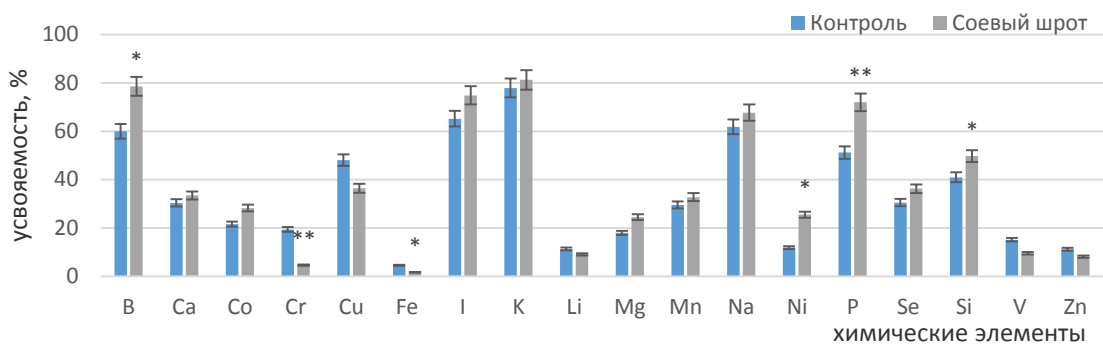


Рисунок 33 – Обмен хрома в организме бычков за суточный период, мкг/гол

Увеличение в рационе бычков различных нутриентов способствовало снижению усвояемости минеральных веществ в организме (рисунок 34).

Во всех опытных группах относительно контроля отмечено увеличение усвояемости В, Са, Со, I, К, Mg, Na, Ni, P, Se. Усвояемость Cr, Cu, Fe и Zn, при использовании соевого шрота снижалась на 75,8 % ($p \leq 0,01$), 24,3 % ($p \leq 0,05$), 65,2 % ($p \leq 0,05$), 26,8 % ($p \leq 0,05$) соответственно, при использовании подсолнечного жмыха на 62,4 % ($p \leq 0,01$), 41,6 % ($p \leq 0,05$), 69,6 % ($p \leq 0,05$), 40,2 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Такая же тенденция отмечена и при введении растительных жиров – соевого и подсолнечного масла, усвояемость Cr снижалась на 61,3-61,9 % ($p \leq 0,01$), Cu на 43,9-51,1 % ($p \leq 0,05$), Fe на 28,3-54,3 % ($p \leq 0,05$), Zn на 42-49 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

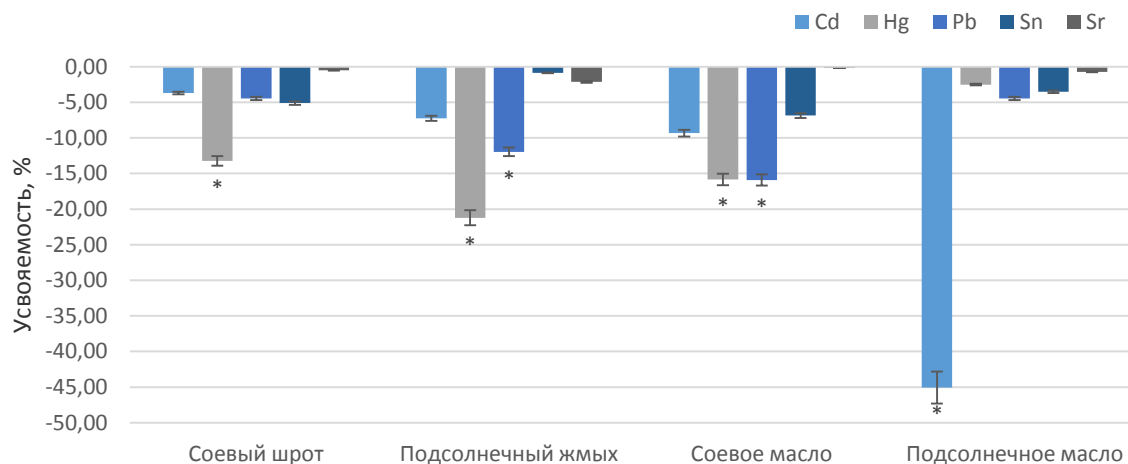


Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Рисунок 34 – Усвояемость макроэлементов и микроэлементов в рационе бычков при изменении ингредиентного состава рациона, %

В отношении токсичных элементов во всех опытных группах относительно контроля отмечено экскреция с калом и снижение уровня

абсорбции их в организме. Относительно контроля отмечено достоверное снижение усвоения Hg, Pb и Cd (рисунок 35).

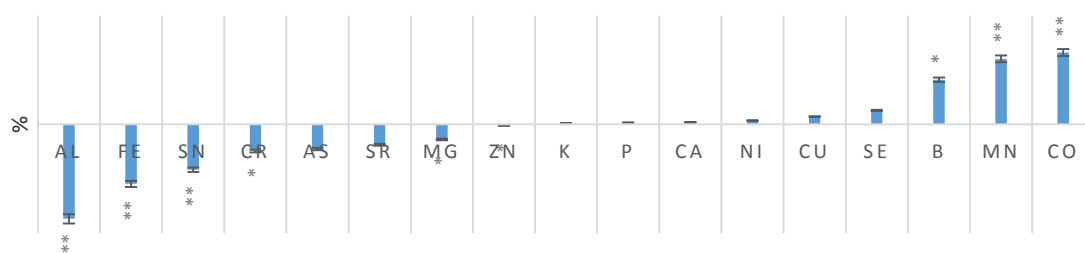
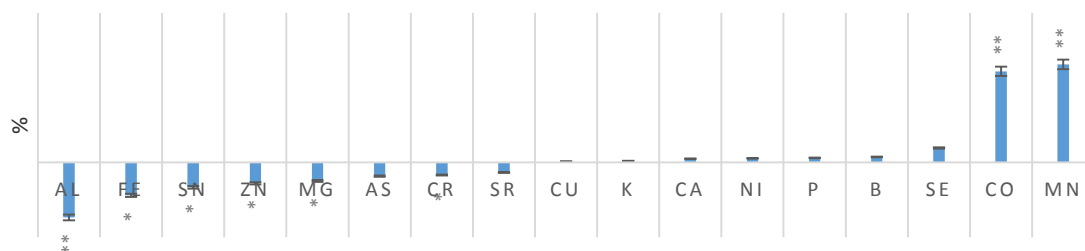
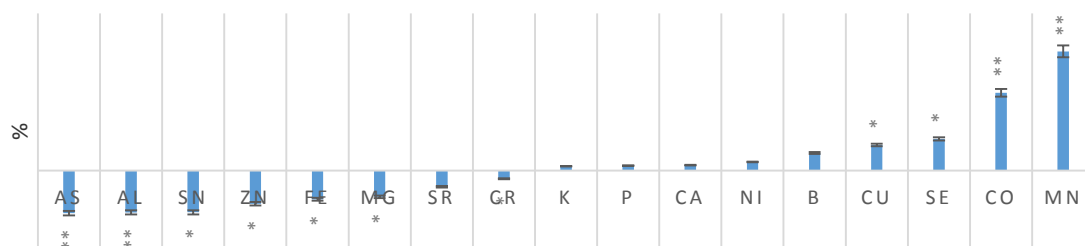


Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Рисунок 35 – Усвояемость токсичных элементов в организме бычков при различных по нутриентному составу, %

Таким образом, дефициты элементов могут проявляться очень широким спектром нарушений обмена веществ и часто ведут к возникновению вполне определенных синдромов и заболеваний и снижению продуктивности. Все эти признаки дефицита облегчают нам выявление таких дефицитов, что дает возможность использовать препараты макро- и микроэлементов для их коррекции.

Анализируя данные по уровню химических элементов в сыворотке крови бычков, следует отметить, что при сравнении с контрольными уровень большинства токсичных элементов снижался (рисунок 36). Так, при включении в рацион протеиновых компонентов отмечено достоверное снижение уровня Al и Sn на 34,8 % и 16,7 % ($p \leq 0,01$) в присутствии соевого шрота, и на 36,8 % ($p \leq 0,01$) и 16,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно в присутствии подсолнечного жмыха. Дополнительное включение растительных жиров в рацион также снижало концентрацию в сыворотке крови Al на 26,8-37,9 % ($p \leq 0,01$), Sn на 23,3-26,7 % ($p \leq 0,05$), Sr на 9,7-10,5 % относительно контрольных значений.

а**б****в****г**

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Рисунок 36 – Уровень химических элементов в сыворотке крови бычков при включении в рацион: а – соевого шрота; б – подсолнечного жмыха; в – соевого масла; г – подсолнечного масла, относительно контроля, %

Наряду с выведением токсичных элементов при изменении ингредиентного состава рациона зафиксировано достоверное снижение элементов Cr, Fe во всех опытных группах при сравнении с контролем.

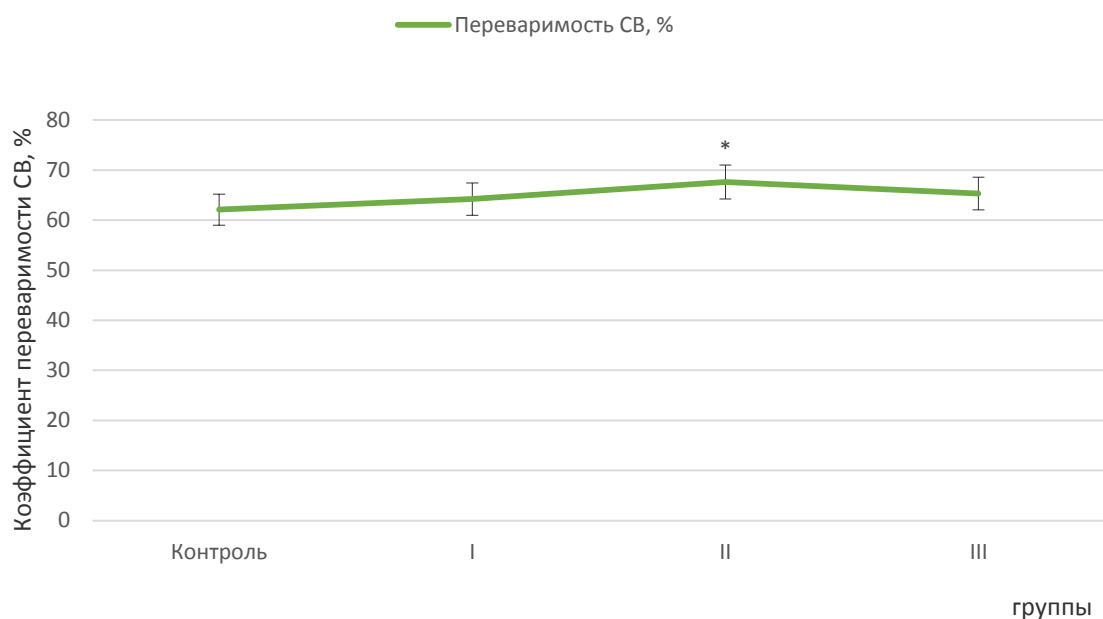
Введение в рацион соевого шрота способствовало снижению концентрации в сыворотке крови бычков Cr на 9,8 % ($p \leq 0,05$), Fe на 21,9 % ($p \leq 0,01$), подсолнечного жмыха на 8,4 % ($p \leq 0,05$) и 21,9 % ($p \leq 0,01$), соевого масла на 7,3 % ($p \leq 0,05$) и 21,6 % ($p \leq 0,01$), подсолнечного масла на 5,2 % ($p \leq 0,05$) и 18,4 % ($p \leq 0,01$) соответственно.

Установлено, что дополнительное включение белковых и жировых компонентов в корма крупного рогатого скота способствует отложению в организме элементов В, Со, Сu, Мn, Ni, Р, Se, К, Са.

Таким образом, для восполнения потребности организма молодняка крупного рогатого скота в минеральных веществах для роста, развития и повышения уровня продуктивности, необходима коррекция рационов включением отдельных химических элементов, в частности Cr и Fe, с целью активации течения обменных процессов в организме.

3.3.2 Характеристика используемых минеральных препаратов и установление дозозависимого эффекта влияния данных добавок на рубцовое пищеварение жвачных животных

После 24 часовой инкубации в рубце жвачных испытуемых образцов отмечено, что включение хрома в различных дозировках улучшает степень переваримости СВ образца корма (рисунок 37). Так в контрольном образце коэффициент переваримости СВ составил 62,1 %, а при включении хрома данный показатель повышался на 2,1 % при использовании хрома в дозе 100 мкг/кг, на 5,5 % - 200 мкг/кг и 3,2 % - 300 мкг/кг.



Примечание: * - $p \leq 0,05$ при сравнении с контролем

Рисунок 37 – Степень переваримости СВ рациона при использовании различных доз хрома, %

Сравнительное изучение количественных и весовых значений отдельных фракций микроорганизмов рубца в испытуемых образцах показало определенное влияние хрома на данные параметры (таблица 94).

Таблица 94 - Характеристика микрофлоры рубцового содержимого при использовании препарата ультрадисперсных частиц оксида хрома в рационе бычков

Показатель	Группа			
	контрольная	I	II	III
Биомасса простейших, г/100 мл	2,0±0,15	2,6±0,12*	3,1±0,17**	2,7±0,21*
Биомасса бактерий, г/100 мл	3,2±0,121	1,7±0,510*	1,9±0,46*	1,6±0,50*
Количество инфузорий, тыс./мл	338±2,70	340±3,40	350±2,96*	327±4,04

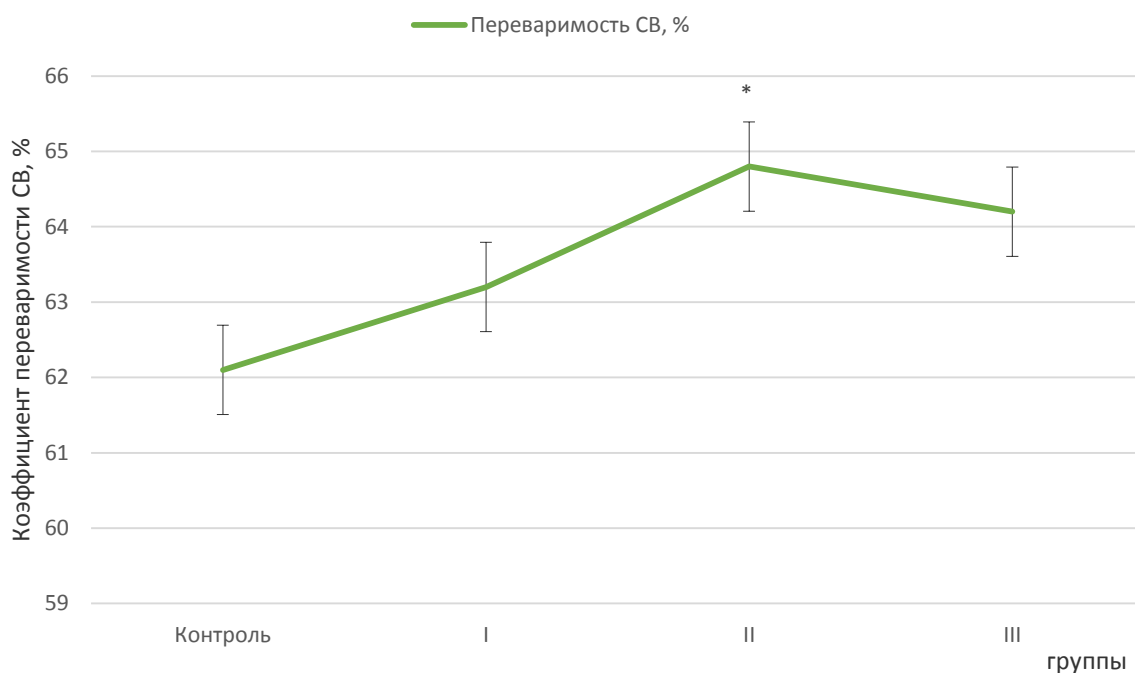
Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Количественное изменение простейших в рубцовом содержимом имело следующую тенденцию: при включении хрома в дозировках 100 и 200 мкг/кг СВ количество инфузорий относительно контроля увеличивалось на 0,6 % и

3,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно. А при использовании хрома в дозе 300 мкг/кг СВ снижалось количество инфузорий на 3,3 %. Биомасса простейших в рубцовой жидкости при тестировании опытных образцов повышалась, так относительно контроля масса простейших в I группе повышалась на 23 % ($p \leq 0,05$), во II группе на 35,5 % ($p \leq 0,01$), в III на 26 % ($p \leq 0,05$).

Дополнительное включение хрома в различных дозировках показало снижение биомассы бактерий на 46,8 % ($p \leq 0,05$) в I группе, на 38,7 % ($p \leq 0,05$) во II группе и на 50 % ($p \leq 0,05$) в III группе.

Дополнительное включение железа при проведении *in situ* исследований способствовало увеличению переваримости СВ образцов относительно контроля, так в I группе на 1,1 %, во II на 2,7 % ($p \leq 0,05$) и в III на 2,1 % (рисунок 38).



Примечание: * - $p \leq 0,05$

Рисунок 38 – Степень переваримости СВ рациона при использовании различных дозировок минерального препарата железа, %

Количественные значения простейших – инфузорий в рубцовом содержимом имели тенденцию к увеличению с повышением дозировки препарата железа (таблица 95). Относительно контроля количество инфузорий

повысилось на 1,2 % при включении железа в дозе 1,0 мг/кг СВ рациона, и на 2,5 % при включении железа в дозировке 1,4 мг/кг и 2,0 мг/кг СВ.

Таблица 95 - Характеристика микрофлоры рубцового содержимого при использовании железа в рационе бычков

Показатель	Контроль	I	II	III
Биомасса простейших, г/100 мл	2,0±0,34	3,1±0,13*	3,4±0,18**	3,3±0,22*
Биомасса бактерий, г/100 мл	3,2±0,121	2,6±0,201*	2,9±0,042*	2,9±0,31*
Количество инфузорий, тыс./мл	338,4±2,707	342,4±4,512	347,4±3,127	347,3±2,968

Примечание: *-P≤0,05; ** - P≤0,01, при сравнении с контролем

Биомасса простейших относительно контроля при тестировании опытных образцов увеличивалась на 35,5 % ($p \leq 0,05$) в I группе, на 41,2 % ($p \leq 0,01$) во II и на 39,4 % ($p \leq 0,05$) в III группе. Биомасса бактерий при дополнительном включении железа снижалась, в большей степени при введении железа в дозировке 1,0 мг/кг СВ (на 18,8 % ($p \leq 0,05$)), при использовании дозы 2,0 мг/кг на 12,5 % ($p \leq 0,05$), а в дозе 1,4 мг/кг на 9,4 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, что свидетельствует о меньшем негативном влиянии железа в дозировке 1,4 мг/кг на микроорганизмы рубца жвачных.

Таким образом установлено, что наибольшим биологическим эффектом на количественные характеристики микробиома рубца и интенсивность переваривания питательных веществ в рубце обладает дозировка хрома 200 мкг/кг, повышая переваримость СВ на 3,4 % и увеличивая массу и количество простейших в рубце. В отношении минерального препарата железа, наиболее конкурентной оказалась дозировка 1,4 мг/кг СВ рациона, относительно других дозировок в данной группе увеличивалась переваримость СВ на 1,3 % и повышала биомассу бактерий и простейших. На основании вышеизложенного нами были выбраны дозировка хрома 200 мкг/кг СВ и железа 1,4 мг/кг СВ

рациона для дальнейшего исследования в условиях *in vitro* и *in vivo* на обменные процессы в организме молодняка крупного рогатого скота.

С целью определения порогов токсичности изучаемых химических элементов на моделях «репортерных» люминесцирующих клеточных тест-систем была проведена биологическая аттестация минеральных препаратов хрома и железа.

3.3.3 Биологическая аттестация минеральных препаратов хрома и железа. Определение порогов токсичности химических элементов на моделях «репортерных» люминесцирующих клеточных тест-систем

Использование ультрадисперсных частиц эссенциальных элементов в кормлении сельскохозяйственных животных как экономически выгодная стратегия разработки премиксов ввиду более высокой биодоступности имеет ряд ограничений, связанных с потенциальной токсичностью не только в отношении к животному как макрообъекту, но и в отношении экосистемы микробного сообщества, населяющего пищеварительный тракт.

Биолюминесценция проб с различным содержанием хрома и железа без добавления рубцовой жидкости обратно пропорциональна их концентрации (рисунок 39, 40).

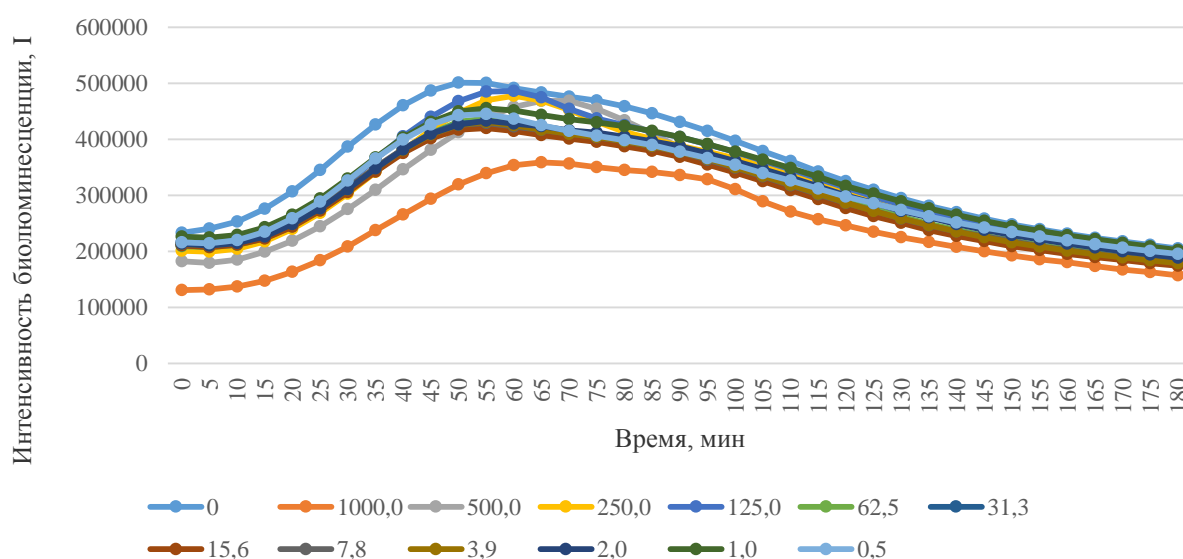


Рисунок 39 – Динамика гашения биолюминесценции бактериального штамма *Escherichia coli* K12 TG1 в среде с различным содержанием хрома

Установлено, что в самом большом разбавлении хрома - 0,0005 мг/ мл и железа - 0,0024 мг/ мл светимость бактериального штамма на первой секунде составляет 92,4 % и 88,3 % соответственно от аналогичного показателя контрольной пробы, а в случае разведения хрома – 1,0 мг/мл и железа – 5,0 мг/мл – 56 % и 7,4 % соответственно.

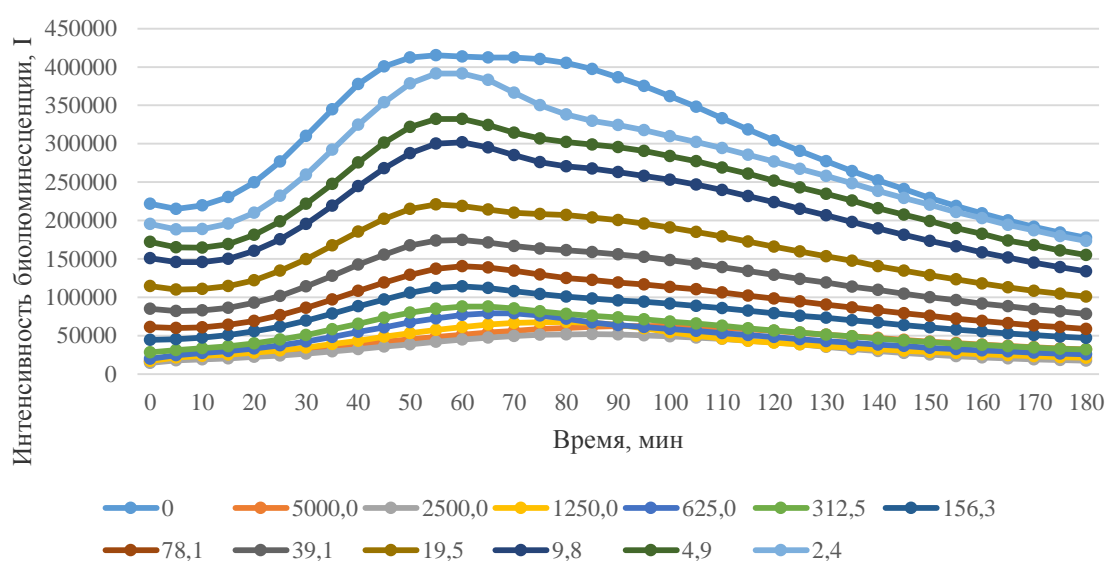


Рисунок 40 – Динамика гашения биолюминесценции бактериального штамма *Escherichia coli* K12 TG1 в среде с различным содержанием железа

Значение индекса токсичности T , при вычислении которого контроль принимается за 100 %, наглядно свидетельствует о снижении ядовитых свойств суспензии с уменьшением в ней доли изучаемых препаратов хрома (таблица 96) и железа (таблица 97). Так, при изучении влияния хрома отмечено значение индекса токсичности на первой минуте эксперимента 44 % в концентрации 1,0 мг/мл до 7,6 % в 0,0005 мг/мл, в конце третьего часа отмечено 23,5 % и 4,8 % эквивалентно 1,0 мг/мл и 0,0005 мг/мл.

Тестирование железа также показало снижение токсичности данного элемента с учетом уменьшения концентрации. Максимальное разведение

железа 0,00024 мг/мл на первой минуте экспериментального исследования показало значение уровня токсичности до 11,7 %, а минимальное 0,5 мг/мл до 92,6 %, а на последних минутах третьего часа 2,3 % и 82 % соответственно.

Таблица 96 - Токсикологические характеристики при различном времени контакта хрома с клетками люминесцирующих микроорганизмов в дистиллированной воде

Вре мя, мин	Концентрация, мкг/мл											
	1000,0	500, 0	250,0	125,0	62,5	31,3	15,6	7,8	3,9	2,0	1,0	0,5
0	44,0	22,0	13,9	6,9	10,3	9,6	9,8	8,7	8,5	8,5	3,0	7,6
30	46,1	28,9	21,8	16,3	20,6	19,6	21,0	19,0	19,8	19,7	14, 8	15, 7
60	28,0	6,8	2,8	1,1	11,9	13,6	15,5	13,9	13,4	12,8	8,1	11, 1
90	21,9	10,6	9,8	6,3	12,3	13,1	14,5	12,5	12,5	10,1	6,2	12, 3
120	24,3	7,6	4,7	3,6	10,9	12,9	14,8	11,9	11,8	7,8	2,6	8,4
150	22,3	6,5	4,9	4,7	11,5	13,7	15,7	12,1	12,9	7,6	1,3	5,6
180	23,5	9,7	7,4	6,4	12,1	13,9	15,0	11,9	12,9	8,1	1,3	4,8





Примечание: Числовые значения соответствуют величине индекса токсичности Т (%). Цветовая заливка – показателям  - ЕС 20, то есть концентрациям хрома, вызывающим свыше 20 % тушения биосенсора по сравнению с контролем

Таблица 97 - Токсикологические характеристики при различном времени контакта железа с клетками люминесцирующих микроорганизмов в дистиллированной воде

Время, мин	Концентрация, мкг/мл											
	5000,0	2500,0	1250,0	625,0	312,5	156,3	78,1	39,1	19,5	9,8	4,9	2,4
0	92,6	93,5	92,3	91,0	87,3	79,9	72,3	61,7	48,3	32,0	22,4	11,7
30	89,5	91,4	88,9	86,3	83,6	77,6	72,2	63,3	51,8	37,0	28,5	16,3
60	87,6	89,2	85,2	81,4	78,7	72,4	66,0	57,8	47,1	27,0	19,6	5,3
90	83,9	86,7	83,4	83,5	81,0	75,2	69,2	59,7	48,2	31,9	23,6	16,1
120	81,6	86,5	86,6	84,2	81,4	74,0	67,7	57,6	45,5	26,5	17,2	9,0
150	81,7	89,1	87,5	85,1	81,9	73,6	67,0	56,4	43,8	24,5	13,3	4,0
180	82,0	90,3	88,2	85,6	82,1	73,7	66,9	55,9	43,2	24,7	12,7	2,3

Примечание: Числовые значения соответствуют величине индекса токсичности Т (%). Цветовая заливка – показателям  - ЕС 75,  - ЕС 50,  - ЕС 20., то есть концентрациям хрома, вызывающим свыше 75, 50 и 20 % тушения биосенсора по сравнению с контролем

В опыте с рубцовой жидкостью без включения хрома и железа относительное значение биолуминесценции колеблется в пределах 24,7 % и

758,1 %, обнаруживая тенденцию к росту. При комбинации рубцовой жидкости с хромом и железом наблюдается регрессия ядовитых свойств последних (рисунок 41, 42).

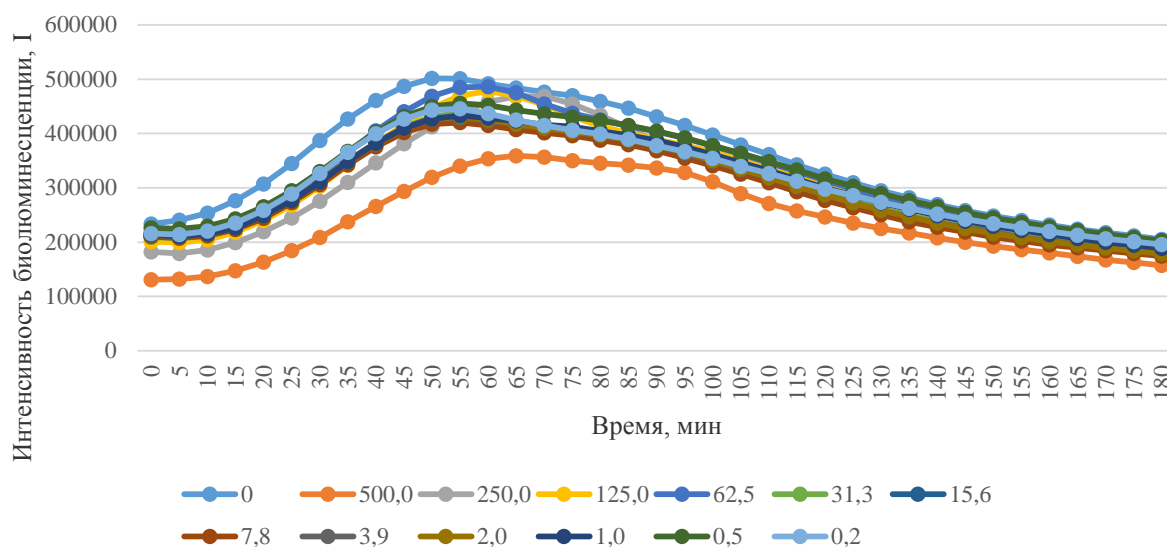


Рисунок 41 – Динамика биолуминесценции бактериального штамма *Escherichia coli* K12 TG1 в рубцовой жидкости при различных концентрациях хрома

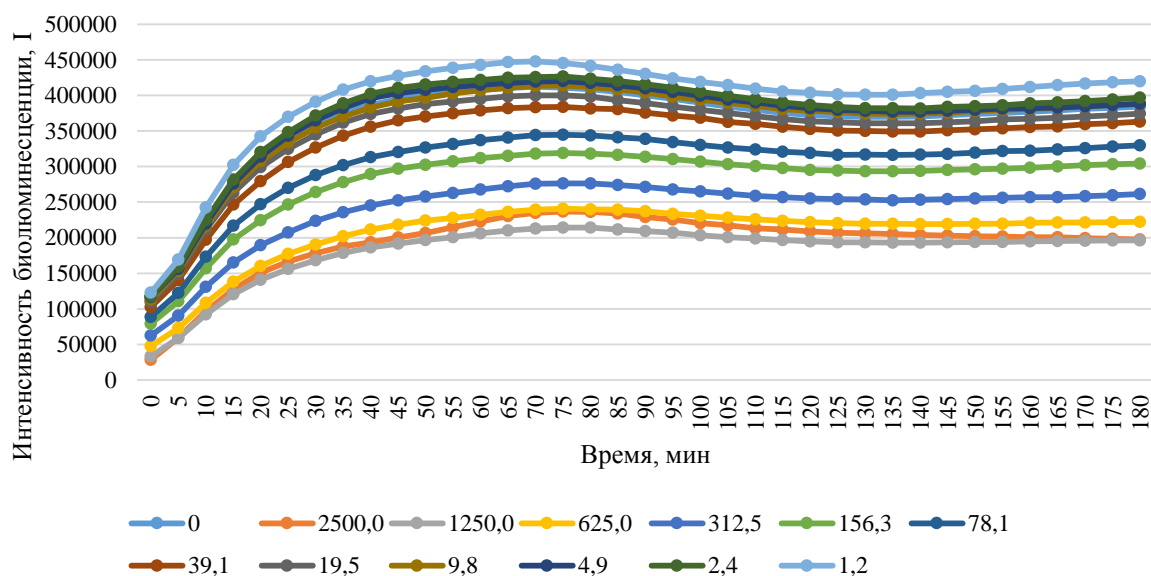




Рисунок 42 – Динамика биолуминесценции бактериального штамма *Escherichia coli* K12 TG1 в рубцовой жидкости при различных концентрациях железа.

При оценке относительного значения биолуминесценции с использованием хрома в дозировках 0,005 мг/мл и 1,0 мг/мл отмечено, что во

всех изученных дозировках хром не обладает токсичностью, о чем свидетельствуют данные, вызывающие гашение биолюминесценции свыше 50 % и 100 %. Значение индекса токсичности наглядно свидетельствует о снижении токсичных свойств суспензии с уменьшением в ней доли хрома (таблица 98). На первой минуте эксперимента токсичность в максимальной дозе 1,0 мг/мл составила 44 %, а к концу третьего часа в данной дозировке 23,5 %. Самой низкой токсичностью обладала дозировка 0,001 мг/мл, на первой минуте она составила 3 %, а в конце эксперимента 1,3 %.

Таблица 98 - Токсикологические характеристики при различном времени контакта хрома с клетками люминесцирующих микроорганизмов в рубцовой жидкости, %

Время, мин	Концентрация, мкг/мл											
	1000,0	500,0	250,0	125,0	62,5	31,3	15,6	7,8	3,9	2,0	1,0	0,5
0	44,0	22,0	13,9	6,9	10,3	9,6	9,8	8,7	8,5	8,5	3,0	7,6
30	46,1	28,9	21,8	16,3	20,6	19,6	21,0	19,0	19,8	19,7	14,8	15,7
60	28,0	6,8	2,8	1,1	11,9	13,6	15,5	13,9	13,4	12,8	8,1	11,1
90	21,9	10,6	9,8	6,3	12,3	13,1	14,5	12,5	12,5	10,1	6,2	12,3
120	24,3	7,6	4,7	3,6	10,9	12,9	14,8	11,9	11,8	7,8	2,6	8,4
150	22,3	6,5	4,9	4,7	11,5	13,7	15,7	12,1	12,9	7,6	1,3	5,6
180	23,5	9,7	7,4	6,4	12,1	13,9	15,0	11,9	12,9	8,1	1,3	4,8

Примечание: Числовые значения соответствуют величине индекса токсичности Т (%). Цветовая заливка – показателям  - ЕС 50,  - ЕС 20., то есть концентрациям хрома, вызывающим свыше 50 и 20 % тушения биосенсора по сравнению с контролем.

Пробы с концентрациями железа от 5,0 мг/ мл до 0,0024 мг/ мл также демонстрируют отсутствие токсичности (таблица 99). Так дозировка железа 5,0 мг/ кг на первой минуте эксперимента показала токсичность 75,5 %, а на последней минуте эксперимента 48,6 %, а минимальная концентрация 0,0024 мг/мл и на первой минуте продемонстрировала отсутствие токсичности.

Таким образом установлено, что использование минеральных препаратов хрома и железа в сочетании с рубцовой жидкостью приводит к ингибированию их токсичности по отношению к тест-объекту. Соответственно, на основании отсутствия токсичного эффекта, использование

хрома и железа в представленных дозировках, как источников микроэлементов в кормлении жвачных животных, перспективно.

Таблица 99 - Токсикологические характеристики при различном времени контакта железа с клетками люминесцирующих микроорганизмов в рубцовой жидкости

Время, мин	Концентрация, мкг/мл											
	5000,0	2500,0	1250,0	625,0	312,5	156,3	78,1	39,1	19,5	9,8	4,9	2,4
0	75,9	71,7	59,1	46,8	32,3	24,4	12,5	6,2	3,6	0,6	-0,1	-4,9
30	50,4	53,2	47,0	37,9	26,6	20,0	9,2	4,0	1,4	-1,5	-3,3	-8,7
60	45,4	49,5	43,0	34,4	23,6	17,4	7,1	3,1	0,2	-1,7	-3,4	-8,5
90	42,7	47,7	40,7	32,2	21,6	15,3	6,1	2,7	-1,0	-2,5	-3,9	-7,5
120	44,0	47,7	40,5	31,6	20,8	14,5	5,4	2,4	-1,5	-2,4	-3,7	-8,3
150	46,0	48,2	41,3	31,7	20,8	14,6	5,8	2,8	-1,1	-1,5	-2,9	-8,6
180	48,6	49,0	42,1	32,0	20,8	14,2	5,5	2,6	-0,9	-1,0	-3,3	-9,2

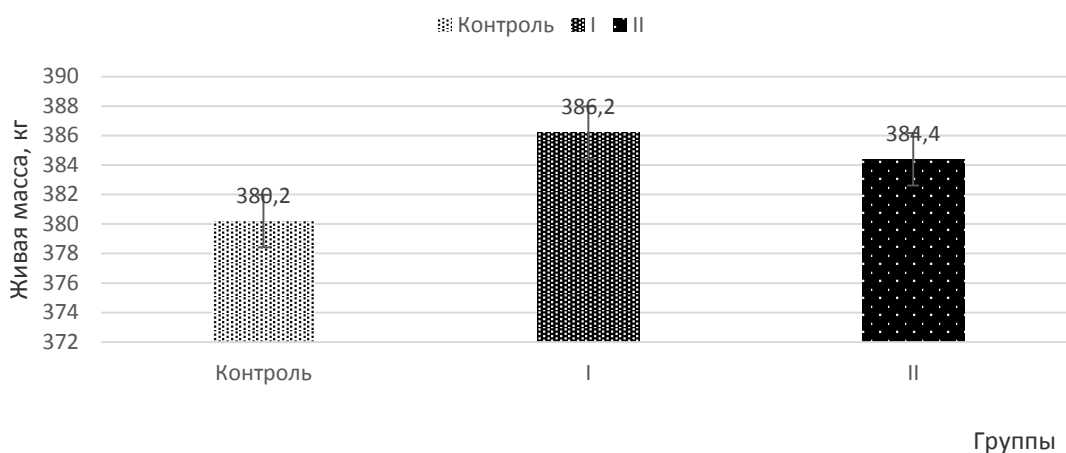
Примечание: Числовые значения соответствуют величине индекса токсичности Т (%). Цветовая заливка – показателям ■ - ЕС 75, ■ - ЕС 50, ■ - ЕС 20., то есть концентрациям железа, вызывающим свыше 75, 50 и 20 % тушения биосенсора по сравнению с контролем.

3.3.4 Мясная продуктивность опытных бычков

Мясные качества животных еще при жизни характеризуются комплексом показателей. В то же время объективную оценку уровня мясной продуктивности и качества продукции можно дать лишь после проведения контрольного убоя.

Для более полного изучения влияния дополнительного введения подопытным бычкам при выращивании минеральных элементов хрома и железа был проведен контрольный убой 3 голов бычков из каждой группы в 15 месячном возрасте: контрольная группа получала стандартный рацион, I опытная группа дополнительно хром в дозировке 200 мкг/кг СВ рациона, II опытная группа – железо в дозировке 1,4 мг/кг СВ рациона в течение 14 дней при постановке на откорм в 10 месячном возрасте.

Из полученных данных видно, что по предубойной живой массе бычки опытных групп различались при сравнении с контролем на 1,1-1,6 % в сторону увеличения (рисунок 43).



Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Рисунок 43 – Живая масса бычков в 15-месячном возрасте, кг

Результаты контрольного убоя показали, что от бычков I и II групп получены тяжеловесные, хорошо обмускуленные туши (таблица 100). Однако полученные экспериментальные данные позволяют констатировать, что наилучшими убойными качествами характеризовались бычки I опытной группы. Они превосходили сверстников из контрольной и II группы по предубойной массе на 4,0 кг и 1,8 кг, соответственно, по массе парной туши на 5 кг и 1,6 кг ($p \leq 0,05$), по выходу туши на 0,5 % и 0,1 % и убойному выходу на 0,5 % и 0,2 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 100 – Мясная продуктивность бычков при включении в рацион хрома и железа, $M \pm m$ ($n=16$)

Показатели	Группы		
	Контроль	I	II
Предубойная масса, кг	380,2±13,43	386,2±9,34	384,4±10,51
Масса парной туши, кг	201,4±5,86	206,4±4,64*	204,8±5,47
Масса внутреннего жира, кг	12,6±0,38	13,1±0,21	12,9±0,46
Выход туши, %	52,9±3,48	53,4±2,04	53,3±1,85
Выход внутреннего жира, %	3,32±0,142	3,39±0,216	3,36±0,134
Убойная масса, кг	214,0±7,55	219,5±6,46	217,7±6,68
Убойный выход, %	56,3±1,22	56,8 ± 1,72*	56,6±1,40*

Примечание: * - $P \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Таким образом, результаты контрольного убоя показывают, что дополнительное включение в рацион бычков минеральных препаратов хрома и железа ускоряет развитие организма животных, что приводит к формированию более скороспелых животных и увеличению убойного выхода.

Важную роль в формировании мясной продуктивности играют внутренние органы, их развитие и масса. Известно, что с возрастом животных абсолютная масса всех органов увеличивается, а относительная – уменьшается, лучшее развитие внутренних органов обеспечивает и более высокий уровень обменных процессов в организме животного, позволяет получать более высокий уровень продуктивности при эффективном использовании кормов. Абсолютная масса внутренних органов при убое свидетельствует о развитии и физиологической зрелости исследуемых животных (таблица 101).

Анализируя данные массы внутренних органов, полученные при убое животных, выявлено, что у бычков I группы относительно контроля весовые показатели сердца были больше на 8,9 %; печени – на 4 %; легких – на 10,4 %; селезенки – на 6,9 %; почек на – 9 % и языка на 8,1 %. Абсолютная масса субпродуктов от бычков II группы также имела тенденцию к увеличению относительно данных показателей в контрольной группе.

Таблица 101 – Масса субпродуктов I категории, полученных при убое животных при использовании в рационе хрома и железа, $M \pm m$ (n=16), кг

Показатели	Группы		
	Контроль	I	II
Сердце	1,94±0,08	2,13±0,06	2,02±0,07
Печень	6,42±0,21	6,69±0,22	6,66±0,19
Легкие	1,90±0,078	2,12±0,101	2,02±0,089
Селезенка	0,95±0,046	1,02±0,062	1,01±0,047
Почки	1,22±0,060	1,34±0,074	1,29±0,068
Язык	1,48±0,062	1,61±0,060	1,58±0,066

Важным количественным и качественным показателем мясной продуктивности является морфологический состав туш, который определяется

соотношением мышечной, жировой и костной тканей (таблица 102). Известно, что самая ценная часть туши – ее мышечная ткань и от ее развития в основном зависит уровень мясной продуктивности. Соотношение мякоти и костей, сортность туши и ее отдельных отрубов зависит от породы, возраста, пола, уровня кормления, условий и способа содержания, а также наследственных качеств животных. В результате проведенной обвалки установлено, что в туше бычков опытных групп абсолютной массы мякоти оказалось больше на 6,1 кг и 2,6 кг соответственно в I и II группах. По массе костей опытные группы превосходили контроль всего на 0,7-0,8 кг. Масса сухожилий в I и II группах превышала контроль на 3,9 % и 1,3 %.

Достоинства животных определяются также отношением массы мякоти к массе костей в туше (индекс мясности). Индекс мясности у бычков I группы был 4,7, что свидетельствует о более высоком значении этого индекса относительно контроля (в контроле 4,6).

Самое высокое значение отношения съедобной части туши к несъедобной было зафиксировано у бычков II группы и составило 3,98, в I группе данный показатель был равен 3,95, что выше, чем в контроле, на 0,19.

Таблица 102 – Морфологический состав туш подопытных животных при использовании в рационе хрома и железа, $M \pm m$ (n=16)

Группа	Масса охлажденной туши, кг	Мякоть		Кости		Сухожилия		Индекс мясности	Отношение съедобной части к несъедобной
		кг	%	кг	%	кг	%		
Контроль	198,0± 6,712	157,0± 5,860	79,0± 3,380	34,2± 1,624	17,2± 0,925	7,6± 0,623	3,8± 0,414	4,6± 0,428	3,8±0,297
I	203,4± 5,752	163,1± 4,637	80,2± 2,420	35,0± 1,542	17,2± 0,878	7,9± 0,579	3,8± 0,399	4,7± 0,386	3,8±0,310
II	201,2± 5,623	159,6± 4,890	79,3± 2,741	34,9± 1,603	17,3± 0,926	7,7± 0,606	3,8± 0,372	4,6± 0,467	3,8±0,411

Морфологический состав туш бычков обеих групп в процентном отношении представлен на рисунке 44.

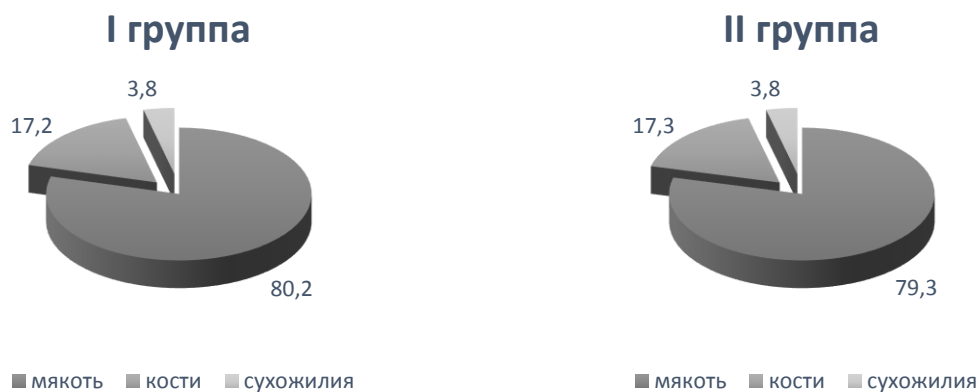


Рисунок 44 – Морфологический состав туш бычков опытных групп, %

Анализируя представленные на рисунке данные, следует отметить, что процентное содержание сухожилий и костей в тушах бычков было примерно на одном уровне, а масса мякоти на 0,9 % оказалась выше в I опытной группе при сравнении со II группой. Высокий выход мякоти и низкий процент костей в тушах бычков опытных групп объясняется повышенной их способностью откладывать жир.

Таким образом, результаты наших исследований показывают, что включение в рационы бычков минеральных препаратов хрома и железа оказывает позитивное влияние на количественный и качественный состав туш бычков.

Химический состав мяса зависит от вида животного, его породы, пола, возраста, упитанности, условий кормления и содержания, структуры и состава рациона. На химический состав мяса также оказывает влияние предубойное состояние животного, степень обескровливания, время, прошедшее после убоя, условия хранения и другие факторы, под воздействием которых происходят постоянные изменения в содержании и качественном составе компонентов тканей.

Качество мяса обусловлено различным соотношением в нем основных компонентов – белка, жира, воды и минеральных веществ. Химический состав обуславливает пищевую, биологическую, энергетическую ценность и вкусовую характеристику мяса.

С целью наиболее полной качественной оценки мякотной части туши бычков были проведены исследования по определению химического состава средней пробы мяса-фарша (таблица 103).

Таблица 103 – Химический состав средней пробы мякоти, %

Группа	Показатель			
	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Контроль	19,5±1,24	17,4±0,78	1,12±0,13	0,95±0,021
I	22,4±0,63	19,9±0,89	1,45±0,088	0,98±0,015
II	22,1±0,59	19,7±0,63	1,38±0,065	0,97±0,017

На основании полученных данных следует, что по химическому составу средняя проба мякоти туш молодняка крупного рогатого скота I опытной группы по сравнению с контрольной группой отличалась более высокими показателями сухого вещества (на 2,9 %), протеина (на 2,56 %) и жира (на 0,33 %). Показатели химического состава мякоти бычков II группы оказались чуть ниже, чем в I группе, а относительно контроля превосходили по сухому веществу на 2,6 %, протеину на 2,34 % и жиру на 0,26 %. Соотношение белка и жира у бычков контрольной группы составило 15,5; у I группы – 13,8; а у II – 14,3. Содержание минеральных веществ в мясе представлено в таблице 104.

Анализ содержания химических элементов в мясе бычков, в рацион которых вводили хром, показал достоверное увеличение в мякоти Mg, Ca, K, Mn, Co на 24,1 % ($p \leq 0,05$), 39,3 % ($p \leq 0,05$), 18,8 % ($p \leq 0,01$), 75,7 % ($p \leq 0,01$), 54,5 % ($p \leq 0,05$) соответственно при сравнении с контролем.

Дополнительное включение железа в рацион бычков II группы способствовало увеличению в мясе Na на 15,2 % ($p \leq 0,05$), Mg на 29,7 % ($p \leq 0,05$), Ca на 37,4 % ($p \leq 0,05$), K на 18,4 % ($p \leq 0,05$), Fe на 8,2 % и Zn на 0,5 % при недостоверных различиях. В отношении эссенциальных и условно-эссенциальных элементов была выявлена тенденция к увеличению в опытной группе относительно контроля, так отмечено достоверное повышение концентрации в мясе Mn и Co на 79,1 % ($p \leq 0,01$) и 50 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 104 – Концентрация химических элементов в мякоти подопытных животных ($M \pm m$), мг/кг

Химический элемент	Группы		
	Контроль	I	II
Макроэлементы			
Na	2193,87±116,24	2498,58±112,54	2587,56±116,88*
Mg	929,38±97,39	1224,57±82,31*	1321,22±126,54*
Ca	149,08±20,73	245,42±22,12*	238,14±19,54*
Fe	107,69±5,92	110,54±6,12	117,32±8,41
Zn	233,76±12,62	232,84±10,22	234,82±11,54
K	2601,12±134,55	3204,16±124,22*	3187,33±127,13*
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы			
Li	0,98±0,079	1,14±0,086	1,16±0,072
Mn	0,86±0,31	3,54±0,49**	4,11±0,69**
Co	0,05±0,013	0,11±0,018*	0,10±0,009*
Ni	0,32±0,045	0,41±0,029	0,41±0,062
Cu	5,60±0,29	6,12±0,41	5,72±0,36
Ba	0,39±0,02	0,45±0,04	0,42±0,03
Cr	0,39±0,03	0,42±0,04	0,38±0,05
Токсичные элементы			
Al	17,45±1,26	12,32±0,92*	13,48±0,96*
Sr	0,79±0,066	0,54±0,04*	0,53±0,056*
Cd	0,22±0,01	0,21±0,018	0,19±0,02
Pb	5,51±0,29	4,91±0,40	4,88±0,12

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Использование в рационе бычков минеральных препаратов хрома и железа не повышало относительно контроля уровень токсичных элементов, а в отношении Al и Sr отмечено снижение в опытных группах: в I группе на 29,4 % и 31,6 % ($p \leq 0,05$), во II группе на 22,8 % и 32,9 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Таким образом, дополнительное включение в рацион молодняка крупного рогатого скота на откорме минеральных компонентов хрома и железа способствовало увеличению живой массы бычков, повышению среднесуточных приростов и как следствие повышению массы туш и убойному выходу. По сравнению с контрольной группой опытные группы отличались более высокими показателями сухого вещества в мясе на 2,6-2,9 %, протеина на 2,34-2,56 % и жира на 0,26-0,33 %. Мясо, полученное от

бычков опытных групп, отличалось содержанием большинства эссенциальных, условно-эссенциальных и макроэлементов, а используемые хром и железо незначительно откладывались в мышечной ткани и к убою животных уровень их содержания в мясе относительно контрольной группы изменялся незначительно, что свидетельствует о их участии в метаболизме.

3.4 Влияние дополнительного включения в рационы микроэлементов на фоне белковых рационов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота

Результаты экспериментов in vitro при дополнительном включении в белковые рационы хрома. Анализ таксономического состава микроорганизмов в РЖ при дополнительном включении протеинового компонента показал наличие 17 филумов, 35 классов и 67 семейств (рисунок 45, А). Преобладающими были 3 филума - *Bacteroidetes* (48,29±0,64 %), *Firmicutes* (19,63±0,49 %) и *Proteobacteria* (9,68±0,31 %) и *Verrucomicrobia* (14,94±0,49 %). Доминирующими семействами явились *Ruminococcaceae*, *Lachnospieraceae*, неклассифицированные "*Bacteroidales*", *Succnivibrionaceae*, *Subdivision5*. Наличие белкового компонента увеличивало численность представителей рода *Prevotella*, участвующих непосредственно в расщеплении протеиновых компонентов.

Использование добавки хрома на фоне белкового рациона не оказывало существенного влияния на таксономический состав микробиома РЖ. В данной опытной пробе также доминирующими филумами были *Bacteroidetes* (57,53±0,94 %), *Firmicutes* (15,27±0,34 %), *Proteobacteria* (8,80±0,74 %) и *Verrucomicrobia* (11,22±0,92 %), однако в количественном отношении данная добавка изменяла соотношение отдельных бактериальных сообществ относительно контрольной группы. Так, численность представителей филума *Bacteroidetes* была выше на 16,1 %, а *Firmicutes*, *Proteobacteria*,

Verrucomicrobia ниже на 22,2 %, 9,1 % и 24,9 % соответственно относительно контрольных значений.

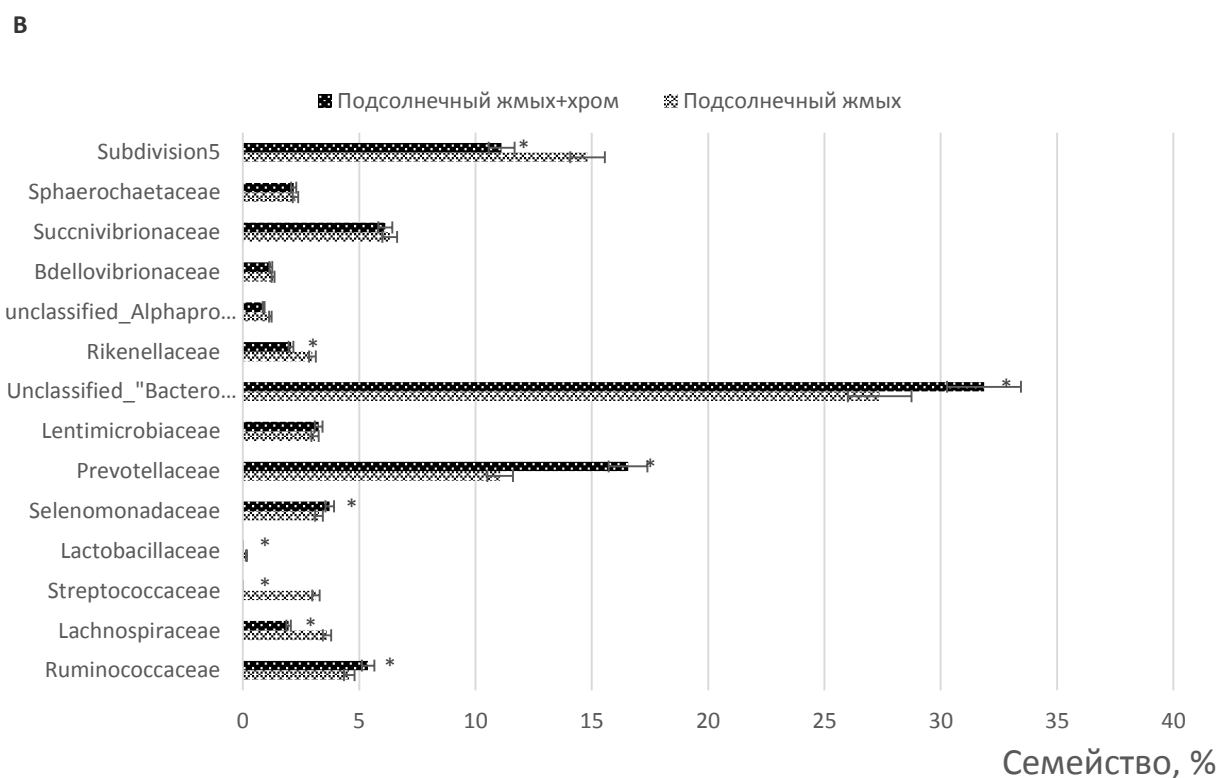
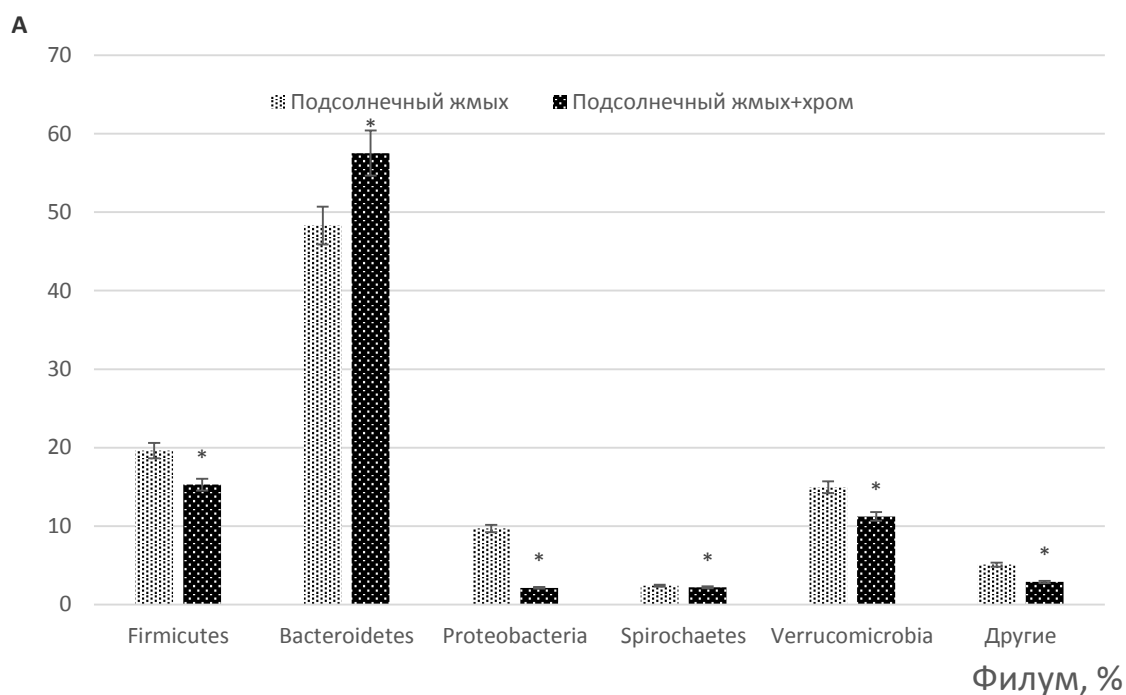


Рисунок 45 - Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, с дополнительным включением хрома, на фоне белковых рационов, %: А – на уровне филума; В – на уровне семейства

Оценка на уровне семейства показала, что и при введении отдельно протеиновой добавки и в комплексе с хромом доминирующими семействами оказались *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_Bacteroidales*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae* (рисунок 45, В). Разница в численном составе идентичных семейств между группами была следующей: при использовании УДЧ оксида хрома увеличивалось количество представителей *Ruminococcaceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae* на 9,1 %, 9,4 %, 20,8 %, 1,2 % соответственно, уменьшилась численность *Lachnospiraceae*, *Unclassified_Bacteroidales*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae* на 83,7 %, 0,7 %, 2,4 % и 2,7 % соответственно относительно образцов с использованием белкового компонента.

Рассматривая корреляционную зависимость при использовании основного рациона выявлена высокая зависимость переваримости СВ в рубце от наличия *unclassified_Bacteroidaceae* ($r=0,88$), средняя между *Clavibacter* и уксусной кислотой ($r=0,70$), *Fournierella* и капроновой кислотой ($r=0,78$), *unclassified_Bacteroidaceae* и общим азотом ($r=0,76$) (таблица 105).

Таблица 105 – Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков (основной рацион)

Показатели	Уксусная кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
<i>Clavibacter</i>	0,70	0,41	0,16	-0,01	0,24	0,19	-0,11	-0,37
<i>Fournierella</i>	0,19	0,78	0,31	-0,01	-0,08	0,13	-0,22	-0,01
<i>Haloquadratum</i>	-0,14	0,34	-0,27	-0,16	-0,51	-0,17	0,34	0,88
<i>unclassified_Bacteroidaceae</i>	0,05	0,23	0,76	-0,12	0,20	0,20	-0,73	0,16
<i>unclassified_Puniceicoccaceae</i>	-0,24	-0,11	0,25	0,41	0,19	-0,73	-0,13	0,09

При включении УДЧ хрома в рационы с белковыми концентратами, в частности с соевым шротом, высоких корреляционных связей не отмечалось. Средняя взаимосвязь была отмечена между *Acetatifactor* и уксусной кислотой

($r=-0,76$), *Methanobacterium* и валерьяновой кислотой ($r=0,76$), *Asteroleplasma* и капроновой ($r=0,65$), *Massiliprevotella* и капроновой ($r=-0,78$), белковым азотом и *Anaerorhabdus* ($r=-0,74$), и *Asteroleplasma* ($r=0,72$), и *unclassified_Kiloniellaceae* ($r=0,85$), *Obelidium* и небелковым азотом ($r=0,70$), *Ottowia* и аммиачным азотом ($r=-0,78$) (таблица 106).

Таблица 106 – Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков (рацион с соевым шротом и дополнительным включением хрома)

Показатели	Уксу сная кисл ота	Валерья новая кислота	Капро новая кислот а	Общ ий азот	Белко вый азот	Небелк овый азот	Аммиа чный азот	Мочевин ный азот	Перевари мость СВ в рубце
Acetatifactor	-0,76	0,22	0,05	-0,01	-0,10	0,31	0,23	0,17	-0,23
Anaerorhabdus	0,24	0,17	-0,17	-0,27	-0,74	-0,39	0,22	0,26	-0,20
Asteroleplasma	0,36	-0,23	0,65	-0,03	0,72	-0,32	0,08	-0,33	-0,04
Massiliprevotella	-0,09	-0,24	-0,78	0,10	0,19	-0,38	-0,34	-0,07	0,12
Methanobacterium	-0,26	0,76	0,19	0,09	0,08	0,40	0,12	-0,14	0,04
Obelidium	0,12	0,11	-0,13	0,22	-0,08	0,70	0,19	-0,21	-0,24
Olsenella	0,19	-0,73	-0,03	-0,05	0,21	-0,02	0,00	0,17	-0,18
Ottowia	0,34	-0,13	-0,07	-0,01	-0,41	0,10	-0,78	0,18	0,17
Prevotella	0,34	0,80	0,47	0,28	0,25	-0,26	-0,08	-0,14	-0,24
unclassified_Kiloniellaceae	0,13	0,28	-0,35	0,21	0,85	0,09	0,08	0,06	0,06
unclassified_Ruminococcaceae	0,23	-0,71	0,07	-0,41	0,10	-0,05	0,42	0,07	-0,21

При использовании в рационе бычков подсолнечного жмыха и дополнительно УДЧ хрома выявлена высокая отрицательная связь между *unclassified_Erysipelotrichaceae* и концентрацией уксусной кислоты ($r=-0,88$), *Fusicatenibacter* и пропионой кислотой ($r=0,82$), *Fournierella* и аммиачным азотом ($r=-0,86$).

Положительная средняя корреляция отмечалась между *Olsenella* и уксусной кислотой ($r=0,72$), *Ruminococcus* и пропионовой ($r=0,73$), *Methanomassiliicoccus* и валерьяновой ($r=0,72$), *Fournierella* и капроновой ($r=0,59$), *Olsenella* и общим азотом ($r=0,52$) (таблица 107).

Таблица 107 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков (рацион с подсолнечным жмыхом и дополнительным включением хрома)

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Переваримость СВ в рубце
Acetatifactor	-0,75	0,31	0,03	0,32	0,06	-0,03	0,22	-0,11	-0,24
Elusimicrobium	0,23	-0,28	0,31	-0,08	-0,73	-0,25	-0,11	0,36	-0,04
Fournierella	-0,13	-0,57	0,41	0,59	0,22	0,08	0,01	-0,86	0,25
Fusicatenibacter	-0,01	0,82	-0,10	-0,13	0,41	-0,05	-0,18	-0,15	0,15
Methanomassiliicoccus	-0,24	-0,01	0,72	-0,06	-0,17	0,03	0,01	0,14	0,02
Olsenella	0,72	0,00	0,00	-0,58	0,52	0,03	-0,33	-0,22	0,13
Ruminococcus	-0,14	0,73	-0,31	-0,25	-0,22	-0,16	0,34	0,37	-0,20
unclassified_Erysipelotrichaceae	-0,88	0,06	0,47	-0,32	-0,17	0,18	-0,16	-0,07	-0,19
unclassified_Peptococcaceae	-0,01	-0,01	-0,32	0,03	-0,16	0,01	0,01	0,72	0,40
unclassified_Ruminococcaceae	0,19	-0,30	0,75	0,30	-0,04	-0,05	-0,19	-0,29	-0,27

Дополнительное включение хрома в белковые рационы относительно контрольной группы показали увеличение переваримости СВ на 3,2 % в присутствии соевого шрота и на 6,4 % подсолнечного жмыха ($p \leq 0,05$) (рисунок 46).

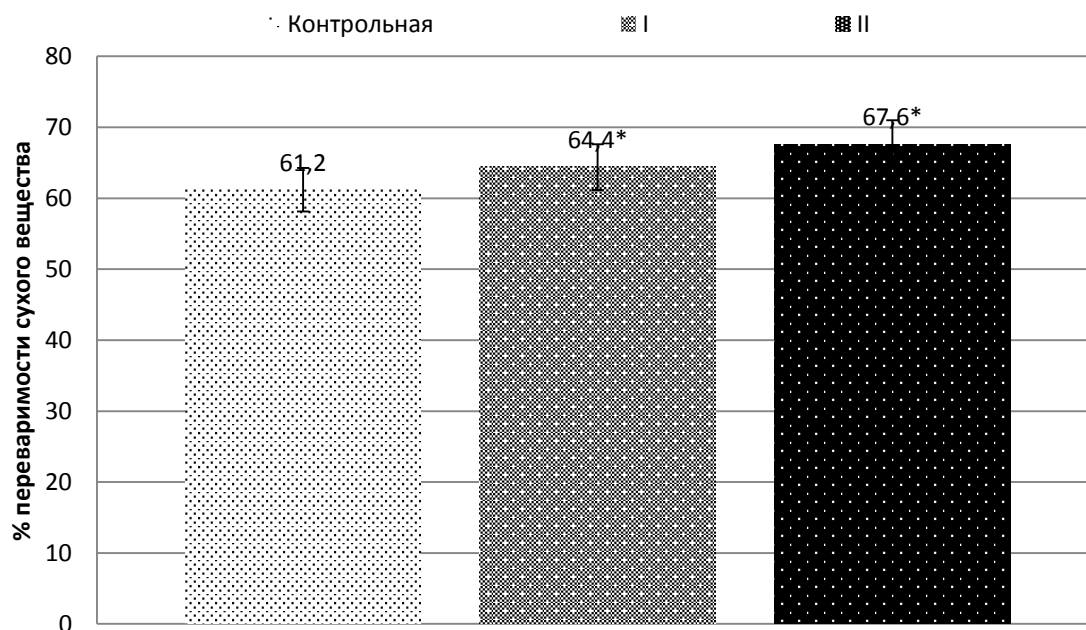


Рисунок 46 - Переваримость сухого вещества протеиновых рационов при дополнительном включении хрома, %

Для изучения метаболических процессов, протекающих в «искусственном рубце» на фоне белковых рационов с включением хрома, нами были сформированы 5 групп: контрольная и четыре опытные, I и II содержали белковые концентраты – подсолнечный жмых и соевый шрот, а III и IV соответствующие белковые компоненты, но в сочетании с хромом.

В рубцовой жидкости конечным продуктом сбраживания углеводов являются ЛЖК. При высокой интенсивности бродильных процессов в рубце больший процент поступающих углеводов подвергается расщеплению, что приводит к количественному увеличению микробиоты рубца и, следовательно, повышению концентрации ЛЖК.

В ходе исследований *in vitro* установлено, что уровень ЛЖК в образцах при введении хрома на фоне использования белков был различным (рисунок 47). Так, в контрольной группе был отмечен достаточно низкий уровень ЛЖК, за исключением капроновой кислоты, однако ее уровень был ниже, чем в опытных группах. Белковые рационы повышали уровень ЛЖК в РЖ, а включение хрома на фоне использования подсолнечного жмыха способствовало увеличению концентрации уксусной кислоты на 82,1 %, пропионовой на 67,7 %, масляной на 78,3 % ($p \leq 0,05$), капроновой кислоты на 54,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных значений. Добавление соевого шрота с хромом также увеличивало концентрацию летучих жирных кислот в РЖ, однако данная концентрация была немного меньше, чем в группе с соевым шротом. В сравнении с контролем уровень ацетата был выше на 79,2 %, пропионата на 54,5 %, бутирата на 76,2 % ($p \leq 0,05$), капроновой кислоты на 46,7 % ($p \leq 0,05$). Уровень валерьяновой кислоты в опытных и контрольной группах имел одинаковые значения.

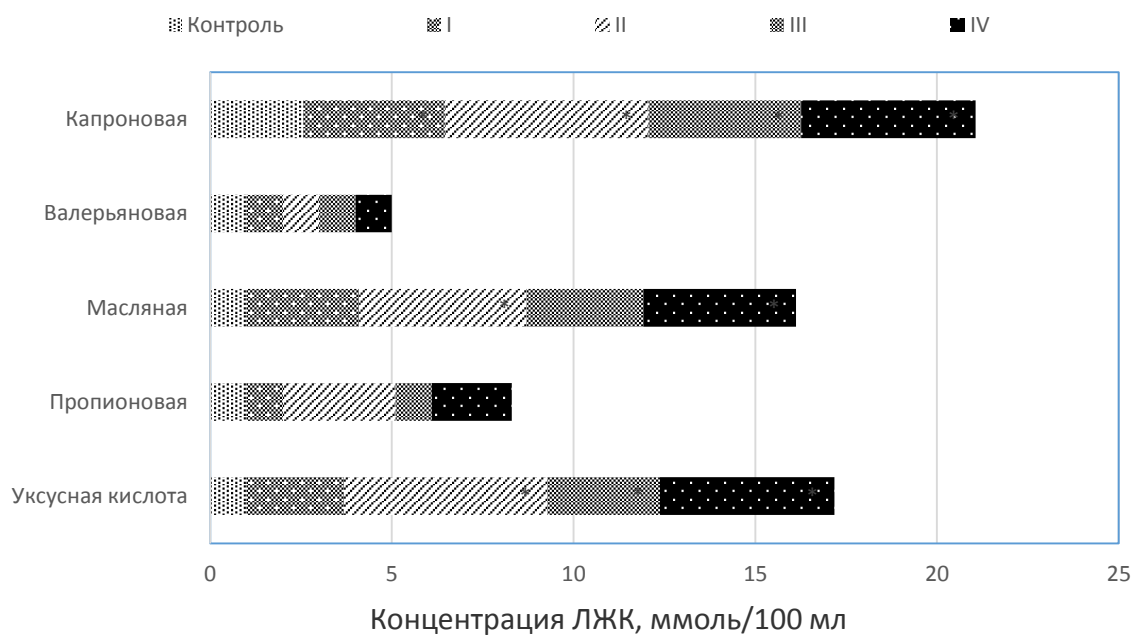


Рисунок 47 – Концентрация ЛЖК при использовании хрома в белковых рационах, ммоль/100 мл

Содержание азотистых компонентов рубцовой жидкости (РЖ) является одним из показателей степени усвояемости азота корма, а также общей направленности процессов рубцового пищеварения. Использование на фоне белковых рационов хрома оказывало усиление метаболизма азота в рубцовой жидкости (рисунок 48). Включение протеиновых компонентов в рацион способствовало увеличению общего и белкового азота в I группе на 1,9 % и 4,8 %, во II группе на 1,5 % и 3,7 % соответственно относительно контроля. При введении хрома уровень общего и белкового азота увеличился в III группе на 3,8 % и 9,5 %, в IV группе на 4,3 % и 7,4 % соответственно. Уровень небелкового, аммиачного и мочевинового азота в опытных группах относительно контроля снижался.

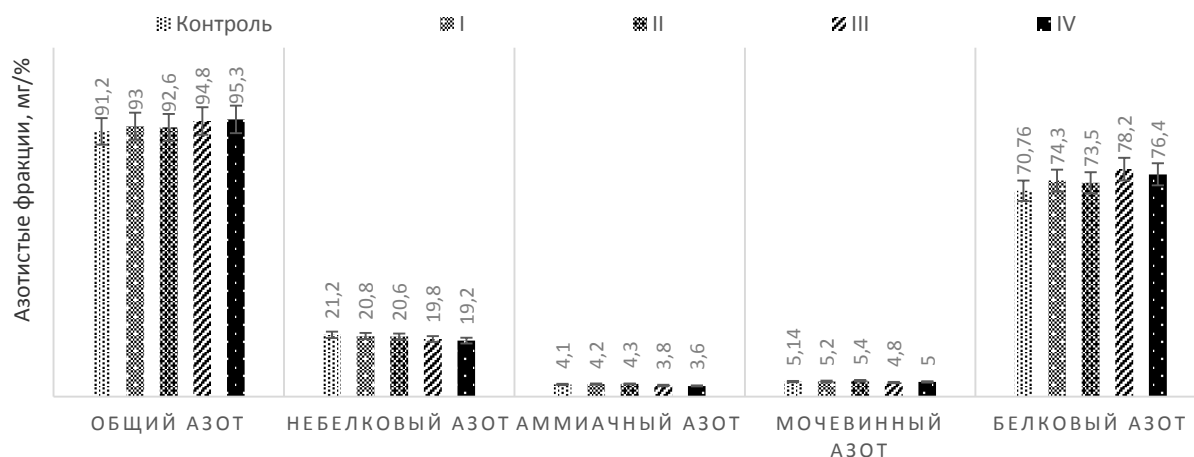


Рисунок 48 – Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении белков и УДЧ, мг/%.

Включение в рацион хрома как катализатора обменных процессов сопровождается повышением общего азота на 1,8-2,7 % и белкового азота на 2,9-3,9 % в рубцовой жидкости, и увеличением общей концентрации ЛЖК, что способствует повышению переваримости СВ на 3,2-6,4 %.

Таким образом, отметим, что включение белковых компонентов в рацион способствовало увеличению численности представителей филума *Bacteroidetes*, ответственных за переваривание белковой пищи, а при дополнительном включении хрома численность микроорганизмов данного филума еще больше повышалась, способствуя лучшей переваримости сырого протеина в рационе, о чем свидетельствует повышение коэффициента переваримости СП в данной группе на 9,7 %.

3.4.1 Влияние дополнительного включения в рационы хрома на обмен веществ и энергии в организме молодняка крупного рогатого скота

Метагеномный анализ микробиома толстого отдела кишечника крупного рогатого скота при дополнительном включении хрома. Заселяющая ЖКТ микрофлора обеспечивает переваримость и усвояемость питательных веществ и оказывает влияние на течение метаболических процессов в организме. Микробиота кишечника формирует высокую степень

резистентности по отношению к патогенным микроорганизмам. Обогащение рационов дополнительными высокопитательными компонентами приводит к дисбалансу количественного и качественного состава микробиома и его адаптацию к новым ингредиентам. При изучении генетического разнообразия кишечной микрофлоры молодняка крупного рогатого скота выявлено численное доминирование представителей филума *Firmicutes* (44,3 % от общего числа особей всех видов), вторым по численности отмечен филум *Bacteroidetes* – 40,8 %, на долю филума *Proteobacteria* пришлось 14 %, численность бактерий других филумов не превышала 1 %. В контрольной группе установлено наличие 8 филумов, а общее число бактериальных последовательностей составило 23989. На уровне семейства преобладающими оказались *Ruminococcaceae* (28,7 %), *unclassified_“Bacteroidales”* (18,6 %), третьим – *Enterobacteriaceae* (13,6 %), далее – семейства *Bacteroidaceae* (11,9 %), *Lachnospiraceae* (7,8 %), *Prevotellaceae* (5,3 %), *unclassified_Clostridiales* (3,8 %), *Porphyromonadaceae* (3,6 %). Численность других семейств в совокупности составила 39,16 % (*Rikenellaceae*, *unclassified Firmicutes*, *Bifidobacteriales*, *Erysipelotrichaceae*, *Peptostreptococcaceae* и другие).

При дополнительном введении в рацион белкового компонента – подсолнечного жмыха отмечено наличие 6 филумов, доминирующими филумами также оказались *Firmicutes* (48,2 % от общего числа особей всех видов), *Bacteroidetes* (36,8 %), *Proteobacteria* (12,7 %). Введение подсолнечного жмыха способствовало снижению численности микробиоты на 23,7 % относительно контроля ($p \leq 0,05$), при этом численность представителей семейства *Ruminococcaceae* относительно контроля снизилась на 24,1 %, при этом численность *unclassified_Clostridiales* в данном образце была выше на 19 %, чем в контроле. Также отмечено повышение численности *Lachnospiraceae* на 14 % и *Bifidobacteriales* на 40,2 % по сравнению с контрольным образцом. Также в данном образце не были обнаружены представители *Synergistetes* и *Planctomycetes* (рисунок 49).

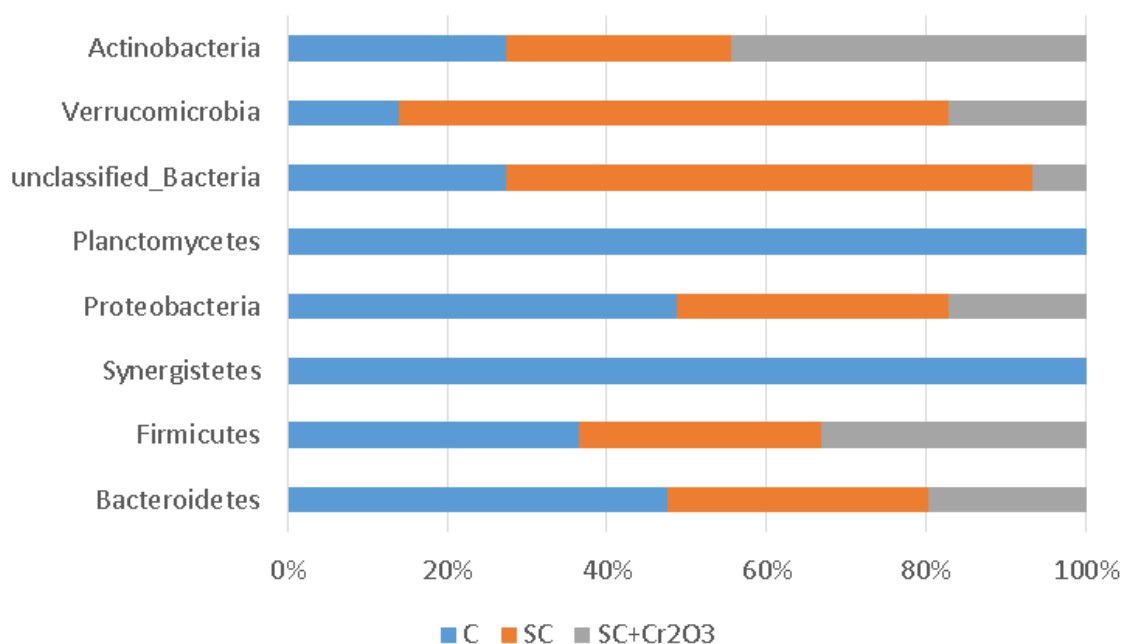


Рисунок 49 – Микрофлора толстого отдела кишечника бычков при дополнительном включении хрома

Дополнительное введение хрома снижало численность бактериальных последовательностей относительно контроля на 36,9 % ($p \leq 0,05$). При этом видовой состав был таким же, как и в I опытной группе, отмечено наличие 6 филумов. Относительно контроля отмечено снижение численности представителей семейства *Ruminococcaceae* на 30 %, численность представителей семейств *unclassified_Clostridiales*, *Lachnospiraceae*, *Bifidobacteriales*, напротив, во II опытной группе повышалось.

Во второй опытной группе дополнительное включение хрома способствовало увеличению численности *Firmicutes* на 8,3 % относительно данных значений в I группе.

Значения параметров α -биоразнообразия в контрольной и I опытной группах показали одинаковые значения по индексам Шеннона (H') и доминирования Симпсона (D), их значения были равны $H'=1,1$, $D=0,38$, при этом показатель выравненности Пиелу (E) в контроле был равен 0,52, а в опытной I группе $E=0,6$. При дополнительном включении хрома индекс Шеннона составил 0,9, индекс Симпсона $D=0,49$, $E=0,5$. Снижение α -

разнообразия фекального микробиома в опытных группах оказывало влияние и на β -разнообразие, так были рассчитаны индексы сходства микробиоценозов Жаккара и Серенсена, они оказались равны $K_{ж}=0,5$ и $K_{с}=0,67$, что свидетельствует о частичном совпадении сообществ в контрольной и опытной группах.

В группе животных, находящихся на основном рационе, средний уровень положительной корреляции был показан между переваримостью органического вещества и *Alistipes* ($r=0,72$) и *unclassified_Actinomycetales* ($r=0,42$), переваримостью БЭВ и *Barnesiella* ($r=0,43$), переваримостью протеина и *unclassified_Actinomycetales* ($r=0,41$). Отрицательная корреляция средней степени была выявлена между *Barnesiella* и переваримостью органического вещества ($r=-0,49$), *unclassified_Actinomycetales* и переваримостью клетчатки ($r=-0,72$) (таблица 108).

Таблица 108 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов основного рациона

Показатели	Переварим ость СВ	Переварим ость ОВ	Переварим ость СП	Переварим ость СЖ	Переварим ость СК	Переварим ость БЭВ
Alistipes	-0,34	0,72	0,05	0,17	0,13	-0,09
Anaeroplasm	0,20	0,29	0,29	0,15	-0,08	-0,01
Barnesiella	-0,01	-0,49	-0,36	-0,33	-0,17	0,43
Cellulosilyticum	0,13	-0,10	-0,37	-0,21	0,26	0,09
unclassified_Actinomycetales	-0,29	0,42	0,41	0,07	-0,72	0,13

Положительная зависимость при дополнительном включении в рацион бычков соевого масла и хрома отмечалась между переваримостью сухого вещества и *Mogibacterium* ($r=0,70$), переваримостью протеина и *Geobacter* ($r=0,43$), клетчатки и *Geobacter* ($r=0,75$), переваримостью БЭВ и *Butyricoccus* ($r=0,45$) и *Flavobacterium* ($r=0,49$). Средняя степень отрицательной зависимости была между *Anaerofilum* и переваримостью органического вещества ($r=-0,45$), *Barnesiella* и протеина ($r=-0,50$), *Veillonella* и протеина ($r=-0,71$), переваримостью жира и *Anaerovorax* ($r=-0,42$) и *Salmonella* ($r=-0,58$),

сырой клетчатки и *Anaerovorax* ($r=-0,70$), *Butyricoccus* ($r=-0,46$), *Flavobacterium* ($r=-0,42$) (таблица 109).

Таблица 109 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона с дополнительным включением соевого масла и УДЧ хрома

Показатели	Переварим ость СВ	Переварим ость ОВ	Переварим ость СП	Переварим ость СЖ	Переварим ость СК	Переварим ость БЭВ
Anaerofilum	0,16	-0,45	0,04	-0,21	0,05	0,13
Anaerovorax	0,00	0,13	0,11	-0,42	-0,70	0,26
Barnesiella	-0,34	-0,18	-0,50	-0,23	-0,34	-0,14
Butyricoccus	-0,05	0,02	0,11	0,00	-0,46	0,45
Coriobacterineae	0,15	-0,09	0,13	-0,37	0,39	0,26
Escherichia/Shigella	0,18	0,17	-0,11	0,31	-0,30	0,31
Flavobacterium	0,03	-0,39	0,37	-0,17	-0,42	0,49
Geobacter	-0,13	-0,22	0,43	0,30	0,75	0,39
Mogibacterium	0,70	-0,02	-0,11	0,04	-0,17	-0,52
Salmonella	0,14	0,37	0,09	-0,58	-0,11	0,22
unclassified_Lachnosp iraceae	0,21	0,01	0,35	-0,22	-0,21	0,08
Veillonella	-0,01	-0,04	-0,71	0,01	-0,16	-0,35

Использование в рационе бычков подсолнечного жмыха и хрома высокая степень корреляции была выявлена между *Intestinimonas* и переваримостью сырого протеина ($r=-0,97$), однако отрицательная. Положительная взаимосвязь средней степени была зафиксирована между переваримостью сухого вещества и *Jeotgalicoccus* ($r=0,64$) и *Paraprevotella* ($r=0,73$), переваримостью органического вещества и *Coprobacillus* ($r=0,46$) и *Ochrobactrum* ($r=0,76$), переваримостью сырого протеина и *Lachnospiracea_incertae_sedis* ($r=0,70$), переваримостью БЭВ и *Coriobacterineae* ($r=0,44$) и *Lachnospiracea_incertae_sedis* ($r=0,58$) (таблица 110).

Таблица 110 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома кишечника и переваримостью питательных компонентов рациона с дополнительным включением подсолнечного масла и УДЧ хрома

Показатели	Переварим ость СВ	Переварим ость ОВ	Переварим ость СП	Переварим ость СЖ	Переварим ость СК	Переварим ость БЭВ
Anaeroplasma	0,04	-0,57	0,21	0,18	-0,08	0,06
Butyrivibrio	-0,22	0,06	-0,11	-0,02	0,09	0,35
Coprobacillus	0,41	0,46	-0,08	0,20	0,16	-0,25
Coriobacterineae	0,04	-0,49	-0,63	0,16	-0,36	0,44
Facklamia	-0,16	-0,17	-0,13	-0,30	-0,26	-0,25
Intestinimonas	0,22	-0,02	-0,97	0,36	-0,25	0,05
Jeotgalicoccus	0,64	0,25	0,27	0,06	0,23	0,29
Lachnospiracea_incert ae_sedis	-0,37	0,03	0,70	-0,31	0,11	0,58
Mobilitalea	-0,07	0,27	-0,28	0,23	-0,33	0,71
Ochrobactrum	-0,18	0,76	-0,09	-0,08	-0,18	-0,02
Paraprevotella	0,73	-0,20	0,39	0,12	0,28	-0,27
unclassified_"Rikenell aceae"	-0,36	0,03	0,08	-0,12	-0,01	0,15
Veillonella	-0,11	-0,05	-0,08	-0,49	-0,05	-0,27

Биохимический анализ сыворотки крови. Для оценки влияния хрома были изучены биохимический анализ крови и активность пищеварительных ферментов панкреатического сока.

Влияние хрома на организм бычков проявился в установленном гипергликемическом эффекте, выраженном в увеличении глюкозы на 10,6 % ($p \leq 0,05$) в опытной группе по сравнению с контрольными значениями (таблица 111).

Триглицериды как истинные жиры увеличились на 14,3 %, что свидетельствует о влиянии хрома на липидный обмен, вызывая расщепление избыточного жира в организме, что подтверждается исследованиями, однако существует и обратный эффект, который выражается в увеличении холестерина и снижении концентрации триглицерида после 12 недель эксперимента.

Снижение активности аминотрансфераз, с одной стороны, может свидетельствовать об отсутствии токсического действия наночастиц хрома на организм, с другой, о нарушении белоксинтезирующей функции печени, что подтверждается снижением уровня белка в плазме крови бычков опытной

группы. В то же время активность протеазы и липазы в дуоденальном химусе увеличилась за счет возможного включения адаптационных механизмов для поддержания гомеостаза липидного и белкового обменов. В то же время дополнительное включение в состав комбикормов УДЧ хрома в дозе 300 мкг/кг корма привело к депрессированию белкового обмена, выраженному в снижении его уровня в опытной группе на 9,6 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 111 – Биохимические показатели крови бычков при дополнительном включении хрома в рацион бычков ($n=15$, $M \pm m$)

Показатели	Группа	
	Контрольная	опытная
Глюкоза, моль/л	5,08±3,2	5,68±2,8
Общий белок, г/л	105,5±3,332	95,6±2,71*
АЛТ, Ед/л	19,4±0,72	17,4±0,87
АСТ, Ед/л	64,1±1,33	59,1±1,66*
Холестерин, моль/л	1,54±0,08	1,28±0,06*
Триглицериды, ммоль/л	0,18±0,009	0,21±0,006*
Щелочная фосфатаза, Ед/л	83,1±8,42	82,2±6,53
Железо, мкмоль/л	17,1±2,18	14,6±1,24
Магний, моль/л	0,75±0,06	0,72±0,087

Примечание: * – результаты являются статистически достоверными ($p \leq 0,05$)

Интересны данные, касающиеся содержания Fe в крови, если при низких уровнях концентрации хром и железо преимущественно занимают различные сайты связывания, то при более высоких они конкурируют за эти сайты, что проявилось в снижении метаболизма железа в опытной группе.

Анализ реакции аминотрансфераз как индикатора наличия повреждения в клетках установил снижение активности АСаТ и АЛаТ в опытной группе 10,4 % и 7,9 % соответственно. Показатели щелочной фосфатазы и магния в группах были практически на одном уровне, на фоне снижения железа на 14,7 % по сравнению с контрольными значениями.

Учитывая сложные механизмы пищеварения у крупного рогатого скота, нельзя исключать участия хрома в обменных процессах, что было продемонстрировано при динамике активности пищеварительных ферментов в химусе (таблица 112).

Таблица 112 – Активность ферментов дуоденального химуса (n=15, M±m)

Показатели	Время отбора		
	до кормления	после 1 ч	после 3 ч
	Амилаза, Ед/л		
1 день	<u>4,8±0,21</u>	<u>3,3±0,32</u>	<u>0,9±0,16</u>
	5,9±0,32*	3,76±0,21	2,1±0,34*
2 день	<u>6,9±0,56</u>	<u>4,8±0,64</u>	<u>2,1±0,42</u>
	7,3±0,68	4,66±0,33	1,3±0,18
3 день	<u>9,21±1,15</u>	<u>4,3±0,35</u>	<u>1,4±0,54</u>
	14,28±1,23*	5,2±0,24	3,9±0,94
Протеаза, Ед/л			
1 день	<u>2,2±0,26</u>	<u>2,6±0,25</u>	<u>1,4±0,24</u>
	2,91±0,21	3,02±0,86	1,9±0,16
2 день	<u>3,2±0,38</u>	<u>3,1±0,33</u>	<u>1,8±0,36</u>
	5,1±0,60*	5,42±0,72*	3,1±0,49
3 день	<u>2,4±0,18</u>	<u>2,1±0,21</u>	<u>1,1±0,08</u>
	2,27±0,23	2,35±0,17	1,37±0,09
Липаза, Ед/л			
1 день	<u>0,17±0,05</u>	<u>0,32±0,07</u>	<u>0,12±0,01</u>
	0,18±0,02	0,57±0,09	0,14±0,02
2 день	<u>0,21±0,04</u>	<u>0,43±0,06</u>	<u>0,21±0,02</u>
	0,32±0,07	0,72±0,10*	0,17±0,03
3 день	<u>0,67±0,09</u>	<u>0,23±0,04</u>	<u>0,18±0,02</u>
	1,15±0,19*	0,16±0,004	0,28±0,05*

Примечание: в числителе - показатели контрольного корма, в знаменателе - опытного корма
* – результаты являются статистически достоверными (p≤0,05).

Экспериментальные данные свидетельствуют, что наибольшая активность протеазы и липазы установлена в первые часы отбора, с последующим ее снижением на 3 час. Добавление хрома в рацион бычков стимулировало активность протеазы во все учетные периоды, разница с контролем составила от 25 % до 43 % (p≤0,05). Характерным является усиление активности протеазы на 2 день эксперимента, с последующим

снижением ее активности на 3 сутки. Аналогично этому формировалась и активность липазы, разница с контролем составила 36 % ($p \leq 0,05$).

Активность амилазы, напротив, уменьшалась в почасовых точках отбора и увеличивалась в суточном отборе в опытной группе. В зависимости от вида протеинового концентрата в рационе изменялся в химусе бычков аминокислотный состав (таблица 113).

Таблица 113 – Содержание аминокислот в химусе на фоне включения в рацион наночастиц хрома, %

Наименование показателей (аминокислотный состав)	Контрольная	Опытная
Аргинин	0,8±0,09	0,6±0,04
Лизин	1,23±0,15	1±0,3
Тирозин	0,76±0,05	0,66±0,02
Фенилаланин	0,85±0,07	0,8±0,09
Гистидин	0,35±0,024	0,27±0,035
Лейцин-изолейцин	2,15±0,5	2±0,5
Метионин	0,74±0,178	0,33±0,084
Валин	0,95±0,05	0,87±0,09
Пролин	0,83±0,06	0,81±0,04
Треонин	1,17±0,3	0,98±0,1
Серин	0,94±0,08	0,85±0,05
Аланин	1,31±0,2	1,11±0,2
Глицин	2±0,3	1,42±0,3
Цистин	1,9±0,2	1,62±0,13

Добавление хрома депрессировало выделение с химусом всех аминокислот в значительно больших количествах, чем в первый период.

Таким образом, при добавлении Cr в рацион бычков возникали двусмысленные реакции в гематологических показателях крови, что выражалось в установленном гипергликемическом эффекте, снижении концентрации холестерина, снижении метаболизма железа.

Структура и состав питательных веществ рациона. Коэффициенты переваримости питательных веществ белковых рационов с добавлением хрома были определены по результатам балансового опыта, проведенного на бычках

казахской белоголовой породы в 12-ти месячном возрасте. Контрольная группа животных находилась на СР, I опытная группа получала белковый концентрат – соевый шрот и элемент хром в дозировке 200 мкг/кг СВ рациона, а животные II группы – подсолнечный жмых и элемент хром в дозе 200 мкг/кг СВ. Состав и питательность рационов представлены в таблице 114.

Таблица 114 - Фактическое потребление питательных веществ рациона подопытными бычками, кг

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	5,4	4,91	4,79
Концентраты	2,15	1,83	1,76
Подсолнечный шрот	-	-	1,1
Соевый шрот	-	0,83	-
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5
Премикс ПК-60	0,05	0,05	0,05
Соль	0,002	0,002	0,002
УДЧ Cr ₂ O ₃ , мкг/кг СВ	-	200	200
Итого:	8,102	8,122	8,202
Сухое вещество	6,31	6,38	6,46
Сырой протеин	0,74	1,03	1,09
Сырая клетчатка	1,37	1,29	1,35
Сырой жир	0,19	0,38	0,25
БЭВ	3,89	3,74	3,63
НДК	4,03	3,85	3,72
ОЭ МДж	61,28	85,54	94,04

По содержанию сухого вещества контрольный и опытные рационы различались на 1,1 % при использовании соевого шрота и на 2,4 % при использовании подсолнечного жмыха. Значительная разница отмечалась по содержанию переваримого протеина и переваримого жира, в рационе с содержанием соевого шрота относительно контроля данный показатель был выше на 39,2 % и 100 %, подсолнечного жмыха на 47,3 % и 31,6 % соответственно. По уровню обменной энергии опытные группы различались на 39,6 % при использовании соевого шрота и на 53,5 % подсолнечного жмыха.

Дополнительное включение белковых компонентов совместно с хромом стимулировало переваримость сухого вещества, органического вещества, сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки и БЭВ (таблица 115).

Таблица 115 - Переваримость питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	68,7±1,85	76,2±1,69*	75,0±1,55*
Органическое вещество	71,8±2,35	79,7±2,51	78,1±2,19
Сырой протеин	74,0±1,54	75,2±1,49	76,1±1,34
Сырой жир	58,8±1,12	62,2±0,99	62,5±1,25
Сырая клетчатка	46,1±0,75	50,6±0,51**	46,8±0,32
БЭВ	67,7±0,48	70,4±0,36**	67,8±0,34

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

При добавлении соевого шрота переваримость сухого вещества увеличивалась на 7,5 % ($p \leq 0,05$), сырого протеина на 1,2 %, сырого жира на 3,4 %, сырой клетчатки на 4,5 % ($p \leq 0,01$) и БЭВ на 2,7 % относительно контроля. Использование подсолнечного жмыха повышало переваримость относительно контроля сухого вещества на 6,3 %, сырого протеина на 2,1 %, сырого жира на 3,7 %, уровень переваримости сырой клетчатки и БЭВ относительно контроля в данной группе не изменялся.

Анализируя полученные данные установлено, что в группе бычков, получавших соевый шрот и хром при сравнении с группой, получавшей подсолнечный жмых и хром была выше на 1,2 % переваримость СВ, сырой клетчатки на 3,8 % и БЭВ на 2,6 %. При этом при использовании подсолнечного жмыха повышалась переваримость сырого протеина и жира на 0,9 % и 0,6 % соответственно.

Ввиду различного содержания протеина в белковых компонентах, вводимых в рацион, уровень потребления азота в контрольной и опытных группах значительно различался (таблица 116).

Так, относительно контрольной группы, при использовании комплекса соевый шрот и Cr₂O₃ количество принятого с кормом азота было выше на 46,4 г/гол в сутки ($p \leq 0,05$), а выделенного с калом азота на 21 %. Переваримость азота в данной группе составила 96,4 мг/гол в сутки, что было достоверно выше, чем в контрольной группе, на 55 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 116 – Использование азота корма животными при дополнительном включении Cr₂O₃ на фоне использования белковых компонентов, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	118,4±14,35	164,8±12,29*	174,4±10,57*
Выделено с калом	56,2±6,58	68,4±4,12	72,4±4,86
Переварилось	62,2±7,81	96,4±6,92*	102,0±10,27*
Выделено с мочой	37,6±4,82	65,8±2,96**	73,8±5,76**
Отложено	24,6±0,87	30,6±0,93**	28,2±0,43**
Коэффициенты использования, %			
от принятого	20,8±0,74	18,6±0,59*	16,2±1,16*
от переваренного	39,5±2,59	31,7±1,26*	27,6±2,53*

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Дополнительное включение микроэлемента хрома в рацион, содержащий соевый шрот, способствовало увеличению выведения азота с мочой из организма, в данной группе этот показатель составил 65,8 г/гол в сутки ($p \leq 0,01$), при этом в контроле аналогичный показатель был равен 37,6 г/гол в сутки. В данной опытной группе было отложено большее количество азота в организме на 24,4 % ($p \leq 0,01$). Коэффициенты использования азота в данной опытной группе составили 18,6 % от принятого и 31,7 % от переваренного, что оказалось ниже, чем в контроле, на 10,6 % и 19,7 % соответственно.

Использование подсолнечного жмыха и хрома в рационе бычков увеличивало относительно контроля поступление азота с кормом на 47,3 % ($p \leq 0,05$), и его переваримость, что составило 102,0 г/гол в сутки ($p \leq 0,05$) при

сравнении с контрольной группой. В данной группе, как и при использовании соевого шрота, отмечалось повышенное, относительно контроля, выведение азота из организма с калом и мочой, данные показатели были 72,4 г/гол и 73,8 г/гол, что было выше относительно контроля на 28,8 % и 96,3 % ($p \leq 0,01$) соответственно. У бычков данной группы было отложено на 64,7 % больше азота в организме, чем у животных контрольной группы ($p \leq 0,01$). Коэффициенты использования азота при совместном использовании подсолнечного жмыха и хрома были ниже, чем в контроле: на 4,6 % от принятого и на 11,9 % от переваренного ($p \leq 0,05$). Таким образом, включение в рацион молодняка крупного рогатого скота различных белковых компонентов в комплексе с хромом увеличивало обмен азота в организме, способствовало более эффективному использованию азота корма.

Продуктивное использование энергии рационов. Потребление валовой энергии корма в опытных группах относительно контроля увеличивалось при использовании соевого шрота и хрома на 2,2 %, а при использовании подсолнечного жмыха и хрома на 4,8 % (таблица 117).

Таблица 117 – Поступление и характер использования энергии рационов, МДж

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Валовая энергия	120,7±0,74	123,4±0,68*	126,5±1,57*
Переваримая энергия	73,5±1,28	79,7±1,34*	78,7±0,91*
Обменная энергия	60,6±0,97	65,0±0,88**	64,2±0,52**
Чистая энергия поддержания	19,9±0,21	20,6±0,24	20,4±0,32
Обменная энергия поддержания	29,3±0,32	30,2±0,26	29,9±0,18
Обменная энергия продукции	31,3±0,57	34,9±0,95	34,3±0,69
Энергия прироста	8,9±0,44	10,2±0,16	10,1±0,09
КПИ ОЭ	28,5±0,13	29,2±0,21	29,3±0,23

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Что касается переваримой энергии, то наибольшая разница между группами отмечалась в группе с использованием соевого шрота на 8,4 % ($p \leq 0,05$), в группе с использованием подсолнечного жмыха на 7,0 % ($p \leq 0,05$). Подобная тенденция к повышению была выявлена и в отношении уровня обменной энергии, так большая концентрация обменной энергии была в группе, получавшей соевый шрот и хром и оказалась выше относительно контроля на 7,3 % ($p \leq 0,01$), в группе с использованием подсолнечного жмыха и хрома данный показатель повышался при сравнении с контролем на 5,9 % ($p \leq 0,01$).

Анализируя данные таблицы 117, следует отметить, что чистой и обменной энергии на поддержание жизнедеятельности организма животных было затрачено примерно одинаковое количество. Чистая энергия поддержания составила 19,9 МДж, 20,6 МДж и 20,4 МДж соответственно. Обменной энергии поддержания затрачено на 2,0 % больше в группе с подсолнечным жмыхом и на 3,1 % с соевым шротом относительно контрольного значения.

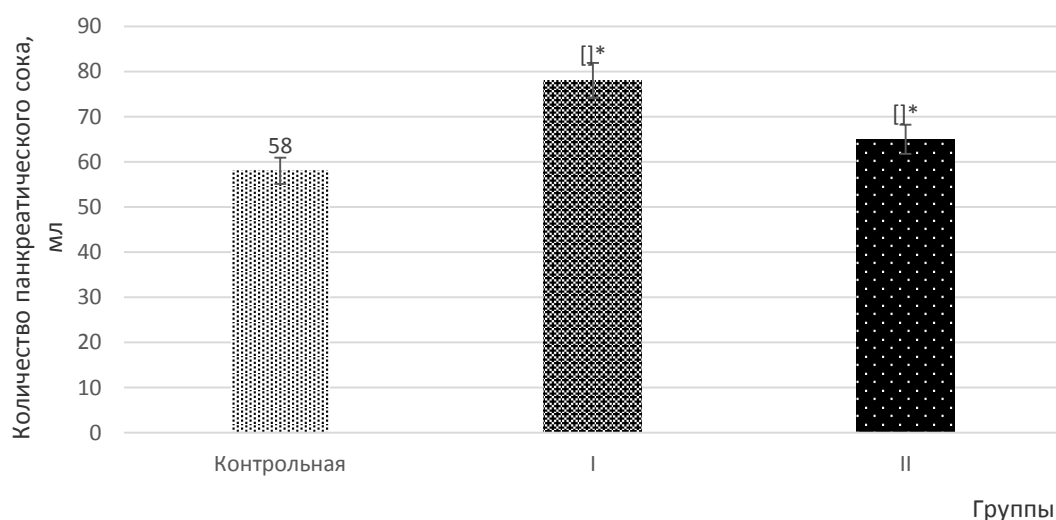
Обменной энергии на получение продукции было отложено больше в организме бычков, получавших соевый шрот, данный показатель составил 34,9 МДж, что оказалось выше, чем в контроле, на 11,5 %. При использовании подсолнечного жмыха с хромом показатель обменной энергии продукции был выше на 9,6 % выше относительно контрольной группы и составил 34,3 МДж.

Использование в рационах молодняка крупного рогатого скота белковых компонентов в комплексе с хромом увеличивало энергию прироста на 13,5-14,6 %. Коэффициент продуктивного использования обменной энергии в опытных группах составил 29,2 и 29,3 соответственно при использовании соевого шрота и подсолнечного жмыха, что оказалось эффективнее, чем в контроле, на 2,5 % и 2,8 % соответственно.

Изменение активности пищеварительных ферментов панкреатического сока под влиянием хрома на фоне скармливания белковых рационов. Огромную роль в развитии мясного скотоводства играет обеспечение растущего молодняка достаточным количеством доступного протеина, так как потребность в энергии для роста главным образом достигается за счет синтеза жиров, углеводов и белков, а потребность в незаменимых аминокислотах для прироста мышечной массы только за счет поступления протеинов в составе корма.

Подготовительный период, в течение которого животные контрольной и опытных групп находились на экспериментальных рационах, составил 7 дней. Животные контрольной группы получали стандартный рацион (СР), животным I группы дополнительно включали в рацион соевый шрот, а II – подсолнечный жмых. Бычкам опытных групп на фоне скармливания белковых рационов ежедневно вводили хром в дозировке 200 мкг на 1 кг СВ рациона.

Дополнительное включение белковых компонентов в рационы опытных бычков с хромом стимулировало секрецию сока поджелудочной железы в I группе на 34,4 %, во II на 12,1 % ($p \leq 0,05$) (рисунок 50).



Примечание: *- $p \leq 0,05$, (*) –при сравнении с контрольной группой

Рисунок 50 - Количество панкреатического сока, мл

При включении в белковые рационы хрома зафиксирована стимуляция амилолитической активности поджелудочного сока: в I группе на 14,2 %, во II группе на 4,6 % относительно контроля (таблица 118).

При введении белковых компонентов с хромом в рацион отмечено повышение активности липазы в I группе на 88,8 %, а во II на 88,7 % ($p \leq 0,01$).

Таблица 118 – Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока у бычков при введении хрома на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$)

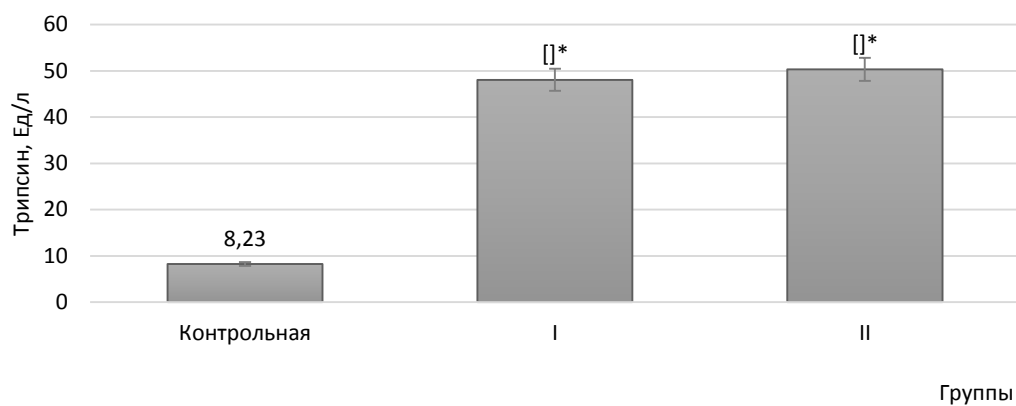
Ферменты	Группы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Амилаза, мг/мл/мин	5137,0±450,0	5864,0±583,0	5375,0±346,0
Протеазы, мг/мл/мин	133,5±9,65	155,7±12,6	177,9±16,14*
Липаза, Ед/л	90,9±21,58	810,5±27,94**	812,2±12,37**

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$ – при сравнении с контрольной группой

При дополнительном включении белковых компонентов в комплексе с хромом в рацион бычков повышалась активность протеолитических ферментов были выше, чем в контроле на 16,6 % ($p \leq 0,05$) в первой группе и на 33,3 % во второй группе.

Уровень трипсина во всех опытных группах был достоверно выше относительно контроля: в I на 83,6 %, во II на 82,9 % ($p \leq 0,05$) (рисунок 51).

По уровню пищеварительных ферментов в химусе можно дать оценку переваримости питательных компонентов корма в преджелудках жвачных и прогнозировать активность дальнейшего расщепления ингредиентов рациона в кишечнике и их биодоступность для организма.



Примечание: *- $p \leq 0,05$, (*) – при сравнении с контрольной группой

Рисунок 51 - Уровень активности фермента трипсина при включении в рацион хрома при введении в рацион подсолнечного жмыха и соевого шрота, Ед/л

Изучая уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса, зафиксировано снижение данного показателя во всех опытных группах, что связано с введением белковых компонентов, в переваривании которых участвует данный фермент (рисунок 52).



Примечание: *- $p \leq 0,05$, (*) – при сравнении с контрольной группой

Рисунок 52 – Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса у бычков при введении хрома на фоне протеинового кормления (n=15, $M \pm m$)

Дополнительное введение в протеиновые рационы хрома имело разнонаправленное влияние на амилолитическую активность опытных групп. Так, активность амилазы в I группе относительно контроля была достоверно ниже на 38,5 % ($p \leq 0,05$). Уровень активности данного фермента во II группе относительно контрольного показателя был достоверно ниже на 63,3 % ($p \leq 0,05$).

Активность кишечных протеаз в I группе достоверно была ниже, чем в контроле, на 6,9 %, во II группе на 15,3 % ($p \leq 0,05$). При введении в рацион хрома повышалась активность липазы в I группе на 26 %, во II на 28,1 % ($p \leq 0,05$).

Таким образом, установлено, что дополнительное включение хрома в белковые рационы бычков увеличивает протеолитическую и липолитическую активности панкреатического сока, а также активность фермента трипсина, что способствует лучшей переваримости питательных компонентов корма.

Морфологический и биохимический анализ крови. Анализ морфологических показателей крови диагностировал достоверное увеличение уровня лимфоцитов во II группе на 17,2 %, в I на 12,5 % относительно контроля ($p \leq 0,05$) (таблица 119).

Процент содержания лимфоцитов в крови животных опытных групп также был выше, чем в контроле. Включение в рацион бычков подсолнечного жмыха и соевого шрота способствовало повышению концентрации эритроцитов, дополнительное введение УДЧ хрома снижало данный показатель на 7,8 % в I группе и на 13,1 % во II группе относительно контрольных значений.

Уровень гемоглобина во всех опытных группах относительно данного показателя в контрольной группе практически не изменялся и имел стабильное значение 91-93 г/л. Введение хрома способствовало увеличению среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците и

средней концентрации гемоглобина в эритроците. Отмечено повышение уровня тромбоцитов в I группе на 12,9 % ($p \leq 0,05$), во II группе на 35,3 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Таблица 119 – Анализ морфологических показателей крови при введении хрома в белковые рационы бычков ($n=5$, $M \pm m$)

Показатели	Группа		
	Контроль ная	I опытная	II опытная
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	7,5±1,3	8,1±1,6	6,8±2,2
Лимфоциты, %	56,9±1,5	61±0,8*	66,7±4,1
Моноциты, эозинофилы, базофилы, %	16,9±2,1	19,2±1,3	17,1±2,3
Гранулоциты, %;	39,4±8,9	19,8±5,4	16,2±6,1
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	2,9±0,2	4,1±0,3*	4,5±0,5*
Моноциты, эозинофилы, базофилы, $10^9/\text{л}$	1,3±0,2	1,6±0,3	1,2±0,1
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$	1,9±0,1	2,4±0,2	1,1±0,4
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,08±0,3	4,71±0,4	4,49±0,1
Гемоглобин, г/л	93±0,6	92±0,8	91±1,1
Гематокрит, %	20,1±0,7	21,7±0,4	20,9±0,9
Средний объем эритроцита, fl	41,6±1,4	46,2±1,8	44,6±1,2
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,3±0,6	19,5±0,9	20,2±0,8
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	349±86,9	423±88,8	435±69,2
Индекс распределения эритроцитов, %	19,3±4,9	18,7±0,2	19,7±0,3
Индекс распределения эритроцитов, fl	27,3±1,2	29,9±0,5	31,2±1,5
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	201±9,8	227±12,4	272±19,5*
MPV, fl	9,7±1,8	9,6±2,2	9,2±2,8

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Анализируя биохимический анализ, интерес вызывает влияние хрома на интенсивность белкового обмена, уровень которого должен обеспечить усиление метаболизма протеинов (таблица 120). Установлено достоверное повышение уровня общего белка в I группе на 30,9 %, во II на 35,5 % ($p \leq 0,05$), повышение уровня глюкозы в I группе на 66,6 %, во II на 29,3 % относительно контроля ($p \leq 0,05$). Тенденция к увеличению в опытных группах была отмечена и в отношении альбумина.

Таблица 120 – Динамика биохимических показателей сыворотки крови при введении хрома в белковые рационы бычков (n=5, M±m)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий белок, г/л	72,1±3,98	94,4±8,4*	97,7±9,1*
Альбумин, г/л	29±3,1	35±2,8	38±4,2
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,33	5,68±0,59*	4,41±0,2*
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,05	0,15±0,02*	0,12±0,01*
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,37	1,56±0,12*	1,33±0,21*
АЛТ, Ед/л	23,8±±2,3	25,1±1,8	27,9±1,7
АСТ, Ед/л	44,2±9,9	95,4±18,1*	112,3±17,7*
Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ:АЛТ)	1,85±0,28	3,8±0,51*	4,03±0,66*
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,31	4,2±0,48*	3,5±0,29*
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,34	1,26±0,24	4,28±0,89*
Билирубиновый индекс	0,45±0,04	0,31±0,04*	1,22±0,29*
ЛДГ, Ед/л	3049±320	4194±268,2*	4756±412,6*
α-Амилаза, Ед/л	415±151,1	4454±1234*	3027±822,2*
Липаза, Ед/л	17,3±2,33	9,5±0,7*	8±1,64*
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,84	7,1±1,2*	8,3±1,3*
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,34	113,1±10,4*	97,2±7,31*
γ-ГТ, Ед/л	18,3±1,65	23±1,2	23±1,82
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±1,85	15,2±2,41	8±1,53*

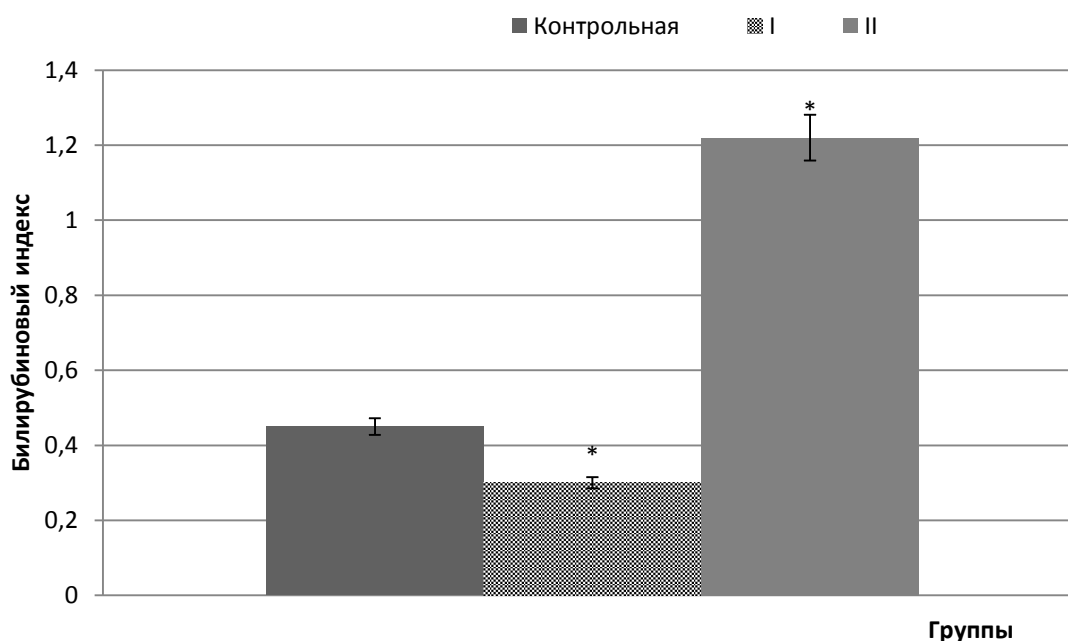
Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Введение хрома способствовало снижению в сыворотке крови бычков опытных групп уровня холестерина на 41,6 % ($p \leq 0,05$) и 50,2 % ($p \leq 0,05$) соответственно в I и II группах относительно контроля. Уровень триглицеридов также достоверно снижался в I группе на 48,3 %, во II на 58,6 % ($p \leq 0,05$).

Хром стимулировал синтез ЛДГ в I группе на 37,6 %, во II группе на 55,6 % ($p \leq 0,05$). Анализ реакции аминотрансфераз как индикатора токсического воздействия хрома установил увеличение уровня активности ферментов АЛТ и АСТ, а соответственно и достоверное повышение коэффициента де Ритиса (отношение АСТ/АЛТ), как показателя метаболизма ферментов у подопытных бычков, в I и II группах в 2,2 раза и 2,1 раза соответственно относительно контроля ($p \leq 0,05$).

Для изучения возможного токсического влияния хрома на организм крупного рогатого скота был рассчитан билирубиновый индекс (БИ) крови,

который характеризовал выделительную функцию печени и показывал уровень токсичности хрома (рисунок 53).



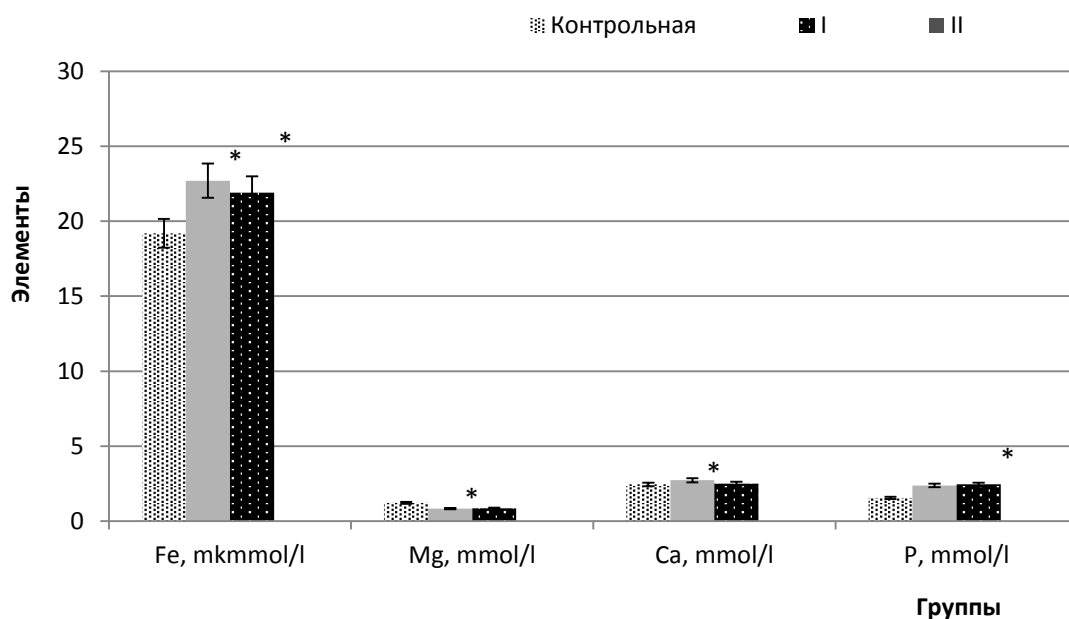
Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 53 – Билирубиновый индекс в сыворотке крови бычков при введении УДЧ Cr_2O_3

В группе животных, получавших подсолнечный жмых, данный показатель достоверно повышался на 63,1 % ($p \leq 0,05$), в группе, получавшей соевый шрот, напротив, БИ снижался на 33,3 % относительно контроля.

Своеобразно изменялась картина элементного обмена в сыворотке крови (рисунок 54). При дополнительном включении в рацион с подсолнечным жмыхом хрома уровень Fe, Ca и P повышался. Уровень Mg в I группе оказался ниже на 30,3 % ($p \leq 0,05$), чем в контрольной группе.

При включении хрома в рацион животных, получавших соевый шрот, зафиксировано увеличение относительно контрольных значений Fe, Ca и P на 15,4 %, 10,3 % и 35,3 % ($p \leq 0,05$) соответственно.



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 54 – Уровень химических элементов в сыворотке крови при введении хрома в белковые рационы бычков

Установлено, что хром оказывает значительное влияние на активность пищеварительных ферментов и регуляцию обменных процессов в желудочно-кишечном тракте. Дополнительное введение хрома в рацион бычков опытной группы способствовало увеличению активности пищеварительного фермента липазы, однако приводило к снижению липидного обмена в организме. При дополнительном включении хрома в белковые рационы бычков уровень α -амилазы в сыворотке крови резко повышается в I группе в 10,7 раза, во II в 7,3 раза ($p \leq 0,05$). В опытных группах относительно контроля значительно увеличился уровень общего белка и альбумина в сыворотке крови, что указывает на стимуляцию белкового обмена. Обратная тенденция отмечена в отношении фермента липазы, во всех опытных группах его уровень был ниже контрольных значений на 25-28 %.

3.4.2 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения хрома в белковые рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота

Изучение влияния хрома на фоне использования белковых рационов было проведено на 30 бычках казахской белоголовой породы с 8 до 12 месячного возраста, разделенных на три группы по 10 голов в каждой. Бычки контрольной группы получали стандартный рацион (СР), бычкам опытных групп включали дополнительно соевый шрот (I группа), подсолнечный жмых (II группа). В опытные группы путем замешивания с концентрированной смесью вводили минеральный препарат хрома в дозировке 200 мкг/кг сухого вещества рациона.

Для изучения использовали УДЧ частицы хрома Cr_2O_3 ($d=91$ нм, удельная поверхность – $9 \text{ м}^2/\text{г}$, Z-потенциал – $93 \pm 0,53$ мВ), содержали 99,8 % Cr, получены методом плазмохимического синтеза (ООО «Платина», г. Москва). Перед включением в рацион наночастицы диспергировали в физиологическом растворе с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2 («НПП Академприбор», Россия) (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 30 мин).

Однородность животных подопытных групп проводилась путем подбора аналогов по физическому состоянию, живой массе, возрасту. Все животные имели среднюю упитанность и были клинически здоровыми. Во время эксперимента бычки находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Норма кормления бычков в 8 месячном возрасте была сформирована из расчета 2,5 кг сухого вещества на 100 кг живой массы. Кормление подопытных животных было организовано с учетом рекомендаций А.П. Калашникова и др. (2003).

Эксперимент проводился в двух повторностях с использованием латинского квадрата 4×4 . Животные содержались в отдельных клетках ($1,0 \times 2,2$ м) в помещении с оптимальными параметрами температуры и влажности, со свободным доступом к воде. В течение экспериментального

периода температура окружающей среды поддерживалась между 23 °С и 25 °С.

В период балансового опыта учитывали количество потребленного животными корма, несъеденные остатки, количество выделенного кала и мочи. Коэффициент переваримости (КП) рассчитывали как отношение переваренных питательных веществ к принятым питательным веществам. В кале и кормах после замораживания, сушки, гомогенизирования анализировали содержание питательных веществ: сухое вещество, сырой протеин, сырой жир и содержание золы в соответствии с рекомендациями АОАС (1995). Переваримость оценивали согласно Hashemi S.R. et. al.

Учет изменения живой массы животных проводили в период с 8 до 12 месячного возраста один раз в месяц путем индивидуального взвешивания.

При дополнительном включении хрома в рацион, содержащий соевый шрот, отмечено повышение переваримости сухого вещества (СВ) на 1,4 % ($p \leq 0,05$), органического вещества (ОВ) на 1,7 % ($p \leq 0,05$), сырого жира (СЖ) на 2,5 %, сырого протеина (СП) на 2,5 %, сырой клетчатки (СК) на 1,9 % и БЭВ на 2,0 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных значений (таблица 121).

Таблица 121 - Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов с использованием хрома, %

Показатели	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	62,7±1,85	64,1±0,78*	64,4±0,62*
Органическое вещество	65,1±2,35	66,8±0,96*	67,1±1,01*
Сырой протеин	74,1±1,54	75,8±0,84	76,1±0,89
Сырой жир	58,7±1,79	61,2±1,46	61,6±1,55
Сырая клетчатка	47,2±0,75	49,1±1,62	48,6±1,08
Безазотистые экстрактивные вещества	68,1±0,48	70,1±1,06*	71,2±0,98*

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Использование в рационе подсолнечного жмыха в комплексе с хромом увеличивало переваримость СВ, ОВ, СП, СЖ и БЭВ на 1,7 % ($p \leq 0,05$), 2,0 % ($p \leq 0,05$), 2,0 %, 2,9 % и 3,1 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Дополнительное включение в рационы хрома в различных дозировках оказывает различное влияние на формирование живой массы тела у подопытных бычков (рисунок 55).

Постановочная живая масса молодняка всех групп была практически одинакова и составляла в среднем 223,5-224,0 кг. К концу учетного периода живая масса в контрольной и опытных группах увеличивалась неравномерно: к 12-ти месячному возрасту максимально живая масса в группе, получавшей хром, на фоне использования соевого шрота составила 340,2 кг, в группе с использованием подсолнечного жмыха – 338,2 кг, что оказалось выше, чем в контроле, на 7,1-9,1 кг.

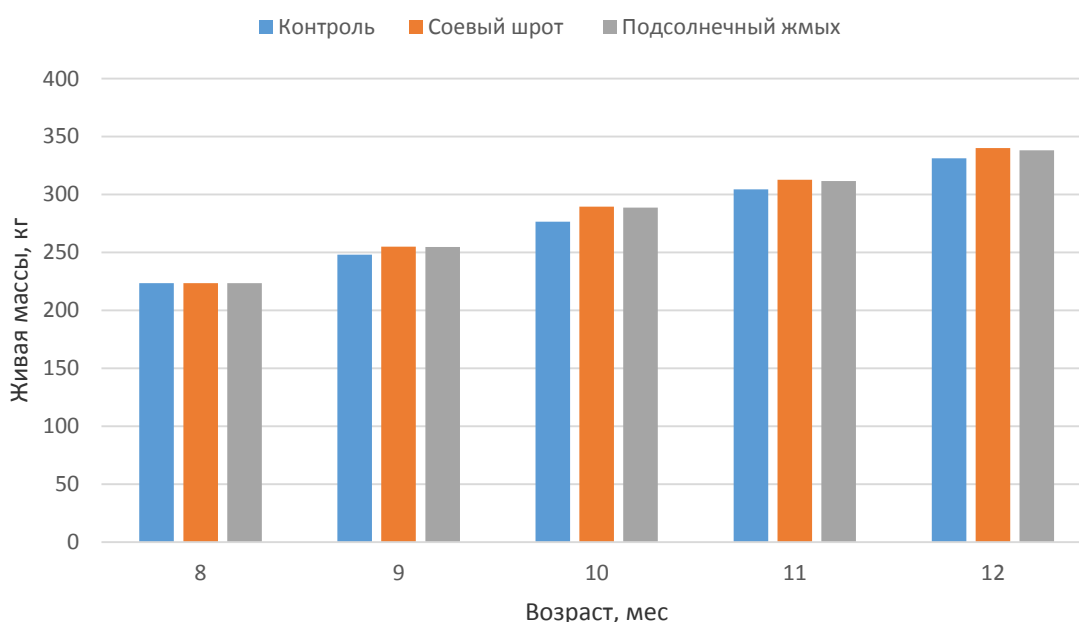


Рисунок 55 - Динамика живой массы бычков при включении в рацион хрома на фоне дополнительного введения белковых компонентов, %

Прирост живой массы за учетный период в опытных группах относительно контроля был выше в I группе на 2,7 %, во II на 2,1 %.

Разница по среднесуточному приросту между молодняком опытных и контрольной групп к концу эксперимента составила: в I группе 8,4 % ($p \leq 0,05$), во II группе 6,7 % (таблица 122).

Таблица 122 - Среднесуточный прирост подопытных животных, г/гол/сутки

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
8-9	816,7±35,12	1050,0±97,7	1036,7±91,2
9-10	946,7±48,23	1143,3±103,8	1136,7±85,6
10-11	936,7±28,2	780,0±79,2	760,0±90,5
11-12	886,7±14,25	913,3±71,8	890,0±84,7
8-12	896,7±31,26	971,1±64,1*	955,8±91,4

Скорость прироста живой массы на протяжении всего экспериментального исследования была выше у бычков, получавших соевый шрот с хромом. По достижению молодняком 12-месячного возраста абсолютный прирост в контроле составил 107,6 кг, в I опытной группе 116,6 кг, а во II – 114,7 кг (таблица 123).

Таблица 123 – Динамика абсолютного прироста живой массы 8-12 месячных бычков при введении в рацион белковых компонентов, кг/гол, месяц

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
8-9	24,5±1,24	31,5±3,16	31,1±2,9
9-10	28,4±1,910	34,3±3,56	34,1±2,53
10-11	28,1±1,62	23,4±2,47	22,8±2,26
11-12	26,6±1,58	27,4±2,34	26,7±2,03
8-12	107,6±5,24	116,6±8,12*	114,7±9,21

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Таким образом, включение хрома на фоне скармливания белкового рациона способствует увеличению стимуляции переваримости питательных веществ рациона и, как следствие, повышение прироста живой массы животных. Наилучший эффект изучаемых показателей отмечался у животных, получавших хром на фоне скармливания протеинсодержащего рациона (с включением соевого шрота).

Экономическая эффективность использования энергетической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Использование в кормлении

молодняка крупного рогатого скота препарата хрома в ультрадисперсной форме и изменение ингредиентного состава рационов путем включения различных белковых компонентов оказали влияние на экономические показатели выращивания бычков (таблица 124).

Таблица 124 - Экономическая эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	107,6±1,24	116,6±8,12	114,7±9,21
Общие затраты, руб.	12150,1	12837,7	12812,0
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	112,9	110,1	111,7
Выручка от реализации продукции, руб.	13450,0	14575,0	14337,5
Прибыль, руб.	1299,9	1737,3	1525,5
Рентабельность, %	10,7	13,5	11,9

Анализируя данные таблицы 124 необходимо отметить, что уровень общих затрат в опытных группах животных был выше по сравнению с контролем. Так, в группе с использованием в рационе соевого шрота в сочетании с хромом уровень затрат составил 12837,7 руб., что на 687,6 руб. выше, чем в контрольной группе, а при использовании подсолнечного жмыха с хромом 12812,0 руб., что выше, чем в контроле, на 661,9 руб. Это обусловлено более высокой стоимостью протеиновых компонентов, вводимых в рационы, и затратами на препарат элемента хрома, что отразилось на увеличении затрат именно на корма для подопытных животных.

Величина общих затрат и количество полученного прироста живой массы определили себестоимость 1 кг прироста у подопытных бычков. Так, наибольшая себестоимость отмечалась в группе бычков, находящихся на контрольном рационе, и составила 112,9 руб., в опытных группах данный показатель был ниже при сравнении с контролем на 1,1 % в I группе и на 2,5 % во II группе.

Неодинаковый прирост живой массы оказывал влияние и на сумму выручки от реализации полученной продукции. Наибольшей сумма выручки была в I группе и составила 14575 руб., уровень прибыли также был выше в данной группе. Во II группе уровень выручки составил 14337,5 руб., что выше, чем в контроле, на 887,5 руб., при этом прибыль оказалась выше на 17,4 %.

Уровень рентабельности в опытных группах был более высоким в I группе и составил 13,5 %, во II группе данный показатель был равен 11,9 %, что выше, чем в контроле, на 1,2 %. В контрольной группе уровень рентабельности составил 10,7 %.

Таким образом, показатели экономической эффективности выращивания бычков во всех группах имели положительные значения и зависели от изучаемых факторов кормления. Использование в рационе молодняка крупного рогатого скота белковых компонентов в сочетании с препаратом хрома показало увеличение объема продукции, повышение прибыли и рентабельности производства. Наибольшая экономическая эффективность была отмечена при совместном использовании соевого шрота и хрома в кормлении бычков, в данной группе рентабельность была равна 13,5 %, что выше, чем в контроле, на 2,8 %, а прибыль была выше относительно контроля на 33,6 %.

3.4.3 Влияние дополнительного включения в белковые рационы молодняка крупного рогатого скота железа на обменные процессы в организме

Для изучения влияния препарата железа на метаболические процессы в организме бычков и функциональную активность пищеварительной системы были сформированы три группы: контрольная и 2 опытные: в состав I группы включали протеиновый концентрат – соевый шрот, во II – подсолнечный жмых. Дополнительно в состав опытных групп включали минеральный препарат железа в дозировке 1,4 мг/кг СВ рациона. Рационы для животных

были сбалансированы по уровню сухого вещества. Состав и питательность белковых рационов с добавлением железа, %, представлены в таблице 125.

Таблица 125 - Фактическое потребление питательных веществ рациона подопытными бычками, кг

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	6,1	5,5	5,3
Концентраты	2	1,8	1,9
Подсолнечный шрот	-	-	1,1
Соевый шрот	-	0,9	-
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5
Премикс ПК-60	0,05	0,05	0,05
Соль	0,002	0,002	0,002
УДЧ Fe, мг/кг СВ	-	1,4	1,4
Итого:	8,652	8,752	8,852
Сухое вещество	6,76	6,91	7,00
Сырой протеин	0,88	1,11	1,15
Сырая клетчатка	1,53	1,43	1,48
Сырой жир	0,20	0,21	0,26
БЭВ	4,08	3,99	3,93
НДК	4,28	4,14	4,06
ОЭ МДж	64,11	91,53	98,72

Дополнительное введение в белковые рационы железа сопровождалось увеличением переваримости в I группе сухого вещества на 3,7 % ($p \leq 0,05$), органического вещества на 5,1 % ($p \leq 0,05$), сырого протеина 2,1 % ($p \leq 0,05$), сырого жира на 3,2 % ($p \leq 0,01$), сырой клетчатки на 5,7 % и БЭВ на 4,3 %, относительно контроля (таблица 126).

Во второй группе относительно контроля повышалась переваримость сухого вещества на 2,4 % ($p \leq 0,05$), органического вещества на 3,2 % ($p \leq 0,05$), сырого протеина на 2,0 % ($p \leq 0,05$), сырого жира на 2,4 % ($p \leq 0,01$), сырой клетчатки и БЭВ на 2,7 % при сравнении с контрольной группой.

Таблица 126 - Переваримость питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	61,8±1,40	65,5±1,80*	64,2±1,8*
Органическое вещество	63,3±1,51	68,4±1,83*	66,5±1,94*
Сырой протеин	74,0±1,62	76,1±1,67*	76,0±1,74*
Сырой жир	58,8±0,50	62,0±0,63**	61,2±0,51**
Сырая клетчатка	46,1±0,85	51,8±0,99**	48,8±0,80*
БЭВ	67,7±1,15	72,0±1,57	70,4±0,99

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Анализируя результаты балансового опыта, следует, что животные опытных групп, в рационе которых использовали соевый шрот, получали азота с кормом больше на 12,6 % ($p \leq 0,05$), подсолнечный жмых – на 15,1 % ($p \leq 0,05$) (таблица 127).

Таблица 127 – Использование азота молодняком крупного рогатого скота при использовании Fe на фоне белковых рационов, г/гол/сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	140,8±11,1	158,6±15,02*	162,1±14,20*
Выделено с калом	66,4±6,23	74,4±7,24	78,2±6,88
Переварилось	74,4±8,25	84,4±11,45*	83,9±16,70*
Выделено с мочой	49,0±6,40	55,1±8,14*	54,2±11,51*
Отложено	25,4±0,21	29,3±0,44**	29,7±0,28**
Коэффициенты использования, %			
от принятого	18,0 ±2,12	18,5±0,90*	18,3±1,40*
от переваренного	34,1±3,43	34,7±1,52**	35,4±2,41**

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Установлено, что чем больше выделено азота из организма животных с калом и мочой, тем меньше его будет отложено в теле. Количество переваренного азота было выше в I группе и составило 84,4 г/гол/сутки, что оказалось выше относительно контроля на 13,4 % ($p \leq 0,01$), данный показатель во II группе превышал контрольные значения на 12,8 % ($p \leq 0,01$).

Коэффициенты использования азота в организме бычков при использовании в рационе подсолнечного жмыха и железа составили 18,3 % от принятого азота и 35,4 % от переваренного, что оказалось выше, чем в контроле, на 0,3 % ($p \leq 0,05$) и 1,3 % ($p \leq 0,01$) соответственно. При включении в рацион соевого шрота с железом коэффициенты использования азота относительно контроля увеличивались на 0,5 % ($p \leq 0,05$) от количества принятого и на 0,6 % ($p \leq 0,05$) от переваренного.

Продуктивное использование энергии рационов. Эффективность использования энергии у молодняка крупного рогатого скота при изменении состава и структуры рациона имела некоторые особенности (таблица 128).

Таблица 128 – Поступление и характер использования энергии рационов, МДж

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Валовая энергия, МДж	128,5±1,64	133,3±1,25*	136,2±2,61*
Переваримая энергия, МДж	65,4±0,84	74,6±0,92*	84,0±0,76*
Обменная энергия	53,1±0,82	60,3±0,78	59,8±1,03
Чистая энергия поддержания, МДж	25,9±0,75	26,4±0,74	26,3±0,82
Обменная поддержания, МДж	38,0±0,71	38,6±0,85	38,4±0,64
Обменная продукции, МДж	15,0±1,54	21,8±0,98	21,4±1,14
Энергия прироста	4,3±0,65	6,4±0,72	6,3±0,86
КПИ ОЭ	28,4±0,45	29,2±0,63	29,3±0,58

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контрольной группой

Уровень валовой энергии между контрольной и опытными группами различался на 3,7-6,0 % ($p \leq 0,05$) в сторону повышения опытных групп.

Уровень переваримой энергии был выше относительно контроля на 14,1 % ($p \leq 0,05$) у животных, потребляющих соевый шрот, и на 28,4 % ($p \leq 0,05$) – подсолнечный жмых. Такая же тенденция отмечалась и в отношении

обменной энергии, во II группе данный показатель составил 59,8 МДж, против 53,1 МДж в контроле и 60,3 МДж в I опытной группе ($p \leq 0,01$).

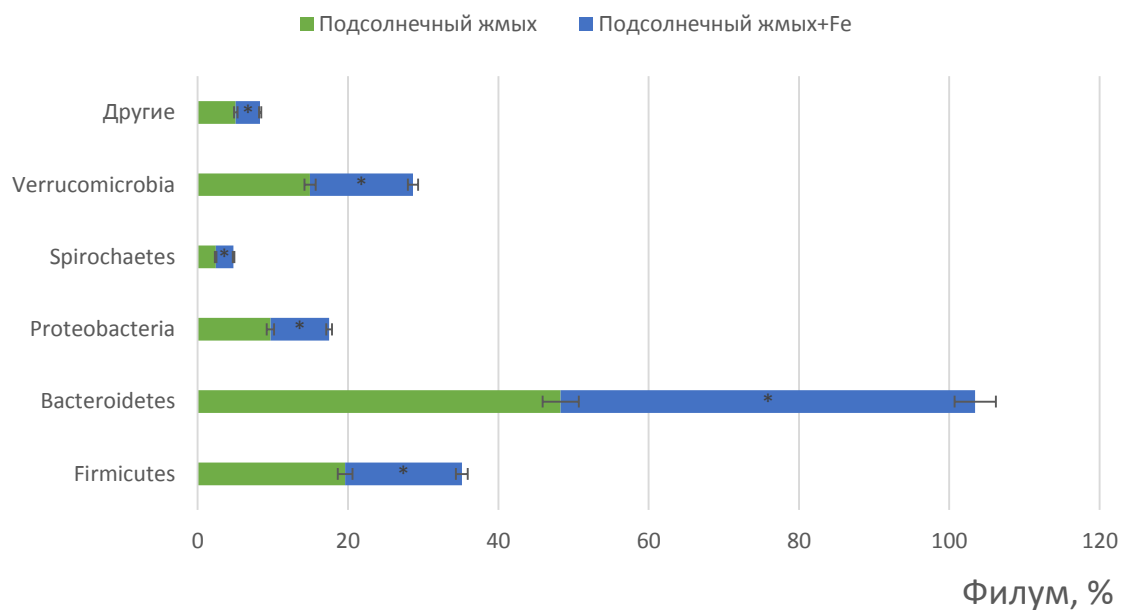
Разница между чистой и обменной энергией поддержания в контрольной и опытных группах была не выше 5 %. При этом затраты энергии на продукцию были выше в опытных группах на 45,3 % в I группе и на 42,7 % во II группе. Энергия прироста в опытных группах была практически одинаковой и выше относительно контроля на 47,7 %. Различные источники белка в рационе оказывали стимулирующее влияние на коэффициент продуктивного использования обменной энергии, при сравнении со стандартным рационом данный показатель был выше на 1 %.

Таким образом, включение композиций белковых концентратов и железа способствовало повышению переваримости питательных компонентов корма, в частности СВ, ОВ, СЖ и СП, а также большему отложению в организме бычков азота на 6,2 % ($p \leq 0,01$) при использовании соевого шрота и на 4,3 % ($p \leq 0,01$) при использовании подсолнечного жмыха, при этом коэффициент полезного использования обменной энергии в опытных группах относительно контроля был выше на 1 %.

3.4.4 Результаты опытов *in vitro* при дополнительном включении в белковые рационы железа

Изменение таксономического состава микробиома рубца при дополнительном введении в белковый рацион железа. При дополнительном использовании железа на фоне белкового рациона качественный состав микробиома рубца не изменялся, а вот в количественном отношении были выявлены изменения (рисунок 56).

A



B

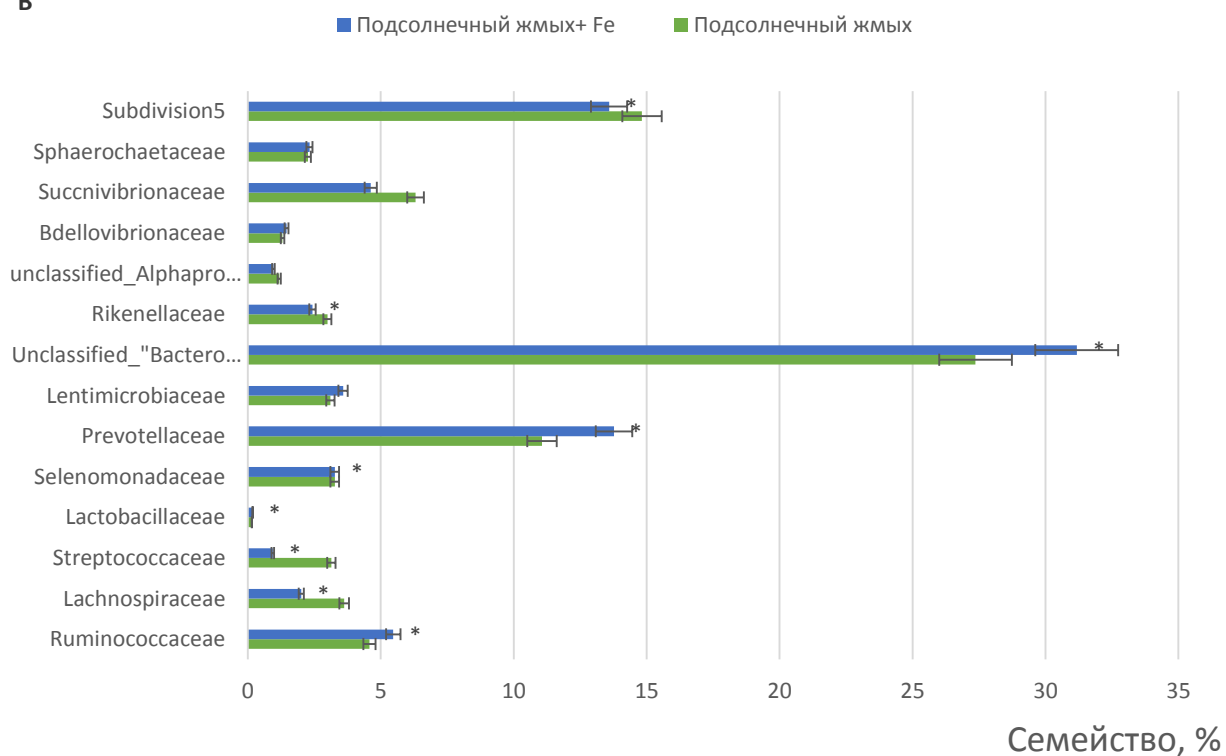


Рисунок 56 - Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, с дополнительным включением железа на фоне белковых рационов, %: А – на уровне филума; В – на уровне семейства.

В контрольной и опытной группах доминирующими филумами были *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*. Железо увеличивало численность представителей филума *Bacteroidetes* на 6,9 %, а *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* снижало на 4,1 %, 1,9 % и 1,2 % соответственно относительно контрольных значений.

Доминирующими семействами оказались *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_Bacteroidales*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae* (рисунок 56, В). Включение УДЧ железа увеличивало количество представителей *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_Bacteroidales*" на 0,9 %, 2,7 %, 0,5 %, 3,8 % соответственно, уменьшилась численность *Lachnospiraceae*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae* на 1,6 %, 0,7 %, 1,7 % соответственно относительно образцов с использованием белкового компонента.

В рубцовом содержимом бычков, находящихся на основном рационе, были выявлены взаимосвязи различной степени. Так, высокая положительная корреляция была отмечена между *Anaeroplasma* и уровнем небелкового азота ($r=0,89$), средней степени положительные связи были между *Acetatifactor* и общим азотом ($r=0,44$) и мочевиным азотом ($r=0,67$), *Cutibacterium* и общим азотом ($r=0,70$), *Intestinimonas* и валерьяновой кислотой ($r=0,72$), общим азотом ($r=0,46$) и аммиачным азотом ($r=0,48$), *Succiniclasticum* и капроновой кислотой ($r=0,75$) и общим азотом ($r=0,48$), *Mucinivorans* и пропионовой кислотой ($r=0,62$), *unclassified_Eggerthellaceae* и валерьяновой кислотой ($r=0,44$), *unclassified_Prevotellaceae* и общим азотом ($r=0,78$), *unclassified_Sphaerochaetaceae* и аммиачным азотом ($r=0,42$) и мочевиным азотом ($r=0,51$) (таблица 129).

Таблица 129 – Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на основном рационе

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Валерьяновая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Acetatifactor	-0,73	0,29	0,17	0,25	0,44	0,15	0,02	0,25	0,67	-0,25
Anaeroplasma	-0,38	-0,28	-0,12	-0,12	0,29	0,19	0,89	-0,45	0,34	0,05
Clostridium IV	0,06	0,15	-0,48	-0,34	-0,78	-0,30	-0,12	-0,11	-0,14	-0,05
Cutibacterium	-0,42	0,19	-0,07	-0,41	0,70	-0,46	0,10	-0,30	0,26	0,06
Intestinimonas	-0,30	0,04	0,72	-0,36	0,46	0,08	-0,45	0,48	-0,22	-0,11
Mucinivorans	0,06	0,62	-0,71	0,11	0,31	-0,56	-0,10	0,13	0,40	0,22
Succiniclasticum	0,25	0,30	0,12	0,75	0,48	0,35	-0,13	0,06	0,17	0,10
Succinimonas	0,11	-0,22	-0,72	-0,46	-0,14	-0,14	-0,42	0,20	-0,28	-0,53
Syntrophococcus	0,36	0,12	-0,02	0,40	0,70	0,09	-0,49	-0,24	0,06	-0,33
unclassified_Eggerthellaceae	-0,71	-0,21	0,44	-0,18	0,19	0,00	-0,08	0,17	0,29	0,02
unclassified_Prevotellaceae	0,24	0,00	0,06	-0,24	0,78	0,10	-0,14	-0,34	0,10	-0,09
unclassified_Sphaerochaetaceae	0,09	0,16	-0,06	-0,17	-0,28	0,23	0,05	0,42	0,71	0,08

Использование протеинового рациона с дополнительным включением железа показало высокую отрицательную зависимость между переваримостью в рубце и *unclassified_Puniceicoccaceae* ($r=-0,89$). Положительная корреляция средней силы была отмечена между *Aminicella* и уксусной кислотой ($r=0,74$), *Fusicatenibacter* и общим азотом ($r=0,70$), *Treponema* и белковым азотом ($r=0,50$), *Treponema* и аммиачным азотом ($r=0,79$) (таблица 130).

Таблица 130 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с соевым шротом и УДЧ железа

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валерьяновая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Acetatifactor	-0,74	-0,19	-0,14	-0,15	-0,20	0,15	0,03	0,14	0,24	-0,08	-0,24
Aminicella	0,74	0,35	-0,26	-0,24	-0,01	0,03	-0,02	-0,08	-0,36	0,20	-0,11
Flavobacterium	-0,17	-0,14	-0,71	-0,23	0,20	0,27	0,06	-0,29	-0,64	-0,03	0,14
Fusicatenibacter	-0,16	-0,15	0,00	-0,14	-0,21	0,70	0,02	-0,36	0,56	-0,26	0,14
Treponema	0,04	0,31	0,02	-0,17	-0,47	0,35	0,50	0,25	0,79	-0,29	0,34
unclassified_Kiloniellaceae	-0,78	0,10	0,07	0,40	-0,35	0,17	-0,08	-0,04	-0,03	-0,06	-0,27
unclassified_Puniceicoccaceae	-0,06	0,05	0,01	-0,27	0,16	0,21	0,28	0,30	0,13	0,11	-0,86

Включение в рацион бычков подсолнечного жмыха и железа показало высокую положительную связь между масляной кислотой и *Ottowia* ($r=0,82$), среднюю между *Methanobacterium* и валерьяновой кислотой ($r=0,48$) и концентрацией общего азота в рубцовом содержимом ($r=0,59$), *Streptococcus* и белковым азотом ($r=0,48$) и переваримостью сухого вещества в рубце ($r=0,45$). Отрицательная высокая взаимосвязь оказалась между *Streptococcus* и масляной кислотой ($r=-0,81$) (таблица 131).

В группе, получавшей подсолнечный жмых, переваримость СВ относительно контроля повышалась на 1,5 %, а в группе, получавшей соевый шрот, напротив, снижалась на 2,1 % (рисунок 62).

Включение протеиновых концентратов в рацион бычков способствовало повышению уровня углеводов в рационах опытных групп на 0,42- 0,53 %, а, как известно, конечным продуктом сбраживания углеводов в рубце являются ЛЖК. Соответственно, чем выше уровень углеводов, тем больше концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости.

Таблица 131 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с подсолнечным жмыхом и УДЧ железа

Показатель	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валерьяновая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Acetatifactor	-0,71	0,01	-0,32	-0,05	-0,05	0,04	-0,21	-0,33	-0,09	-0,39	-0,28
Anaeroplasma	-0,07	0,74	0,01	0,05	-0,14	0,24	0,05	-0,07	0,10	0,09	-0,28
Bifidobacterium	-0,38	0,68	-0,23	-0,01	-0,29	0,20	-0,76	-0,07	0,05	0,32	0,22
Jeotgalibaca	0,26	0,27	0,05	-0,08	0,25	-0,07	-0,35	0,48	-0,74	-0,10	0,28
Methanobacterium	-0,16	0,30	-0,38	0,48	-0,01	0,59	0,11	0,03	-0,47	0,78	0,50
Ottowia	0,23	0,32	0,82	0,22	-0,19	0,01	-0,08	-0,56	0,05	0,01	-0,48
Streptococcus	-0,04	0,09	-0,81	-0,61	-0,36	0,32	0,48	0,20	0,19	-0,10	0,45

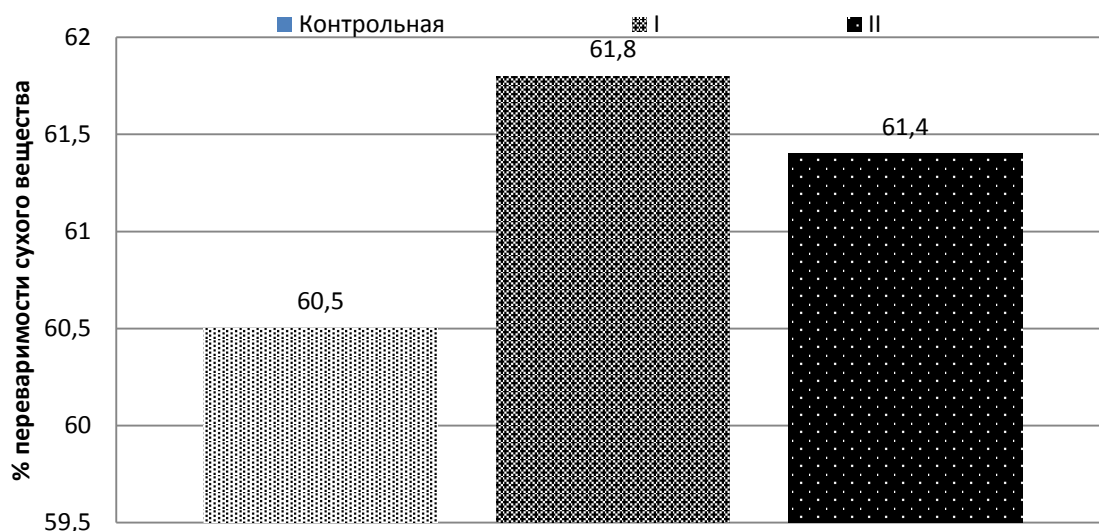
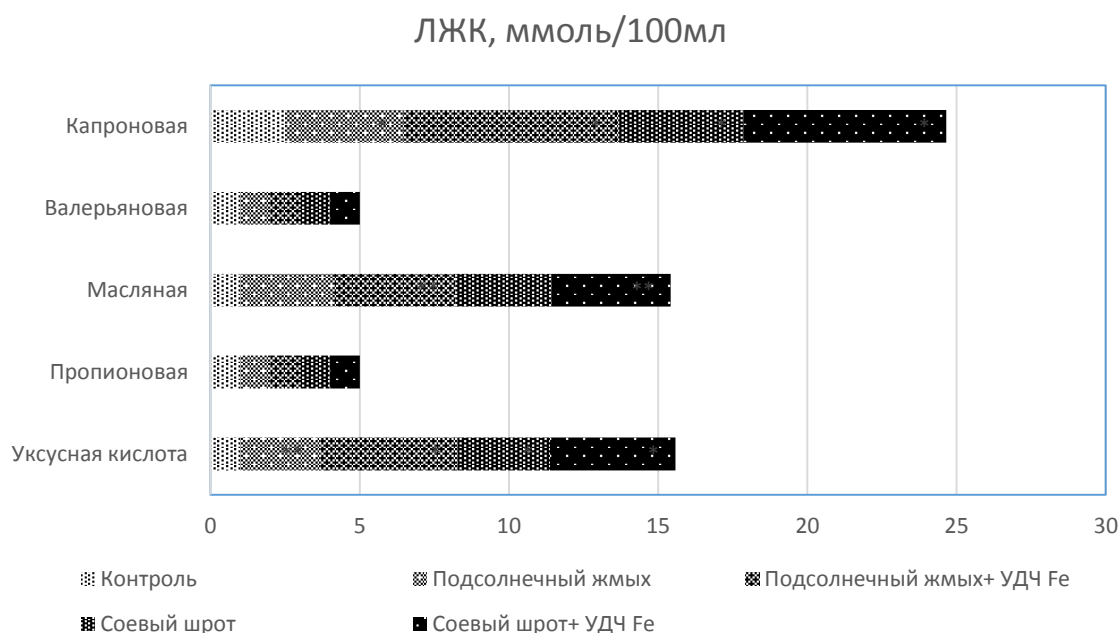


Рисунок 57 - Переваримость сухого вещества белковых рационов при дополнительном включении железа, %

В ходе исследований *in vitro* установлено, что уровень ЛЖК в образцах при введении ультрадисперсных препаратов на фоне использования белковых компонентов был различным (рисунок 58).



Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

Рисунок 58 – Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении белковых концентратов и железа, ммоль/100 мл

Так, в контрольной группе был отмечен достаточно низкий уровень ЛЖК, за исключением капроновой кислоты, однако ее уровень был ниже, чем в опытных группах.

Дополнительное включение железа на фоне протеиновых рационов сдвигало метаболические процессы в рубце в сторону ацетата и бутирата. Так, относительно контрольных значений, концентрация уксусной кислоты была выше на 78,3 % при использовании подсолнечного жмыха и на 76,2 % – соевого шрота ($p \leq 0,05$). Уровень масляной и капроновой кислот также был выше относительно контроля в группе с подсолнечным жмыхом на 24,4 % ($p \leq 0,01$) и 64,4 % ($p \leq 0,05$), в группе с соевым шротом на 22,5 % ($p \leq 0,01$) и 62,4 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Метаболизм азота в РЖ в присутствии железа также изменялся по-разному (рисунок 59).

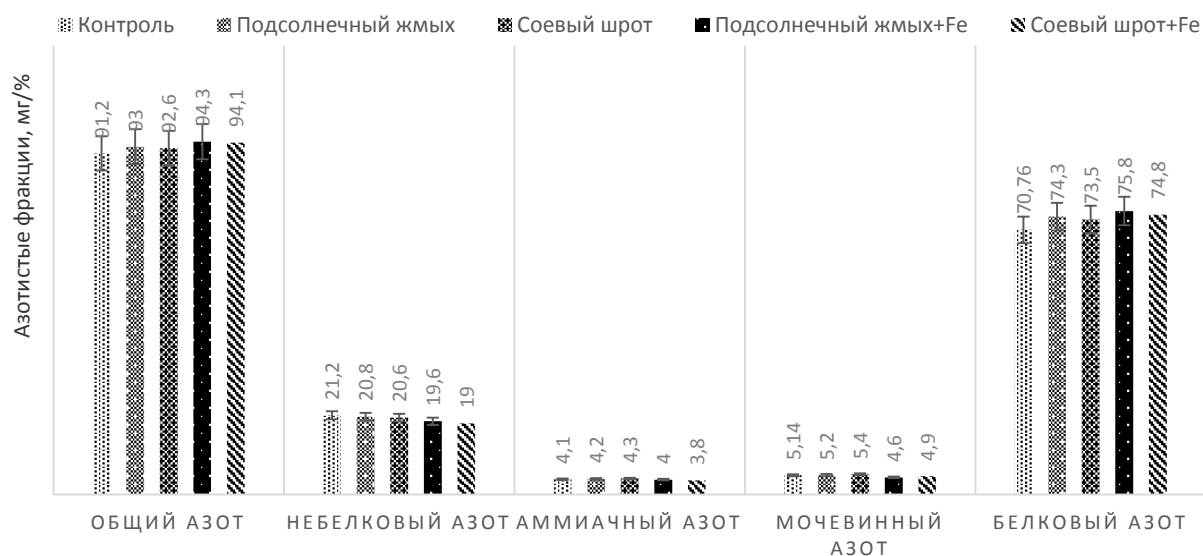


Рисунок 59 – Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении белковых концентратов и железа, мг/%

Уровень общего и белкового азота в опытных группах относительно контроля увеличился: при использовании подсолнечного жмыха и железа на 3,3 % и 6,6 %, в присутствии соевого шрота и железа на 3,1 % и 5,4 %

соответственно. Уровень небелкового, аммиачного и мочевиного азота в присутствии железа был ниже контрольных значений.

Таким образом, при включении комплекса белковых концентратов и железа отмечено увеличение метаболических процессов в рубце, что сопровождалось повышением уровня ЛЖК, общего и белкового азота в рубцовой жидкости, в результате наблюдается лучшая переваримость СВ рациона.

Структура бактериального сообщества микробиома рубца при введении данных добавок значительно не изменялась относительно контроля, доминирующими бактерии были представлены *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_ "Bacteroidales"*.

Изменение активности пищеварительных ферментов панкреатического сока при совместном использовании железа в составе белковых рационов крупного рогатого скота. Бычки контрольной группы в период эксперимента получали стандартный рацион, включающий сено разнотравное, смесь концентратов, патоку кормовую (0,1 кг), соль поваренную (0,04 кг), витаминно-минеральный премикс. В рацион животным I группы вводили соевый шрот, II группы подсолнечный жмых с микродобавкой железа в дозе 1,4 мг/кг СВ корма. Животных кормили два раза в сутки, в равных долях, утром и вечером.

Секреция панкреатического сока максимально увеличивалась через 60 минут после дачи корма и сохранялась на протяжении всего периода исследования, что свидетельствует о повышении функциональной активности поджелудочной железы в ответ на изменение ингредиентного состава рациона.

Дополнительное включение железа способствовало резкому увеличению внешнесекреторной функции поджелудочной железы, при этом

количество сока за весь учетный период было выше в 2 раза в I группе и в 1,6 раза во II группе относительно контроля (таблица 132).

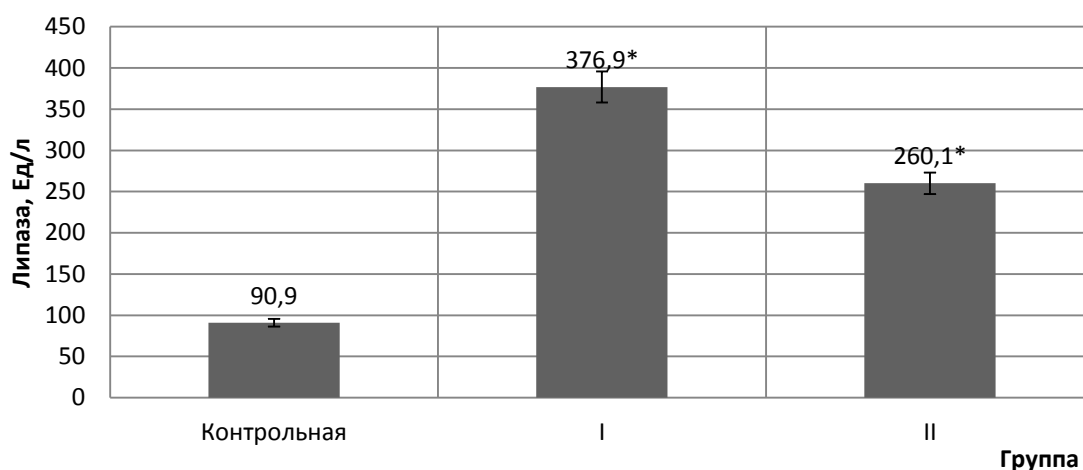
Также следует отметить, что совместное использование в рационе соевого шрота и железа секреция панкреатического сока была выше как относительно контроля, так и относительно II группы во все временные отрезки, при этом максимальные значения отмечались в желудочную фазу секреции, то есть 120-420 минут и составили 100-105 мл, при этом в контроле значения были значительно ниже и составили 55,5-67,0 мл. В этот же период во II группе значения составили 78-102 мл.

Таблица 132 - Количество панкреатического сока, мл

Экспозиция времени, мин	Группы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
0-60	32±4,6	95,4±18,90*	85±22,5
60-120	66±6,5	75±6,0	75±10,24
120-180	67±5,3	100±5,34**	78±6,70
180-240	59±6,7	102±17,84	97±10,54*
240-300	55,5±5,2	130±21,76*	95±10,62*
300-360	59,5±4,1	102±12,54*	89±8,24
360-420	67±6,3	105±9,42*	102±9,11*
420-480	51,5±4,7	98±19,62	98±20,13
0-480	57,2±4,8	100,9±19,19	89,9±13,54

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной группой

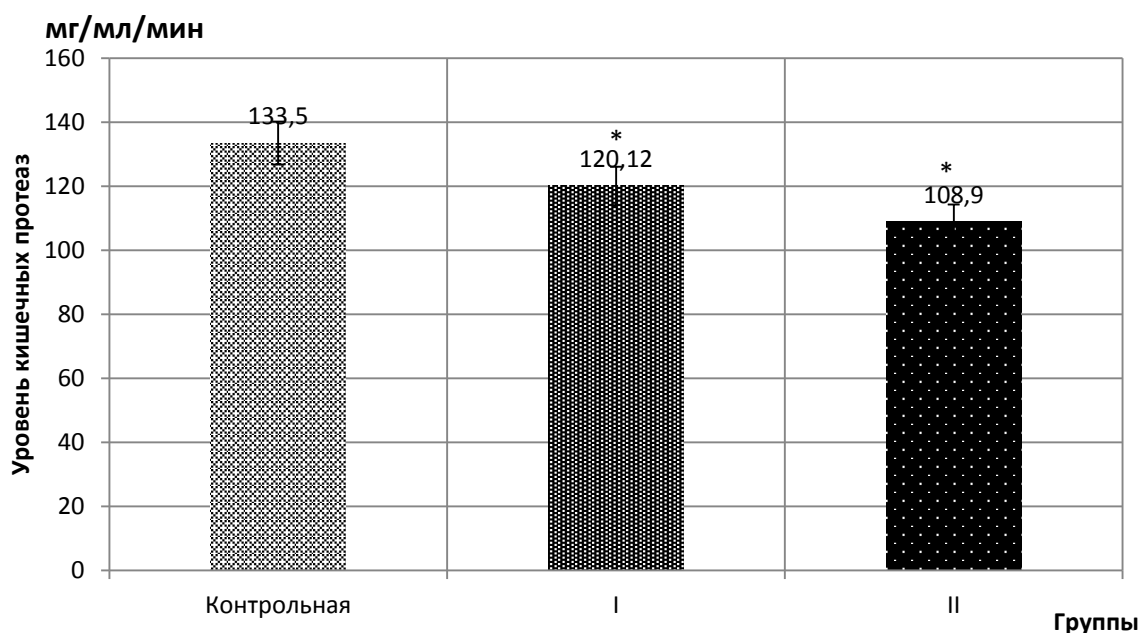
При включении в рационы железа отмечено увеличение липолитической активности в I группе на 76,4 %, во II группе на 65 % относительно контрольных показателей (рисунок 60).



Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 60 - Динамика активности фермента липазы в соке поджелудочной железы у бычков при введении железа на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$).

Дополнительное включение железа снижала активность протеаз в I группе на 10 %, а во II на 18,4 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольного рациона ($133,5 \pm 1,64$ мг/мл/мин) (рисунок 61).



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 61 - Динамика активности кишечных протеаз в соке поджелудочной железы у бычков при введении УДЧ железа на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$)

Необходимо отметить, что при введении в рацион животных соевого шрота на фоне использования железа активность кишечных протеаз была выше, чем при включении подсолнечного жмыха, на 9,3 %.

Амилолитическая активность панкреатического сока при замене контрольного рациона на белковые значительно снижалась при включении подсолнечного жмыха на 44 %, соевого шрота – на 25 %. Уровень активности амилазы в I группе был ниже в 2,5 раза, а во II в 1,4 раза относительно данного показателя в контрольной группе (таблица 133).

Согласно фазовой секреции, уровень активности амилазы увеличивался в кишечную фазу регуляции панкреатической секреции во всех группах, включая контрольную. Также следует отметить, что совместное использование подсолнечного жмыха и железа показало увеличение активности фермента амилазы в панкреатическом соке на 45 % относительно введения соевого шрота и железа.

Таблица 133 – Уровень активности фермента амилазы сока поджелудочной железы у бычков (n=15, M±m), мг/мл/мин

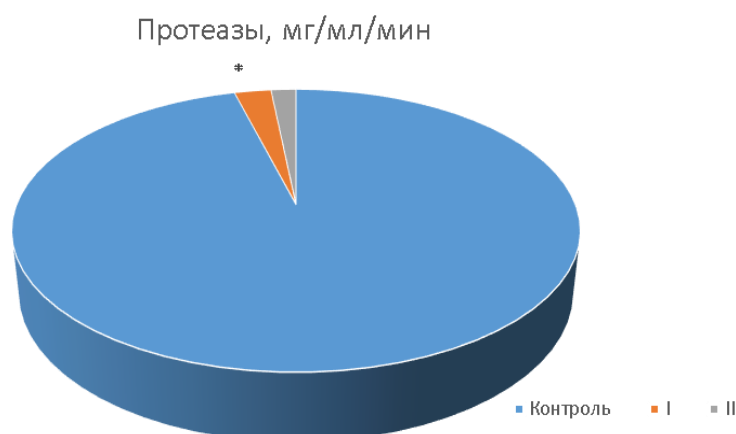
Экспозиция времени, мин	Контрольная	I опытная	II опытная
0-60	4800±800	2 020±330*	4 210±550
60-120	2600±220	1 300± 600	3 800±400*
120-180	4400±800	2 000±600*	3 600±800
180-240	5700±900	2 700±900*	3 500±900
240-300	5700±900	2900±900	3 400±800
300-360	5200±200	2 800±800*	2 300±900*
360-420	8000±600	2 700±900**	5 800±800
420-480	4700±700	2 300±800	3 800±600
0-480	5137,5±450	2089±550**	3800,5±380

Примечание: * - p≤0,05; ** - p≤0,01, при сравнении контрольной группой

Оценивая уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса, установлено, что введение в рацион железа значительно снижает активность амилазы в I опытной группе на 66 % (p≤0,05), во II группе на 29 % относительно контроля (рисунок 62).

Уровень активности липазы достоверно снижался в I опытной группе относительно контрольной на 76,6 % ($p \leq 0,05$), во II группе на 73,8 ($p \leq 0,05$).

Включение в рационы опытных групп железа снижало активность кишечных протеаз в I группе на 72,5 % ($p \leq 0,05$). Во II группе включение железа, напротив, стимулировало активность ферментов кишечных протеаз на 10,6 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных значений.



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

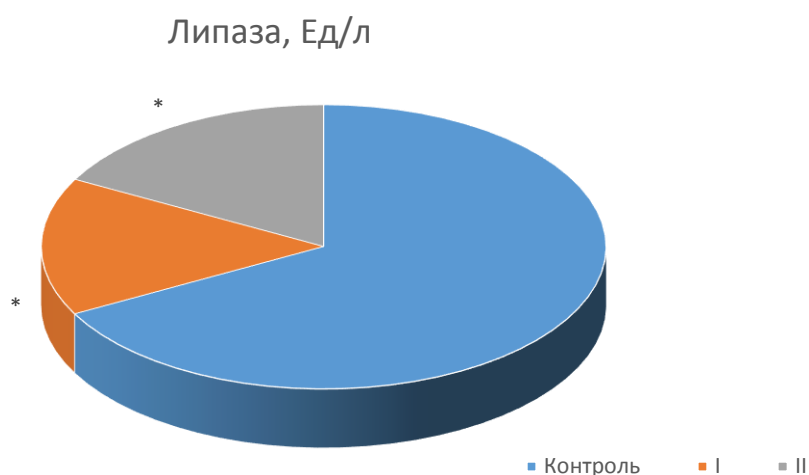


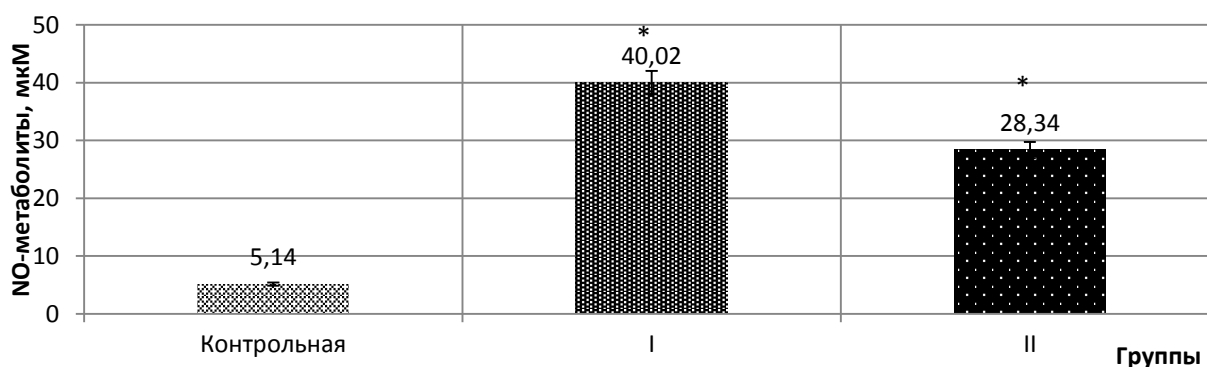
Рисунок 62 – Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса у бычков при введении железа на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$)

Совместное использование в рационах бычков белковых компонентов и железа значительно увеличивало уровень функциональной активности

поджелудочной железы, однако наряду с этим отмечено значительное снижение активности пищеварительных ферментов в соке поджелудочной железы, в частности, амилазы и кишечных протеаз, что указывает на развитие компенсаторных процессов во внешнесекреторной активности поджелудочной железы в ответ на изменение состава рациона.

Изменение уровня NO-метаболитов в сыворотке крови бычков. Важную роль в функционировании желудочно-кишечного тракта играет вазоактивный гормон эндотелия – оксид азота (NO). Пониженный синтез метаболитов азота связан с развитием сердечнососудистых и иммунных нарушений в организме. Повышенный синтез NO-метаболитов свидетельствует о нарушении в системе пищеварения, при этом NO угнетает продукцию соляной кислоты. С другой стороны избыточная продукция метаболитов оксида азота, за счет которой обеспечивается антимикробный эффект при воспалении, может превратиться из звена адаптации в звено патогенеза и стать менее опасным повреждающим фактором для организма, чем дефицит NO.

При введении в рационы железа был отмечен рост уровня метаболитов оксида азота во всех группах животных: при введении железа в рацион с подсолнечным жмыхом на 81,8 % ($p \leq 0,05$), с соевым шротом на 87,1 % ($p \leq 0,05$) (рисунок 63).

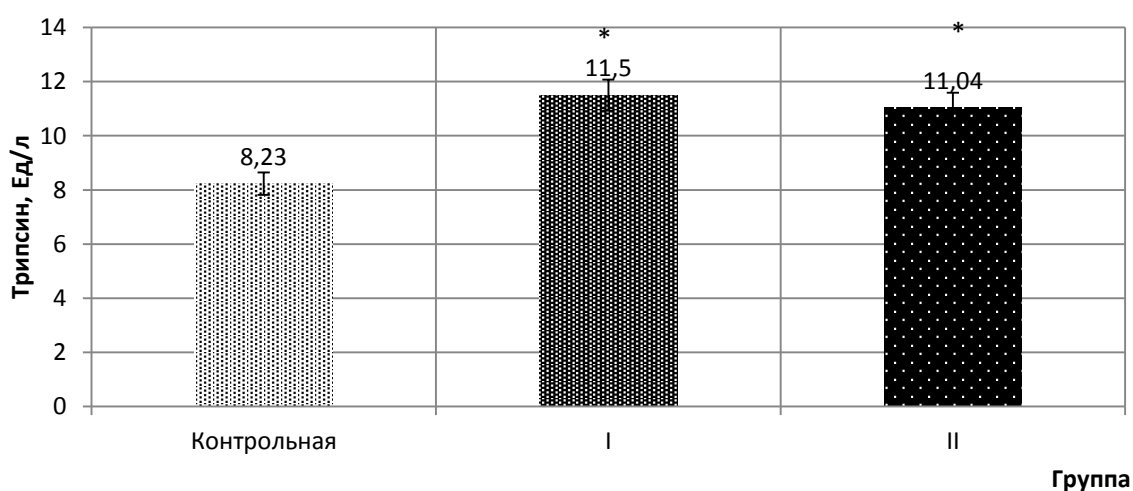


Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 63 – Уровень активности NO-метаболитов в сыворотке крови бычков при введении железа на фоне протеинового кормления ($n=15$, $M \pm m$), мкМ

Уровень трипсина в сыворотке крови. Показатели активности амилазы и липазы в сыворотке крови не всегда могут свидетельствовать о физиологическом напряжении поджелудочной железы при смене рационов, так как существует экстрапанкреатическая продукция этих ферментов. Трипсин является оптимальным маркером для выявления изменений в физиологическом состоянии поджелудочной железы, так как он специфичен для этого органа.

Установлено, что поступление трипсина в кровь уменьшает выход ферментов с панкреатическим соком, а введение ингибитора трипсина, напротив, сопровождается увеличением отделения ферментов. Определение активности трипсина показала, что при введении в рацион железа уровень трипсина в крови повышался во всех опытных группах (рисунок 64).



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Рисунок 64 – Уровень активности фермента трипсина в сыворотке крови бычков при введении в рацион железа, Ед/л

Так отмечено, что при введении Fe при использовании стандартного рациона активность трипсина увеличивалась на 23,8 %. При включении ультрадисперсных частиц железа на фоне белковых рационов уровень активности трипсина повышается на 28,4 % в I группе, и на 25,5 % во II группе относительно контрольной группы.

Биохимические параметры крови бычков при включении в белковые рационы железа. Биохимические показатели сыворотки крови, отражающие обменные процессы в организме бычков, представлены в таблице 134.

Таблица 134 – Динамика биохимических показателей крови бычков (n=15, M±m)

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий белок, г/л	72,0±2,98	93±5,54*	93,5±5,82*
Альбумин, г/л	29±6,1	35±2,6	36±2,1
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,37	4,3±0,32*	4,35±0,16*
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,02	0,02±0,003***	0,07±0,02***
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,19	1,02±0,06***	1,08±0,08***
АЛТ, Ед/л	23,8±±4,3	30,0±3,3	25,5±2,6
АСТ, Ед/л	44,2±5,9	106±18,1*	106±26,7
Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ:АЛТ)	1,85±0,14	3,56±0,56*	4,15±0,76*
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,29	3,5±0,12**	2,31±0,03
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,13	1,04±0,14	1,82±0,32
Билирубиновый индекс	0,45±0,086	0,29±0,018	0,38±0,023
ЛДГ, Ед/л	3049±56,5	3694±248,5*	3664±260,0*
α-Амилаза, Ед/л	415±23,1	679±50,6*	555±12,6
Липаза, Ед/л	17,3±1,85	5,0±2,1**	6,0±1,6**
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,6	5,7±1,2	4,8±0,6
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,3	100,7±10,3	90,8±6,2
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	20,0±3,1	22,0±3,3
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,2	16,5±4,2	15,8±3,8
Железо, мкмоль/л	19,2±3,8	22,7±0,32	33,2±0,41**
Магний, ммоль/л	1,22±0,052	0,75±0,14*	0,81±0,12*
Кальций, ммоль/л	2,45±1,1	2,56±0,02	2,48±0,06
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,08	1,92±0,16	1,94±0,2

Примечание: * - p≤0,05; ** - p≤0,01, при сравнении контрольной группой

Большая часть протеина кормов в рубце подвергается гидролизу до аминокислот с последующим их дезаминированием до аммиака, избыток которого всасывается в кровь, попадает в печень и преобразуется в мочевины. Снижение уровня мочевины в сыворотке может указывать на напряженность синтетической функции печени или же на низкую степень распадаемости протеина кормов, а соответственно, на нарушение белкового обмена. Введение в рацион железа повышало интенсивность белкового обмена, так как концентрация мочевины и креатинина в сыворотке крови повышалась в опытных группах.

Дополнительное введение в рацион железа на фоне введения соевого шрота усиливало белковый синтез на 29,2 % ($p \leq 0,05$), на фоне введения подсолнечного жмыха на 29,9 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольного рациона. Аналогичная тенденция отмечалась и в отношении альбумина, его концентрация в сыворотке крови была выше в группах, получавших Fe, так в I группе на 17,1 %, во II на 19,4 %.

По уровню глюкозы в крови можно судить о интенсивности углеводного обмена. У высокопродуктивных здоровых животных концентрация глюкозы в крови имеет достаточно стабильные показатели, достигающие за счет особенностей углеводного обмена в целом, метаболизма углеводов на уровне клеток и тканей. В своих исследованиях нами отмечено снижение уровня глюкозы в крови опытных животных в I группе на 4,9 %, во второй группе на 18,4 % относительно контроля.

Интенсивность липидного обмена можно оценить по количеству триглицеридов и холестерина в сыворотке крови. Установлено, что в опытных группах снижались показатели жирового обмена, в частности триглицеридов на 93,1 % ($p \leq 0,01$) в I группе и на 75,9 % ($p \leq 0,01$) во II группе холестерина на 61,8 % в первой группе и на 59,6 % во II ($p \leq 0,05$). Также в опытных группах отмечено снижение активности фермента липазы при сравнении с контролем на 71,1 % в I группе и на 65,5 % во II группе ($p \leq 0,05$).

При исследовании влияния на организм крупного рогатого скота был рассчитан билирубиновый индекс (БИ) крови, который характеризовал выделительную функцию печени и показывал уровень токсичности железа. Введение железа в опытные группы способствовало снижению БИ на 35,6 % и 15,6 % соответственно, и его уровень в I и II группах составил 0,29 и 0,38 при сравнении с контролем 0,45.

Установлено, что включение в рационы железа способствует достоверному повышению уровня Са в крови животных I группы (4,3 %) и II (1,2 %) относительно контроля, а Р на 19,8 % и 20,8 % соответственно.

Особую роль в пищеварении жвачных животных принадлежит фосфору. В течение опыта происходило достоверное увеличение неорганического фосфора в опытных группах животных на 19,8 % и 20,6 % соответственно. Также следует отметить и увеличение уровня Fe относительно контроля на 15,4 % и 42,2 % ($p \leq 0,05$) соответственно в I и II группах и составил $22,7 \pm 0,4$ мкмоль/л и $33,2 \pm 0,6$ мкмоль/л. При этом уровень магния в сыворотке крови животных опытных групп был ниже, чем в контроле.

Тенденция к увеличению коэффициента де Ритиса наблюдалась при введении в белковые рационы Fe. Данный коэффициент максимально достоверно увеличивался в 2,2 раза во II группе и в 1,9 раза в I группе ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Следует отметить, что снижение уровня АЛТ способствовало увеличению данного коэффициента, что указывает на торможение периферических путей обмена (гликолиза, цикла Кори и т.д.) в клетке при неизменных центральных путях обмена веществ.

Таким образом, дополнительное включение железа в белковые рационы способствует усилению белкового и углеводного обменов в организме, что сопровождается увеличением уровня общего белка, альбумина и глюкозы в сыворотке крови. Следует отметить, что при снижении активности амилазы и повышении активности липазы в панкреатическом соке, данные показатели в

сыворотке крови имели обратную тенденцию, уровень липазы снижался на 65,3-71,1 % ($p \leq 0,05$), а α -амилазы повышался на 63,6-33,7 % ($p \leq 0,05$).

3.4.5 Научно-хозяйственный эксперимент по оценке влияния дополнительного введения железа в белковые рационы при выращивании молодняка крупного рогатого скота

Рост и развитие подопытных животных. Изучение влияния дополнительного включения железа на фоне использования белковых рационов было проведено на 30 бычках казахской белоголовой породы с 8 до 12 месячного возраста, разделенных на три группы по 10 голов в каждой. Бычкам контрольной группы скармливали основной рацион, бычкам опытных групп путем замешивания с концентрированной смесью на фоне введения белковых компонентов вводили минеральный препарат железа в дозировке 1,4 мг/кг сухого вещества рациона, в расчете на голову в сутки: I опытной группе в качестве белкового компонента вводили соевый шрот, II – подсолнечный жмых.

При постановке на эксперимент животные контрольной и опытных групп имели примерно одинаковую живую массу, которая составила 223,6-224,0 кг. Дополнительное включение в рацион бычков Fe способствовало повышению роста живой массы у животных опытных групп. Так к 12 месячному возрасту живая масса бычков опытных групп относительно контроля была выше: в I группе на 2,7 %, во II группе на 2,0 % (рисунок 65).

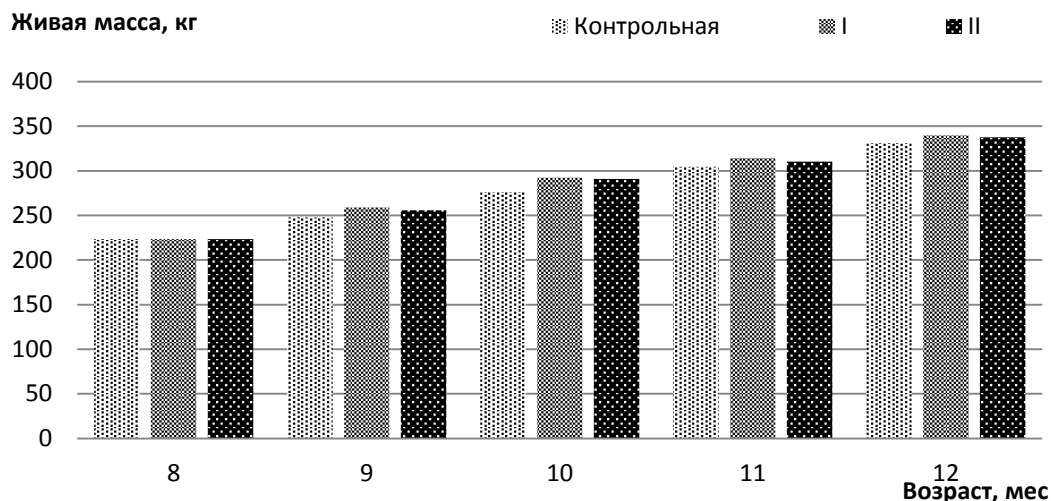


Рисунок 65 - Динамика живой массы бычков при дополнительном включении в белковые рационы железа, кг

Прирост живой массы за 5 месяцев исследования (с 8 до 12 месячного возраста) был выше в I опытной группе и составил 116,0 кг/гол, во II группе прирост составил 114,1 кг/гол соответственно. При этом данный показатель в контроле был 107,6 кг/гол (рисунок 66).

Среднесуточные приросты при использовании белковых компонентов также повышались относительно контроля (таблица 135). В опытных группах среднесуточные приросты были выше в периоды 8-9 и 9-10 месяцев.

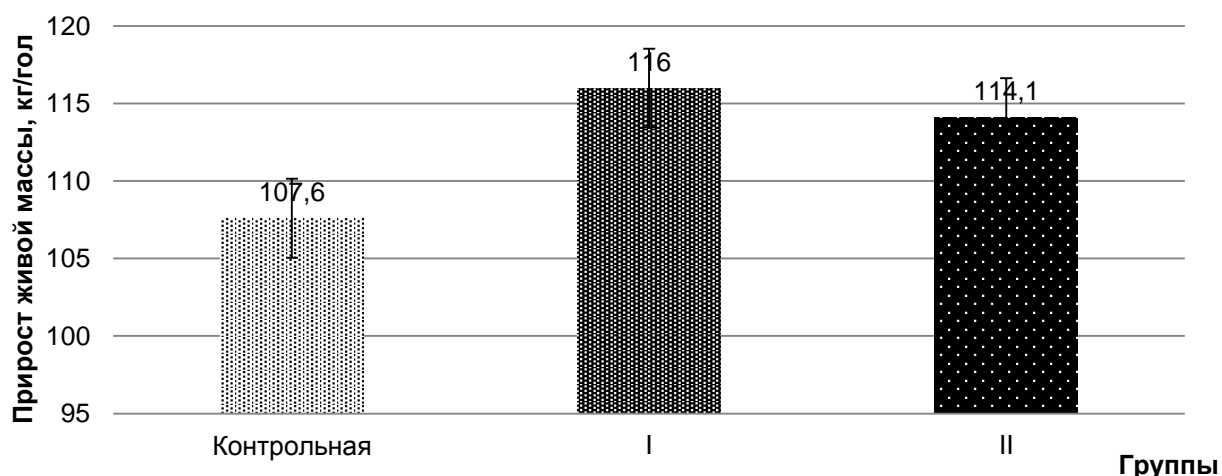


Рисунок 66 - Динамика прироста живой массы подопытных животных за период 8-12 месяцев при включении в рацион железа, кг/гол

Таблица 135 - Среднесуточный прирост подопытных животных, г/гол/сутки

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
8-9	816,7±35,12	1183,3±76,0	1066,7±65,3
9-10	946,7±48,23	1106,7±52,3	1176,7±62,5
10-11	936,7±28,2	730,0±20,6*	650,0±27,9*
11-12	886,7±14,25	846,5±18,1**	910,0±5,4**
8-12	896,7±31,26	966,7±19,1*	950,8±8,3*

Среднесуточный привес за весь период эксперимента относительно контроля в I группе был выше на 70,0 г/гол/сут, во II на 54,1 г/гол/сутки ($p \leq 0,05$).

Такая же тенденция отмечалась и в динамике абсолютного прироста живой массы (таблица 136). За весь период экспериментального исследования прирост живой массы бычков контрольной группы составил 107,6 кг/гол, в опытных группах данный показатель был выше относительно контрольного значения на 7,8 % ($p \leq 0,05$) и составил 116 кг/гол в первой группе, и на 6,0 % ($p \leq 0,05$) и составил 114,1 кг/гол во второй группе.

Таблица 136 – Динамика абсолютного прироста живой массы подопытных бычков, кг

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
8-9	24,5±1,24	35,5±2,38	32,0±1,68
9-10	28,4±1,910	33,2±1,73	35,3±2,34
10-11	28,1±1,62	21,9±1,60	19,5±1,35
11-12	26,6±1,58	25,4±1,70	27,3±2,01
8-12	107,6±5,24	117,6±1,51*	115,6±1,38*

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении с контрольной группой

Таким образом, включение в белковый рацион бычков крупного рогатого скота УДЧ железа способствует повышению переваримости питательных веществ корма и интенсивности роста живой массы подопытных

животных, что может свидетельствовать об улучшении обменных процессов в организме.

Экономическая эффективность использования энергетической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота различных белковых компонентов в сочетании с железом оказало влияние на экономические показатели их выращивания (таблица 137). Исходя из результатов научно-хозяйственного опыта, отмечаем, что между опытными и контрольной группами прирост за период исследования имеет существенные различия.

Так, совместное использование в рационе бычков соевого шрота и элемента железа в ультрадисперсной форме увеличивало прирост живой массы на 7,8 %, а при замене соевого шрота на подсолнечный жмых на 6,0 % при сравнении с контролем.

Таблица 137 - Экономическая эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	107,6±1,24	116,0±1,51	114,1±1,38
Общие затраты, руб.	12150,1	12720,2	12734,5
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	112,9	109,7	111,6
Сумма выручки, руб.	13450,0	14500,00	14262,00
Прибыль, руб.	1299,9	1780,0	1525,5
Рентабельность, %	10,7	13,9	11,9

Однако включение в рацион животных опытных групп железа, способствовало увеличению затрат на кормление и обслуживание животных. Так, в первой группе уровень общих затрат составил 12720,2 руб., что выше, чем в контроле, на 570,1 руб., а во второй группе – 12812,0 руб., что выше, чем в контроле, на 584,4 руб. Повышение уровня затрат обусловлено более

высокой стоимостью дополнительных белковых компонентов по сравнению с затратами на комбикорм и стоимостью железа.

Увеличение прироста живой массы бычков опытных групп компенсировало затраты, связанные с выращиванием и откормом, при этом себестоимость 1 кг прироста в опытных группах относительно контроля снижалась в I группе на 2,8 % и составила 109,7 руб., а во II группе на 1,2 % и составила 111,6 руб.

В результате наибольшего прироста живой массы увеличивалась и сумма выручки, которая в I группе составила 14500 руб., что выше, чем в контроле, на 1050 руб., а во II группе – 14262 руб., что выше контроля на 812 руб.

Прибыль, полученная в результате использования кормовой добавки с белковыми компонентами и железом, превышала аналогичное значение, полученное при скармливании контрольного рациона, на 480,1 руб. в I группе и на 255,6 руб. во II группе.

Уровень рентабельности в опытных группах по сравнению с контролем был выше, в I группе на 3,2 % и во II на 1,2 %.

Таким образом, экономическая эффективность выращивания подопытных бычков во всех группах имела положительные значения и зависела от изучаемых факторов кормления. Наиболее экономически выгодным и целесообразным является использование в кормлении бычков кормовой добавки, включающей соевый шрот и препарат железа, что повышает рентабельность производства до 3,2 % и увеличивает прибыль на 36,9 % при сравнении с контрольной группой.

3.5 Изучение влияния дополнительного включения микроэлементов хрома и железа в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота на пищеварение и обмен веществ в организме

3.5.1 Влияние дополнительного включения в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота хрома на функциональную активность пищеварительной системы

Содержали животных на рационах, включающих: сено разнотравное – 70 %, концентрированные корма – 30 % (таблица 138).

Таблица 138 - Состав и питательность жировых рационов при дополнительном введении УДЧ Cr₂O₃

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	7,0	7,0	7,0
Концентраты	2,0	2,0	2,0
Подсолнечное масло	-	0,3	-
Соевое масло	-	-	0,3
Патока кормовая	0,6	0,6	0,6
Премикс ПК-60	0,06	0,06	0,06
Соль	0,02	0,02	0,02
УДЧ Cr ₂ O ₃ , мкг/кг СВ	-	200	200
Итого, кг	9,68	9,98	9,98
В рационе содержится, (кг)			
Сухое вещество	7,51	7,51	7,51
Сырой протеин	0,87	0,87	0,87
Сырая клетчатка	1,74	1,74	1,74
Сырой жир	0,23	0,52	0,52
БЭВ	4,51	4,51	4,51
НДК	4,73	4,73	4,73
ОЭ МДж	70,72	81,82	81,82

Опытные и контрольная группы имели одинаковое количество СВ, СП, СК и БЭВ, различались только по уровню сырого жира на 26,1 % и обменной энергии на 15,7 % относительно контроля.

В целях изучения обменных процессов в организме молодняка крупного рогатого скота были проведены опыты по переваримости питательных компонентов корма, в частности аминокислот (таблица 139). Совместное

использование хрома и растительных жиров значительно улучшали переваримость аминокислот, так, если в контрольной группе представленные в таблице 139 аминокислоты переваривались на 91,7-94,7 %, то в опытных группах отмечена переваримость 99,1-99,8 %.

Таблица 139 - Переваримость аминокислот от общего содержания в рационе, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Аргинин	91,7±2,68	99,7±2,30	99,7±2,46
Лизин	92,6±2,21	99,6±2,52	99,6±2,38
Тирозин	91,9±2,56	99,7±2,89	99,7±2,29
Фенилаланин	92,4±2,43	99,6±2,49	99,6±2,32
Гистидин	92,0±2,29	99,7±2,54	99,8±2,60
Лейцин-изолейцин	93,6±1,33	99,0±2,26	99,1±2,10
Метионин	94,8±1,37	99,1±2,40	98,7±2,00
Валин	94,6±1,59	99,6±2,26	99,6±2,46
Пролин	91,8±2,52	99,5±2,29	99,6±2,28
Треанин	93,0±2,28	99,5±2,31	99,7±2,36
Серин	94,5±2,22	99,9±2,46	99,6±2,29
Аланин	92,5±2,51	99,3±2,51	99,3±2,31
Глицин	94,7±1,46	99,4±2,53	99,5±2,43

Анализ данных по переваримости питательных веществ рациона показал, что относительно контроля в I группе степень переваримости СВ рациона повысилась на 2,2 %, сырого протеина на 1,2 % ($p \leq 0,05$), сырого жира на 3,2 %, сырой клетчатки на 2,2 % ($p \leq 0,01$), органического вещества на 1,9 % ($p \leq 0,01$) и БЭВ на 2,4 % (таблица 140).

Использование в рационе сочетания соевого масла и хрома повышало переваримость сухого вещества на 3,5 % ($p \leq 0,05$), органического вещества на 2,7 %, сырого протеина на 1,5 %, сырого жира на 4,0 % ($p \leq 0,05$), сырой клетчатки на 2,6 % ($p \leq 0,01$) и БЭВ на 2,8 % относительно контроля.

Таблица 140 - Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	60,2±2,01	62,4±1,72*	63,7±1,98*
Органическое вещество	63,4±1,74	65,3±0,84*	66,1±1,64*
Сырой протеин	72,6±1,98	73,8±1,95	74,1±1,42
Сырой жир	59,4±1,74	62,6±0,64*	63,4±1,04*
Сырая клетчатка	46,6±1,28	48,8±1,05**	49,2±1,75**
БЭВ	67,3±2,08	69,7±1,72	70,1±1,64

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Так как рационы изменялись только дополнительным включением в дозировке 3 % от СВ растительных масел, поступление в организм животных азота в контрольной и опытных группах было примерно одинаковым (таблица 141).

Таблица 141 – Использование азота корма животными при дополнительном включении $C_{12}O_3$ на фоне использования белковых компонентов, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	136,2±0,30	137,2±0,24*	138,9±0,64**
Выделено с калом	75,4±0,28	75,2±0,18	74,4±0,32*
Переварилось	60,8±0,61	62,0±0,28	64,5±0,50**
Выделено с мочой	35,3±1,32	32,9±1,1**	35,0±0,98*
Отложено	25,5±1,61	29,1±0,16**	29,5±0,64**
Коэффициенты использования, %			
от принятого	18,7±1,18	21,2±0,06**	21,2±0,08**
от переваренного	41,9±1,54	46,9±1,61**	45,7±1,86**

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Однако обмен азота у бычков опытных групп относительно контроля изменялся. Так, при использовании соевого масла с хромом, в меньшей степени выделялся азот с калом и больше его переваривалось в организме, что составило 64,5±0,21 г/гол/сут и было выше, чем в контроле, на 6,1 % ($p \leq 0,01$).

В данной группе также было выше значение отложения азота в организме относительно контроля на 15,7 % ($p \leq 0,05$), при этом количество выделенного из организма азота оказалось ниже на 1,2 %. Включение подсолнечного масла с хромом в рацион бычков способствовало увеличению переваривания и отложению азота в организме, что составило $62,0 \pm 0,28$ г/гол/сут и $29,1 \pm 0,16$ г/гол/сут соответственно, что было выше, чем в контроле, на 2,0 % ($p \leq 0,01$) и 15,7 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Коэффициенты использования азота от принятого с кормом и от переваренного относительно контроля были выше в I группе на 2,5 % ($p \leq 0,01$) и 5,0 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Во второй группе данные показатели составили $21,2 \pm 0,08$ г/гол/сут и $45,7 \pm 0,56$ г/гол/сут соответственно от принятого и переваренного, что оказалось выше, чем в контроле, на 2,5 % ($p \leq 0,01$) и 3,8 % ($p \leq 0,01$).

Таким образом, использование в рационах растительных масел и микроэлемента хрома способствовало более эффективному использованию азота корма в организме бычков казахской белоголовой породы. Однако отмечено, что совместное использование подсолнечного масла и хрома более эффективно способствовало использованию азота корма.

Продуктивное использование энергии рационов. Как видно из полученных данных, потребление валовой энергии корма в контрольной и опытных группах различалось незначительно (таблица 142). У животных опытных групп, получавших растительные масла с микроэлементом хромом, отмечалась тенденция к большему потреблению валовой энергии. Разница между контрольной и опытными группами составила 11,0 %. Потери энергии с калом повлияли на уровень перевариваемой энергии, наиболее высоким данный показатель был при использовании соевого масла и хрома и был выше, чем в контроле, на 12,9 МДж. В I опытной группе уровень перевариваемой энергии был выше относительно контроля на 14,0 %. Такая же тенденция отмечалась и в

отношении обменной энергии, данный показатель в I группе составил $81,6 \pm 3,34$ МДж, а во II – $82,2 \pm 3,22$ МДж, против контроля $70,9 \pm 4,23$ МДж.

Таблица 142 – Поступление и характер использования энергии рационов, МДж

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Валовая энергия	$143,1 \pm 5,96$	$158,8 \pm 4,81$	$158,9 \pm 5,76$
Переваримая энергия	$86,2 \pm 4,64$	$98,3 \pm 3,48^*$	$99,1 \pm 3,54^*$
Обменная энергия	$70,9 \pm 4,23$	$81,6 \pm 3,34^*$	$82,2 \pm 3,22^*$
Чистая энергия поддержания	28,3	29,2	29,3
Обменная поддержания	41,8	43,2	43,4
Обменная продукции	29,2	38,3	38,9
Энергия прироста	8,1	10,6	10,8
КПИ ОЭ	27,7	27,7	27,7

Величина обменной энергии определялась потерями из организма с калом и мочой, при этом в опытных группах по сравнению с контролем данный показатель был выше на 15,1 % в первой группе и на 15,9 % во второй группе ($p \leq 0,05$).

Количество чистой и обменной энергии на поддержание жизни наиболее высокой было во II опытной группе и составило 29,3 МДж и 43,4 МДж соответственно. В I группе чистая энергия поддержания и обменная энергия поддержания были выше, чем в контроле, на 3,2 % и 3,3 % соответственно.

При этом дополнительное включение растительных масел и хрома не изменяло коэффициент продуктивного использования обменной энергии относительно контроля, однако следует отметить, что в контроле относительно опытных групп были выше энергия прироста и уровень обменной энергии на производство продукции.

3.5.2 Результаты опытов *in vitro* при дополнительном включении в жировые рационы хрома

Изменение таксономического состава микробиома рубца при дополнительном введении в жировой рацион хрома. Использование в рационе жировых компонентов и хрома не изменяло разнообразие бактериального сообщества рубца относительно контрольной группы (рисунок 67).

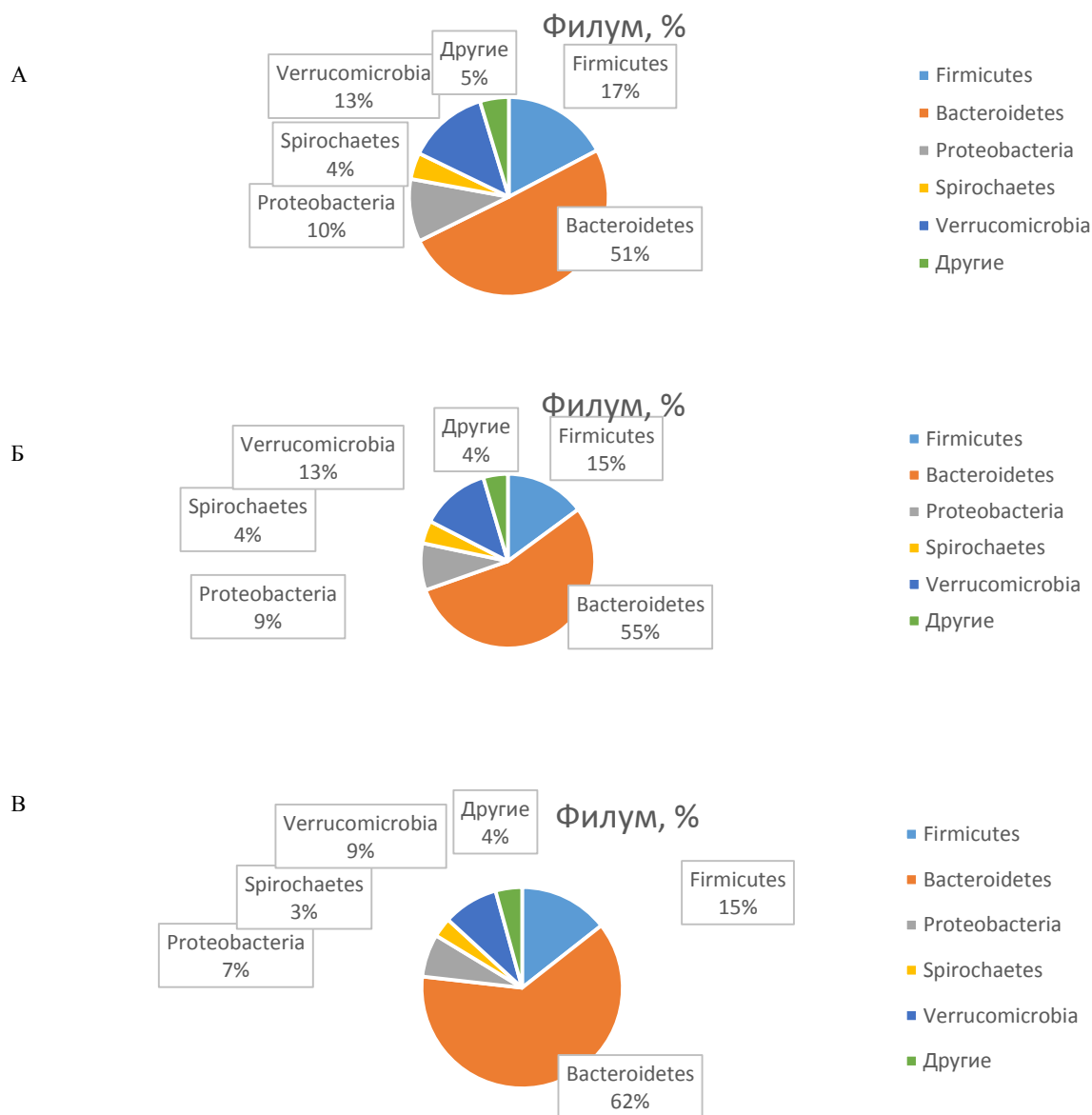


Рисунок 67 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro* на уровне филума, при использовании подсолнечного масла отдельно и в сочетании с хромом, %: А – контроль, Б – подсолнечное масло, В – подсолнечное масло и хром

Как в контрольной, так и опытных группах, доминирующими филумами оказались *Bacteroidetes*, их количество в контроле составило 51 %, а в опытных группах на 4-11 % выше и *Firmicutes*.

Соотношение *Bacteroidetes/Firmicutes* в контрольной группе составило 3:1, в группе с использованием подсолнечного масла 3,7:1, в группе с дополнительным включением растительного жира и хрома 4,1:1.

Включение добавок способствовало снижению численности представителей филума *Proteobacteria* на 1 % в присутствии подсолнечного масла и на 3 % при дополнительном включении хрома и жира.

Анализ таксономического состава микробиома рубца на уровне семейства показал следующую закономерность (рисунок 68).

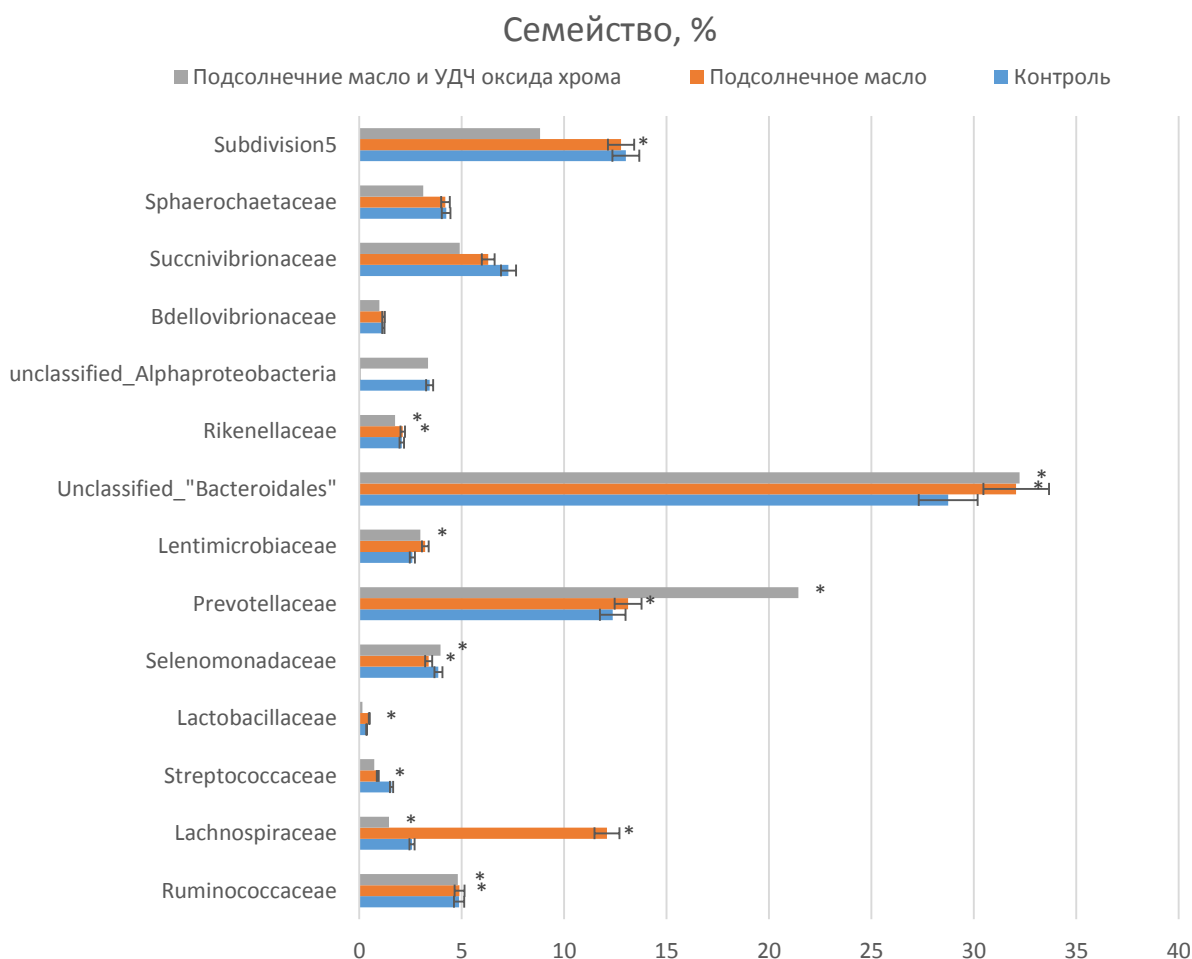


Рисунок 68 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro* на уровне семейства при дополнительном включении жиров и хрома, %

Включение растительного жира способствовало увеличению численности представителей семейства *Lachnospiraceae* на 9,5 %, *Prevotellaceae* на 0,75 %, *Lentimicrobiaceae* на 0,63 %, *unclassified_Bacteroidales* на 3,3 % относительно контроля.

Использование подсолнечного масла отдельно и в сочетании с хромом снижало обилие *Succnivibrionaceae*, *unclassified_Bacteroidetes*, *Streptococcaceae*.

Дополнительное введение хрома в жировой рацион повышало бактериальное разнообразие семейств *Prevotellaceae* на 9,1 %, *unclassified_Bacteroidales* на 3,5 % и, напротив, снижало количество представителей семейств *Lachnospiraceae* на 1,1 % и *Succnivibrionaceae* на 2,4 % относительно контроля.

Во всех изучаемых группах на уровне рода различия в составе микробиома оказались минимальными и незначительными, да и структура бактериальных сообществ под влиянием различных добавок носила стабильный характер.

Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на основном рационе, была отмечена между *Megasphaera* и концентрацией пропионовой кислоты ($r=0,64$) и масляной кислоты ($r=0,73$), *Bacillus* и аммиачным азотом ($r=0,73$), *Campylobacter* и белковым азотом ($r=0,70$), *Paraprevotella* и белковым азотом ($r=0,57$), *Pelobium* и общим азотом ($r=0,77$) и мочевиным азотом ($r=0,50$), *unclassified_Kiloniellaceae* и аммиачным азотом ($r=0,42$), *unclassified_Opitutaceae* и аммиачным азотом ($r=0,84$), в данном случае связь была положительной. Высокий уровень отрицательной корреляционной связи был отмечен между *unclassified_Opitutaceae* и аммиачным азотом ($r=-0,87$) (таблица 143).

Таблица 143 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на основном рационе

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валерьяновая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Bacillus	-0,30	0,20	0,36	-0,34	-0,14	0,24	-0,02	-0,29	0,73	0,24	-0,03
Campylobacter	0,33	0,24	0,32	-0,24	-0,09	-0,41	0,70	-0,16	-0,31	-0,19	0,16
Megasphaera	-0,26	0,64	0,73	0,02	-0,20	-0,39	-0,37	-0,20	-0,04	0,28	0,13
Paraprevotella	-0,22	-0,02	0,00	-0,05	-0,22	0,41	0,57	-0,71	0,33	0,34	0,08
Pelobium	-0,31	0,11	0,20	-0,23	0,20	0,77	0,13	0,30	-0,38	0,50	-0,12
Succiniclacticum	-0,23	0,14	0,31	-0,17	-0,21	0,18	0,34	-0,88	-0,10	0,02	0,36
unclassified_Killoniellaceae	-0,65	-0,30	-0,08	-0,30	-0,73	0,10	-0,17	0,09	0,42	-0,24	0,10
unclassified_Opitutaceae	0,32	-0,28	0,14	0,40	-0,07	0,32	0,07	0,28	0,84	-0,21	0,03

Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением соевого масла и УДЧ хрома, была выявлена между *Duncaniella* и валерьяновой кислотой ($r=0,80$), *unclassified_Sphaerochaetaceae* и мочевиным азотом ($r=0,80$).

Среднюю положительную зависимость обнаружили между *Comamonas* и небелковым азотом ($r=0,71$), *Schwartzia* и масляной кислотой ($r=0,43$) и валерьяновой кислотой ($r=0,71$). Также следует отметить и высокую отрицательную корреляционную связь *Lachnospiracea_incertae_sedis* и общим азотом ($r=-0,86$) (таблица 144).

Таблица 144 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением соевого масла и УДЧ хрома

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Comamonas	-0,02	0,21	-0,17	-0,32	0,08	-0,18	-0,17	0,71	0,20	0,09	0,31
Duncaniella	-0,15	-0,33	-0,35	0,80	0,10	0,23	-0,06	0,02	0,05	-0,06	0,19
Lachnospiraceae_incertae_sedis	0,14	-0,16	0,05	0,19	-0,11	0,86	-0,29	-0,06	0,41	0,12	-0,24
Monoglobus	0,13	-0,37	-0,24	-0,28	-0,29	0,76	0,39	0,06	-0,34	-0,24	0,43
Schwartzia	-0,05	-0,31	0,43	0,71	0,01	0,01	-0,05	-0,38	0,37	-0,01	-0,48
unclassified_Sphaerochaetaceae	-0,28	-0,15	-0,60	-0,19	-0,36	0,01	0,01	0,02	-0,57	0,80	-0,42

Положительная корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением подсолнечного масла и УДЧ хрома, была отмечена между концентрацией уксусной кислоты и *Anaerovibrio* ($r=0,82$), *Bifidobacterium* ($r=0,62$), *Cutibacterium* ($r=0,80$), *Monoglobus* ($r=0,73$), между концентрацией масляной кислоты и *Catabacter* ($r=0,52$) и *Clostridium* ($r=0,70$), между концентрацией общего азота и *Bifidobacterium* ($r=0,78$) и *Monoglobus* ($r=0,41$), белковым азотом и *Anaeroplasma* ($r=0,85$), аммиачным азотом и *Catabacter* ($r=0,74$) и *Streptococcus* ($r=0,82$), мочевинным азотом и *Catabacter* ($r=0,54$) и *Endomicrobium* ($r=0,53$) и *Streptococcus* ($r=0,65$), переваримостью в рубце сухого вещества и *Endomicrobium* ($r=0,51$) и *Methanomassiliicoccus* ($r=0,74$) (таблица 145).

Таблица 145 – Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением подсолнечного масла и УДЧ хрома

Показатель	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Anaeroplasma	0,25	0,06	0,36	-0,06	0,29	0,06	0,85	0,31	-0,42	0,08	0,06
Anaerovibrio	0,82	0,35	0,18	0,05	0,26	0,29	0,48	-0,06	0,15	-0,11	0,17
Bifidobacterium	0,62	-0,04	0,01	0,65	0,21	0,78	-0,24	0,10	-0,21	0,18	0,41
Catabacter	0,23	-0,12	0,52	0,26	-0,25	0,21	0,07	-0,25	0,74	0,54	-0,26
Clostridium	-0,06	0,06	0,70	0,37	0,23	-0,20	0,35	0,37	-0,03	0,28	0,23
Cutibacterium	0,80	0,37	0,31	-0,40	0,33	0,21	-0,35	0,28	0,34	-0,18	0,08
Endomicrobium	0,20	0,08	0,09	-0,27	0,71	0,59	0,37	0,47	0,03	0,53	0,51
Methanomassiliicoccus	-0,24	0,04	-0,07	-0,26	0,31	0,39	0,28	0,17	0,16	0,05	0,74
Monoglobus	0,73	0,07	0,23	-0,33	0,01	0,41	0,24	0,38	0,11	0,37	0,12
Streptococcus	-0,10	-0,32	0,13	0,09	0,11	-0,28	0,11	-0,19	0,82	0,65	0,21

В условиях отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства» нами были сформированы кормовые смеси, в качестве биосубстрата были выбраны пшеничные отруби, в качестве жировых компонентов использовали растительное масло (подсолнечное (I) и соевое (II)).

Переваримость СВ в контрольной группе составила 61,2 %. Введение УДЧ оксида хрома стимулировало переваримость СВ в РЖ. Относительно контроля переваримость СВ в I группе была выше на 3,6 %, во II на 2,2 % ($p \leq 0,05$) (рисунок 69).

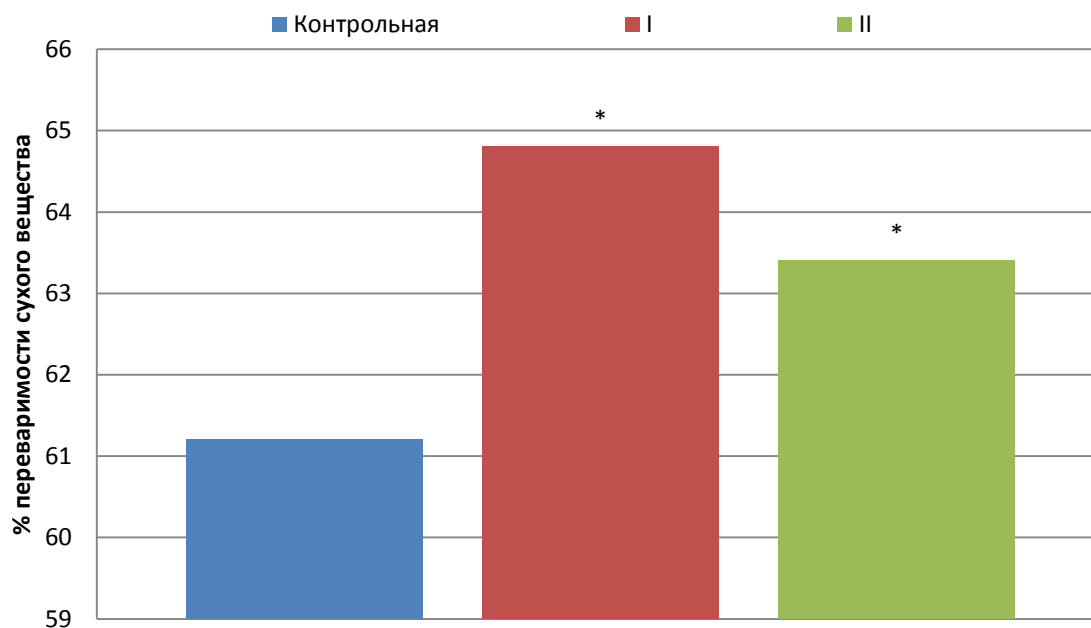


Рисунок 69 - Переваримость сухого вещества жировых рационов при дополнительном включении хрома

Изучение метаболических процессов, протекающих в рубце на фоне жировых рационов с дополнительным включением хрома. Интенсивность течения ферментативных процессов в рубце определяется по количеству конечных метаболитов в рубцовой жидкости. Уровень концентрации ЛЖК в образцах при введении ультрадисперсных препаратов на фоне использования жиров был различным (таблица 146).

Таблица 146 – Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров и УДЧ, ммоль/100 мл

Группа	Летучие жирные кислоты				
	Уксусная	Пропионовая	Масляная	Валерьяновая	Капроновая
Контрольная	0,98±0,12	0,94±0,040	0,88±0,25	0,98±0,04	2,56±0,04
I опытная	3,8±0,69**	1,8±0,31*	4,2±1,02*	0,86±0,021*	4,6±0,76*
II опытная	3,2±0,52**	≥1,00	3,9±0,90*	2,1±0,042*	4,5±0,45**

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

В контрольной группе при сравнении с опытными концентрация ЛЖК была ниже. Включение хрома показало смещение процессов ферментации в сторону ацетата и бутирата на 73,7 % ($p \leq 0,01$) и 76,2 % ($p \leq 0,05$) в I группе, и

на 68,8 % ($p \leq 0,01$) и 74,4 % ($p \leq 0,05$) во II группе соответственно. Концентрация капроновой кислоты при совместном использовании жиров и хрома увеличивалась в I группе на 44,3 % ($p \leq 0,01$) и во II группе на 43,1 % ($p \leq 0,01$).

Уровень азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном введении ультрадисперсных частиц оксида хрома на фоне использования в рационе жиров повышался (рисунок 70). Если учесть тот факт, что при введении в рацион жиров концентрация общего и белкового азота снижалась, то при дополнительном включении хрома значительно повышалась. Так при совместном использовании подсолнечного масла и хрома зафиксировано повышение относительно контроля уровня общего азота на 3,1 %, белкового азота на 5,1 %, концентрация небелкового и мочевинового азота в данном образце снижалась.

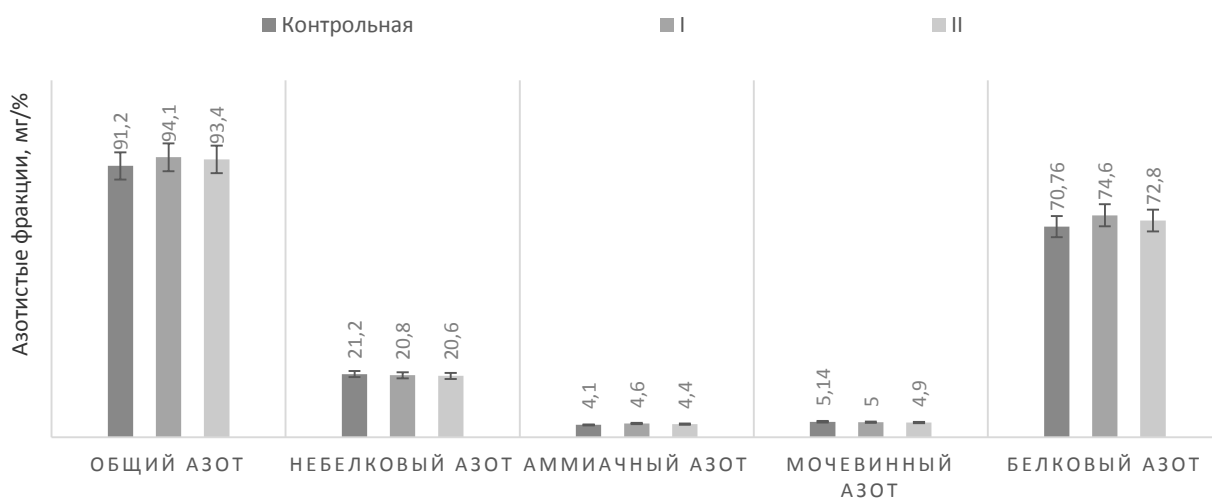


Рисунок 70 – Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров и хрома, мг/%

Использование в рационе хрома и соевого масла повышало концентрацию общего азота на 2,4 %, белкового азота на 2,8 %, аммиачного азота на 6,8 % относительно контрольных значений.

Уровень небелкового азота также играет большую роль в образовании микробного белка, однако включение минерала снижало его концентрацию в рубцовой жидкости независимо от источника жира.

Результаты гематологических исследований. При включении в рацион 10-ти месячных бычков хрома с различными источниками жира – подсолнечное и соевое масло – биохимические показатели крови были в пределах физиологической нормы (таблица 147).

Таблица 147 – Биохимические показатели крови бычков при включении в рацион жиров на фоне введения хрома

Показатели	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий белок, г/л	72,05±6,98	97,5±3,41*	94,22±3,45*
Альбумин, г/л	29,0±2,1	36,0±1,2*	41,6±3,9*
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,87	3,12±0,02	3,27±0,23
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,03	0,14±0,04	0,2±0,02*
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,29	1,45±0,28*	1,68±0,21*
АЛТ, Ед/л	23,8±4,3	27,9±3,2	26,1±2,8
АСТ, Ед/л	44,2±11,9	113,5±27,8	98,2±24,6
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,98	0,17±0,09	1,75±0,06
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,53	3,26±0,82	2,96±0,7
ЛДГ, Ед/л	3049,0±256,5	4648,0±645,2	3856,0±42,2*
α-Амилаза, Ед/л	415,0±23,1	573±42,6*	497±18,1*
Липаза, Ед/л	17,3±3,4	6,2±4,8	16,2±2,9
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,7	5,4±0,6*	5,1±0,5
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,3	100,7±8,6*	96,5±8,6
Щелочная фосфатаза, Ед/л	100±39,6	1612±666	898,6±243,2*
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	26,0±6,4	21,6±2,8
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±4,2	7,2±2,4	6,9±1,6
Железо, мкмоль/л	19,2±3,8	57,5±10,9*	41,5±7,5*
Магний, ммоль/л	1,22±0,2	0,84±1,4	0,88±0,7
Кальций, ммоль/л	2,45±1,1	2,6±0,2	2,06±0,02
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,44	2,53±0,2	1,92±0,4

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Гипергликемический эффект выразился в увеличении глюкозы на 5 % в опытной группе при добавлении подсолнечного масла по сравнению с группой

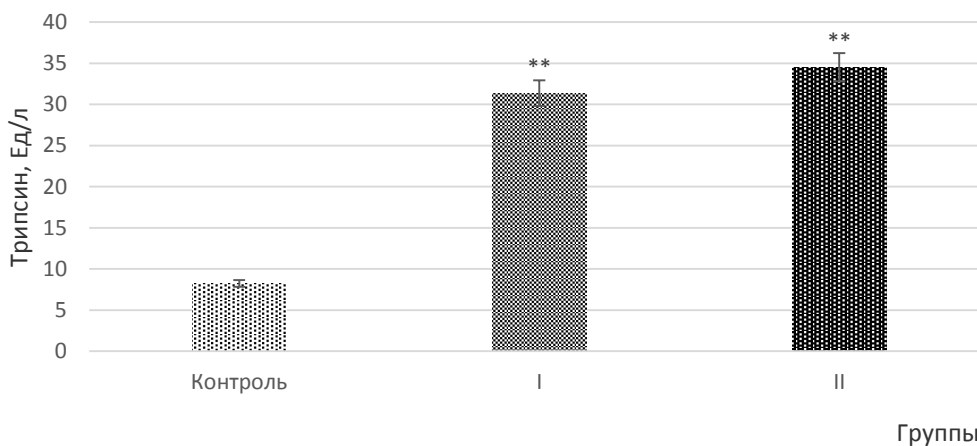
соевого масла, однако введение в данные рационы УДЧ хрома способствовало снижению уровня глюкозы в крови в I группе на 8,5 %, а во II на 4,1 %. Наряду с этим установлено, что введение в рацион хрома повышает уровень общего белка и альбумина в крови в I группе на 34,7 % и 19,4 % ($p \leq 0,05$), во II на 30,7 % и 30,3 % ($p \leq 0,05$) соответственно относительно контроля, что в комплексе свидетельствует о благоприятном влиянии хрома на белковый обмен.

Добавление новых элементов в корм может привести к увеличению мобилизации триглицеридов из тканей в кровотоки. Концентрации триглицеридов и холестерина, в присутствии в рационе растительных жиров, могут быть связаны с антиоксидантными и антибактериальными свойствами. Стимуляция липидного обмена выражалась в увеличении триглицеридов и холестерина в ответ на введение растительных жиров с микроэлементом хромом в рационы, однако необходимо заметить, что не всегда повышение уровня триглицеридов в сыворотке крови подопытных животных считается негативным воздействием на их здоровье, это может быть примером адаптации. Включение же в жировые рационы хрома способствует снижению уровня общих липидов в сыворотке крови: триглицеридов и холестерина в крови, при введении в рацион с подсолнечным маслом на 62,2 % и 60 %, с соевым маслом на 55,6 % и 66,3% соответственно ($p \leq 0,05$).

Несомненно, наиболее изученный аспект пищевой адаптации у жвачных животных включает в себя соотношение рациона и уровня α -амилазы поджелудочной железы. При включении в жировые рационы хрома нами установлено резкое увеличение уровня α -амилазы в сыворотке крови: при рационе с подсолнечным маслом + Cr в 1,4 раза, при рационе с соевым маслом + Cr в 1,2 раза ($p \leq 0,05$).

Такой подход включения различных ингредиентов в рацион животных позволил изучить секрецию панкреатического сока поджелудочной железы, проанализировать содержание фермента трипсина в режиме реального времени, содержание которого варьируется в ответ на различные компоненты

рациона. При введении в рацион хрома наблюдается увеличение уровня трипсина и в группе с подсолнечным, и в группе с соевым маслом относительно контрольных групп на 46,5 % и 43 % соответственно (рисунок 71).



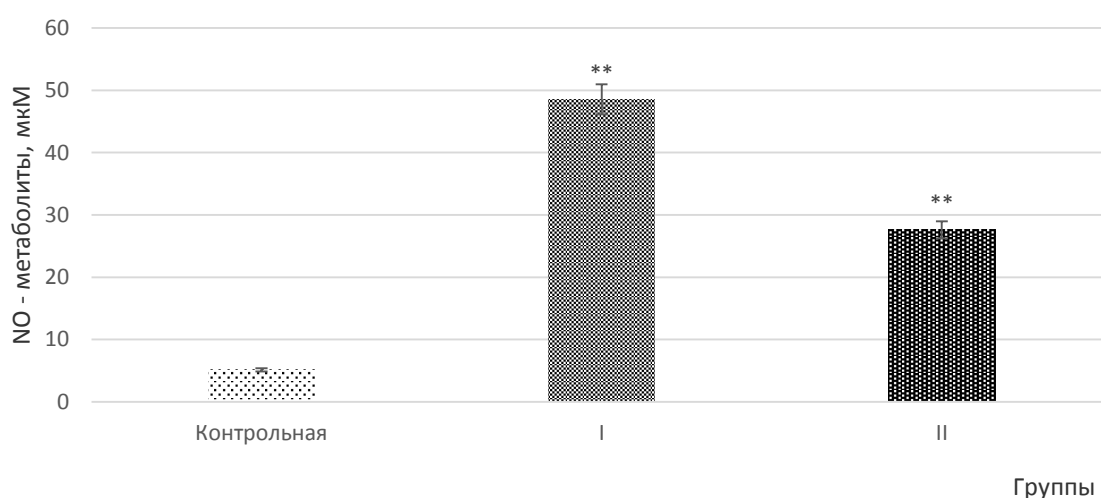
Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Рисунок 71 - Содержание трипсина в соке поджелудочной железы телят, Ед/л ($n=5$, $M \pm m$)

В этих условиях критическое количество белкового секрета необходимо для переваривания соевого рациона, в отличие от рациона с подсолнечным маслом. Данный результат, вероятно, связан с тем, что, во-первых, соевый белок более устойчив к деградации ферментов, во-вторых, после пищеварения в желудке скорость потока выше при содержании белка сои, и, в-третьих, кинетика постпрандиальной секреции поджелудочной железы неодинакова в ответ на рацион животных с различным ингредиентным составом.

На протекающие процессы метаболизма в желудочно-кишечном тракте в значительной мере оказывает влияние оксид азота (NO), который опосредует целый каскад физиологических процессов, в том числе регуляцию сосудистого тонуса, плазменного и тромбоцитарного звеньев гемостаза, нейротрансмиссию и формирование иммунного ответа, торможение пролиферации гладкомышечных клеток. При введении в жировой рацион хрома был отмечен рост уровня метаболитов оксида азота у всех животных.

Более высокий уровень NO на 29,4 % ($p \leq 0,01$) отмечался в рационе с добавлением подсолнечного масла на фоне введения хрома относительно контрольной группы. При введении в рацион соевого масла с хромом уровень активности NO-метаболитов был выше на 35 % относительно того же жирового рациона без присутствия хрома ($p \leq 0,01$). Различия метаболитов крови позволяют предположить, что они могут быть связаны с питанием животных и, как следствие, неодинаковые уровни альбумина, мочевины и глобулина в крови бычков (рисунок 72).

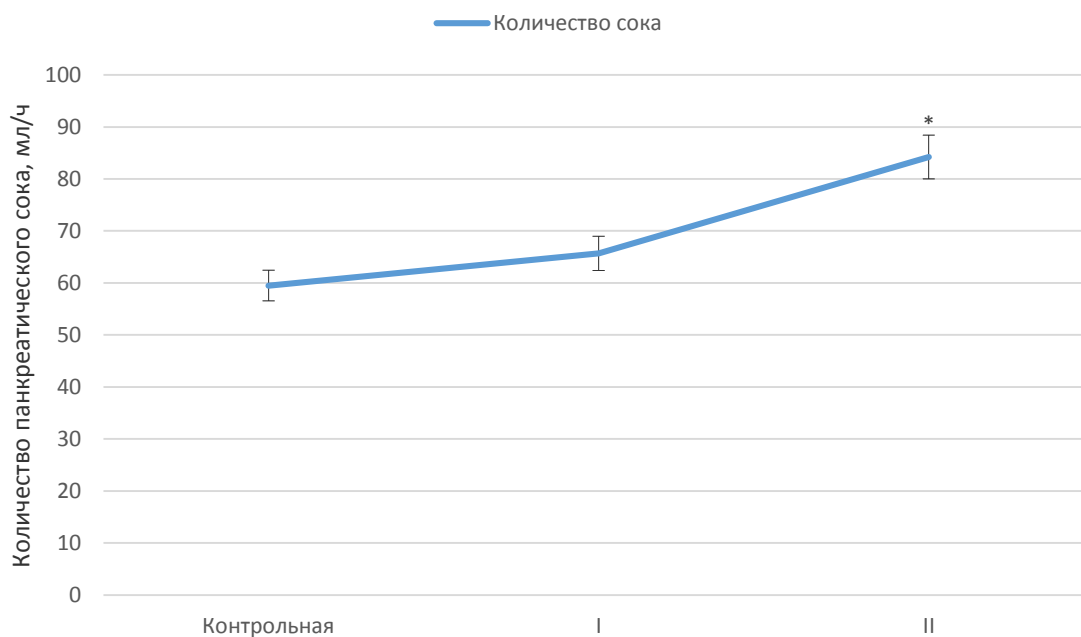


Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Рисунок 72 - Уровень метаболитов – NO в сыворотке крови теленка, мкМ ($n=5$, $M \pm m$)

Изменение уровня панкреатической секреции и активности пищеварительных ферментов сока поджелудочной железы. Установлено, что повышение функциональной активности поджелудочной железы способствует улучшению пищеварительных процессов в желудочно-кишечном тракте бычков и повышению переваримости питательных компонентов корма. Однако включение различных по ингредиентному составу кормов в рацион жвачных оказывает определенную нагрузку на пищеварительную железу, изменяя уровень ее внешнесекреторной функции и активность пищеварительных ферментов. Так дополнительное включение в

рацион растительных масел с хромом, независимо от источника жира, показало увеличение уровня секреции панкреатического сока (рисунок 73). Так в группе с включением подсолнечного масла и хрома количество сока поджелудочной железы составило $65,7 \pm 4,6$ мл/ч, что было выше, чем в контроле, на 9,4 %, а в группе с соевым маслом данный показатель составил $84,2 \pm 4,8$ мл/ч и был выше, чем в контроле, на 29,3 % ($p \leq 0,05$).



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Рисунок 73 – Количество панкреатического сока при дополнительном использовании в рационе жиров и хрома, мл/ч

В секрет поджелудочной железы выделяется большое количество пищеварительных ферментов, благодаря секреторной функции возможно регулирование их количества и соотношения в составе секрета при различных диетах, что обеспечивается в зависимости от ингредиентного состава корма.

Участие хрома в обменных процессах исключать нельзя, учитывая сложные механизмы пищеварения у крупного рогатого скота, что продемонстрировано при динамике активности пищеварительных ферментов в химусе. Результаты исследования активности пищеварительных ферментов сока поджелудочной железы в чистом виде и в составе доуденального химуса

бычков показали довольно значимые различия в активности ферментов при скармливании жиров разного происхождения в сочетании с хромом (таблица 148). Дополнительное включение подсолнечного масла с хромом показало большее увеличение активности пищеварительных ферментов относительно контроля: липазы на 87 % ($p \leq 0,05$), протеаз на 47,8 % ($p \leq 0,05$). Включение в рацион с соевым маслом УДЧ хрома повышает активность липазы и протеаз при сравнении с контролем на 70,8 % и 22,9 % ($p \leq 0,05$). Следует отметить, что совместное использование растительных жиров и хрома в рационах способствовало снижению активности фермента амилазы в опытных группах относительно контроля.

Таблица 148 - Активность ферментов панкреатического сока бычков при включении в корма различных видов жиров на фоне введения хрома ($n=5$, $M \pm m$)

Показатель	Рационы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Липаза, Ед/л	90,9±20,2	696,9±192,2*	310,9±65,7*
Амилаза, мг/мл/мин	5137,5±850	3668,8±416,9	2704,2±658,3
Протеазы, мг/мл/мин	133,5±14,3	255,9±38,8*	173,1±5,1*
Общий белок, г/л	0,46±0,02	0,52±0,03	0,71±0,08*
Фосфор, ммоль/л	0,14±0,04	0,45±0,09*	0,45±0,09*
Кальций, ммоль/л	2,33±0,12	2,07±0,04	2,01±0,08
α -Амилаза, Ед/л	4163,0±304,8	4141,6±170,5	3218,6±296,4

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Использование комплекса растительных жиров и микроэлемента хрома способствовало увеличению концентрации общего белка и фосфора в панкреатическом соке на 11,5 % и 35,2 % ($p \leq 0,05$) в I группе, и на 35,2 % ($p \leq 0,05$) и 68,9 % ($p \leq 0,05$) во II группе соответственно относительно контроля.

Уровень α -амилазы в I опытной группе составил 4141,6±7,45 Ед/л, что от контроля отличалось незначительно, во II группе данный показатель составил 3218,6±6,4 Ед/л, что было ниже, чем в контроле, на 22,7 %.

Так на основании данных таблицы 148 стоит отметить, что включение в рацион жиров и хрома повышается активность ферментов липазы и протеаз,

особенно при добавлении подсолнечного масла, что свидетельствует о стимуляции функциональной активности поджелудочной железы.

Тенденция к увеличению активности пищеварительных ферментов липазы и протеаз в составе дуоденального химуса отмечена в опытных группах относительно контроля (таблица 149). Так активность липазы была выше на 18,3 % и 3,7 %, а кишечных протеаз на 50,3 % и 46,6 % ($p \leq 0,05$) соответственно в I и II группах.

Таблица 149 - Активность ферментов дуоденального химуса у бычков при жировых рационах с введением хрома ($n=5$, $M \pm m$)

Показатель	Рационы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Липаза, Ед/л	23,2±2,4	28,4±0,2	24,1±0,3
Амилаза, мг/мл/мин	4780,0±511,0	2837,5±304,2*	2709,5±384,3*
Протеазы, мг/мл/мин	96,8±14,5	194,8±35,0*	181,4±23,5*
Общий белок, г/л	0,4±0,06	0,5±0,09	0,7±0,14
Фосфор, ммоль/л	0,12±0,02	0,17±0,05	0,3±0,09
Кальций, ммоль/л	2,5±0,05	2,3±0,08	2,4±0,04
α -Амилаза, Ед/л	2770,0±302,6	2957,7±121,7	3954,2±429,4

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Так же, как и в чистом панкреатическом соке, так и в составе химуса, использование растительных масел с добавлением хрома способствовало снижению амилалитической активности относительно контроля в I группе на 40,6 % ($p \leq 0,05$), во II группе на 43,3 % ($p \leq 0,05$).

Следует отметить увеличение концентрации в химусе животных опытных групп общего белка и фосфора при сравнении с контролем. Также необходимо заметить повышение уровня α -амилазы на фоне введения хрома при введении как подсолнечного, так и соевого масла. На основании вышеизложенного смеем предположить, что активность ферментов существенно меняется при изменении композиции пищи, причем специфически в ответ на введение в рацион соответствующих жировых компонентов на фоне минеральной добавки.

3.5.3 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения в жировые рационы хрома при выращивании молодняка крупного рогатого скота

Оценка дополнительного включения хрома на фоне использования жировых рационов была проведено на 30 бычках казахской белоголовой породы с 10 до 14 месячного возраста, массой при постановке на эксперимент 270-271 кг (таблица 150). Бычки контрольной группы получали стандартный рацион, животным опытных групп дополнительно включали в рацион подсолнечное и соевое масла в дозировке 3 % от СВ рациона с дополнительным введением хрома. Доступ к воде был свободным.

Однородность животных подопытных групп проводилась путем подбора аналогов по таким показателям, как физическое состояние, живая масса, возраст. Все животные имели среднюю упитанность и были клинически здоровыми. Во время эксперимента бычки находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

Таблица 150 - Динамика живой массы 10-14 месячных бычков при введении в рацион подсолнечного и соевого масел и хрома в дозировке 200 мкг/кг СВ, кг

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10	270,0±0,7	270,1±0,6	270,0±0,6
11	297,5±0,81	300,6±0,7*	302,4±1,5*
12	322,3±2,9	332,6±1,8*	335,2±3,3*
13	347,1±5,3	366,0±3,1	369,5±4,5
14	371,9±6,9	386,2±5,8*	388,1±8,4*
10-14	101,9±5,1	116,1±8,6**	118,1±9,8**

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Животные содержались группами в метаболических клетках (4,0×8,0 м) в помещении с оптимальными параметрами температуры и влажности для данного вида животных со свободным доступом к воде. В течение экспериментального периода температура окружающей среды поддерживалась между 23 °С и 25 °С.

К 11- месячному возрасту между контрольной и опытной группами уже отмечалась разница в живой массе. Бычки, получавшие в рационе в качестве жировой добавки соевое масло и хром, в весе были больше на 1,6 % ($p \leq 0,05$). В 12 месячном возрасте разница составила 3,8 % ($p \leq 0,05$) в пользу опытной группы. Аналогичная картина отмечалась и в 13- и 14-месячном возрасте, разница между группами составила 22,4 кг и 16,2 кг соответственно. К концу эксперимента абсолютный прирост в группе, получавшей соевое масло, был на 15,9 % выше относительно контроля ($p \leq 0,05$).

Включение в рацион в качестве жировой добавки подсолнечного масла + хром также стимулировало прирост живой массы относительно контроля. Так, в 11 месячном возрасте вес животных опытных групп превышал контроль на 1 %, в 12, 13 и 14 месячном возрасте на 3,1 %, 5,4 % и 3,8 % соответственно. Абсолютный прирост в группе, получавшей подсолнечное масло, был на 13,9 % ($p \leq 0,05$).

Таким образом, дополнительное включение растительных жиров в сочетании с хромом в рацион молодняка крупного рогатого скота способствует увеличению интенсивности роста и, следовательно, повышению продуктивности, о чем свидетельствует и величина среднесуточных приростов (таблица 151).

Таблица 151 - Среднесуточный прирост подопытных животных, г/гол/сутки

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10-11	916,7±12,2	1016,7±14,6**	1080,0±29,6**
11-12	826,7±107,3	1066,7±25,6**	1093,3±41,4*
12-13	826,7±42,4	1113,3±31,7**	1143,3±43,4**
13-14	826,6±28,2	673,3±43,1**	620,0±54,5*
10-14	849,2±40,3	967,5±35,8**	984,2±48,4**

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Разница по среднесуточному приросту за 4 месяца исследования между опытными и контрольной группами составила 118,2 г/гол/сут и 135 г/гол/сут ($p \leq 0,01$, $p \leq 0,01$).

Абсолютный прирост живой массы также на протяжении всего эксперимента был выше в опытных группах, и на конец эксперимента зафиксирован рост на 13,9-15,9 % ($p \leq 0,01$, $p \leq 0,01$) относительно контроля (таблица 152).

Таблица 152 - Динамика абсолютного прироста живой массы 10-14 месячных бычков при введении в рацион подсолнечного масла, кг/гол, месяц

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10-11	27,5±0,61	30,5±0,73*	32,4±0,82*
11-12	24,8±1,06	32±1,2**	32,8±1,3**
12-13	24,8±1,08	33,4±1,62**	34,3±2,6**
13-14	24,8±1,2	20,2±2,1**	18,6±3,2**
10-14	101,9±5,1	116,1±5,4**	118,1±4,73**

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Экономическая эффективность использования энергетической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Как показали расчеты, показатели экономической эффективности выращивания бычков были неодинаковыми (таблица 153). Общие затраты на выращивание и откорм молодняка между опытными группами отличались на 0,7 %, исходя из более высокой стоимости соевого масла по сравнению с подсолнечным. Разница с контролем в I группе составила 1295,5 руб., а во II – 1389 руб.

Себестоимость 1 кг прироста у бычков II группы, благодаря большему приросту живой массы, оказалась ниже, чем в контроле, на 3,4 % и составила 110,3 руб. Соответственно сумма выручки от реализации продукции и величина прибыли также оказались выше в группе животных, получавших добавку соевого масла с хромом. В данной группе прибыль была выше, чем в контроле, на 55,7 %, а уровень рентабельности – на 3,8 %.

Таблица 153 - Расчет экономической эффективности выращивания молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	101,9±5,1	116,1±8,6**	118,1±9,8**
Общие затраты, руб.	11637,0	12932,5	13026,0
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	114,2	111,4	110,3
Выручка от реализации продукции, руб.	12737,5	14512,5	14762,0
Прибыль, руб.	1100,5	1580,0	1736,0
Рентабельность, %	9,5	12,2	13,3

Примечание: ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

При использовании добавки с подсолнечным маслом и хромом в рационе бычков выручка от реализации продукции составила 14512,5 руб., что выше, чем в контроле, на 1775,0 руб., при этом прибыль оказалась выше на 43,6 %, а рентабельность на 2,7 %.

Таким образом, наилучший результат, с точки зрения экономической эффективности, был достигнут при использовании в кормлении молодняка крупного рогатого скота соевого масла в сочетании с препаратом хрома, уровень рентабельности производства при данном способе выращивания составил 13,3 %, а прибыль увеличивалась на 635,5 руб. при сравнении с контрольной группой.

3.5.4 Влияние дополнительного включения в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота железа на функциональную активность пищеварительной системы

Изменение таксономического состава микробиома рубца при дополнительном введении в жировые рационы железа. Желудочно-кишечный тракт является одной из наиболее метаболически активных тканей у жвачных животных, традиционно его основными функциями считались переваривание

и усвоение питательных веществ. Однако постоянное воздействие микробов в рубце (как комменсальных, так и потенциально патогенных) и их роль в процессах обмена в настоящее время считается необходимым для сохранения здоровья и благополучия животных.

Изменение рациона питания, характеризующееся увеличением доли жира в рационе с целью увеличения энергии для роста и развития, может вызывать дисбаланс в составе рубцовой микрофлоры, однако нами установлено, что дополнительное включение растительных жиров не оказывало существенных изменений в экосистеме рубца. Доминирующими филумами оказались *Bacteroidetes* ($54,71 \pm 1,29$ %) и *Firmicutes* ($14,91 \pm 0,62$ %) (таблица 154).

Таблица 154 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, подсолнечное масло, %

Филум	Класс	Семейство	Род
Firmicutes (14,91±0,62 %)	Clostridia (8,77±0,33 %)	Ruminococcaceae (4,89±0,11 %)	Unclassified_Ruminococcaeae (2,56±0,07 %)
		Lachnospiraceae (12,09±0,21 %)	Unclassified_Lachnospiraceae (1,01±0,08 %)
	Bacilli (1,38±0,26 %)	Streptococcaceae (0,90±0,18 %)	Streptococcus (13,7 %)
		Lactobacillales (0,48±0,11 %)	Limosilactobacillus (0,41±0,11 %)
	Negativicutes (4,09±0,13%)	Selenomonadaceae (3,38±0,1 %)	Selenomonadales (3,38±0,1 %)
Bacteroidetes (54,71±1,29%)	Bacteroidia (51,17±1,31%)	Prevotellaceae (13,12±0,88 %)	Prevotella (10,74 %)
		Lentimicrobiaceae (3,22±0,11%)	Lentimicrobium (3,22±0,11%)
		Unclassified_ "Bacteroidales" (32,07±0,62 %)	Род неизвестен (32,07±0,62 %)
		Rikenellaceae (2,12±0,04%)	Millionella (0,94±0,03 %)
			Mucinivorans (0,86±0,02 %)
			Род неизвестен (0,32±0,02 %)
Proteobacteria (8,71±0,31 %)	Deltaproteobacteria (1,25±0,08 %)	Bdellovibrionaceae (1,18±0,08 %)	Vampirovibrio (1,18±0,08 %)
	Gammaproteobacteria (6,33±0,27 %)	Succinivibrionaceae (6,29±0,27 %)	Succinivibrio (5,94±0,30 %)
Spirochaetes (4,23±0,26 %)	Spirochaetia (4,23±0,26 %)	Sphaerochaetaceae (4,2±0,26 %)	Sphaerochaeta (3,01±0,14 %)
			Род неизвестен (1,18±0,12 %)
Verrucomicrobia (12,89±0,43 %)	Subdivision5 (12,78±0,43 %)	Subdivision5 (12,78±0,43 %)	Subdivision5 (12,78±0,43 %)
Другие* (4,56±0,021 %)			

Примечание: * – в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2 % от общего числа

Анализ таксономического состава рубцовой жидкости при дополнительном использовании железа в ультрадисперсной форме на фоне применения жира в рационе продемонстрировал, что данная добавка не

оказывает влияния на структуру бактериального сообщества рубца (таблица 155).

Таблица 155 - Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, подсолнечное масло с дополнительным включением железа, %

Филум	Класс	Семейство	Род
Firmicutes (16,5±0,52 %)	Clostridia (8,95±0,27 %)	Ruminococcaceae (4,83±0,23 %)	Unclassified_Ruminococcaeae (2,75±0,13 %)
		Lachnospiraceae (2,27±0,15 %)	Unclassified_Lachnospiracaeae (1,02±0,05 %)
	Bacilli (1,22±0,14 %)	Streptococcaceae (0,94±0,07 %)	Streptococcus (0,93±0,07 %)
		Lactobacillales (0,27±0,07 %)	Limosilactobacillus (0,23±0,06 %)
	Negativicutes (5,68±0,65 %)	Selenomonadaceae (4,56±0,56 %)	Selenomonas (3,49±0,58 %)
Bacteroidetes (54,37±0,62 %)	Bacteroidia (51,05±0,80 %)	Prevotellaceae (13,49±1,02 %)	Prevotella (11,07±1,01 %)
			unclassified_Prevotellaceae (2,35±0,01 %)
		Lentimicrobiaceae (2,96±0,04 %)	Lentimicrobium (2,96±0,04 %)
		Unclassified_"Bacteroidales" (31,8±0,25 %)	Род неизвестен (31,8±0,25 %)
		Rikenellaceae (2,11±0,16 %)	Millionella (0,94±0,03 %)
			Mucinivorans (0,86±0,02 %)
			Род неизвестен (0,32±0,02 %)
Proteobacteria (9,70±0,58 %)	Deltaproteobacteria (1,10±0,05 %)	Bdellovibrionaceae (1,04±0,05 %)	Vampirovibrio (1,04±0,05 %)
	Gamma proteobacteria (7,40±0,71 %)	Succinivibrionaceae (7,33±0,71 %)	Succinivibrio (6,94±0,67 %)
Spirochaetes (3,68±0,35 %)	Spirochaetia (3,68±0,35 %)	Sphaerochaetaceae (3,64±0,36 %)	Sphaerochaeta (2,65±0,25 %)
Verrucomicrobia (11,32±1,18 %)	Subdivision5 (11,23±1,18 %)	Subdivision5 (11,23±1,18 %)	Subdivision5 (11,23±1,18 %)
Другие* (4,43±0,003 %)			

Примечание: * – в эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2 % от общего числа

Так же, как и в контрольном рационе, и с включением подсолнечного масла преобладающими филумами оказались *Firmicutes* (16,5 %), *Bacteroidetes* (54,37 %) и *Verrucomicrobia* (11,32 %).

Под влиянием железа численность семейств *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Lactobacillales*, *Unclassified_Bacteroidales*, *Lentimicrobiaceae*, *Sphaerochaetaceae* и *Subdivision5* относительно группы с использованием подсолнечного масла снижалась, а обилие семейств *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Succnivibrionaceae*, напротив, увеличивалось на 1,2 %, 0,4 % и 1,1 %.

У бычков на основном рационе отмечена высокая корреляционная зависимость между *Stomatobaculum* и концентрацией белкового азота ($r=0,84$), *unclassified_Clostridiales_Incertae Sedis* и переваримостью сухого вещества в рубце ($r=-0,93$) (таблица 156).

Таблица 156 – Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на основном рационе

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Anaerotignum	0,18	0,06	-0,03	0,12	0,37	0,74	0,20	0,16	0,15	0,34	0,05
Anaerovibrio	0,19	-0,12	0,04	0,17	0,17	0,02	0,00	0,08	0,42	-0,13	0,77
Chryseobacterium	0,09	0,35	-0,22	-0,01	0,20	0,08	0,73	-0,05	0,43	0,00	0,14
Denitrobacterium	0,11	0,04	0,28	0,14	0,01	0,15	0,23	-0,72	-0,29	0,27	0,23
Haloquadratum	0,19	-0,05	0,70	0,29	0,22	0,22	0,13	0,05	0,00	0,03	-0,05
Howardella	0,23	-0,02	-0,33	0,78	0,14	0,04	0,08	-0,07	-0,06	0,67	0,54
Millionella	0,05	0,01	-0,03	-0,09	0,13	0,38	-0,11	0,17	0,34	0,73	0,09
Oribacterium	0,17	0,49	0,75	0,30	0,26	-0,21	-0,06	0,44	0,18	0,34	0,16
Stomatobaculum	-0,31	-0,06	-0,20	-0,10	0,17	0,19	0,84	-0,39	-0,20	-0,15	0,08
unclassified_Bacteroidaceae	0,20	-0,22	0,06	-0,02	0,10	-0,21	0,49	-0,24	-0,22	0,71	-0,29
unclassified_Clostridiales_Incertae Sedis	0,47	0,61	0,06	0,29	0,20	0,41	0,31	-0,08	-0,11	-0,14	-0,93
unclassified_Erysipelotrichaceae	0,04	0,39	0,09	-0,22	0,46	0,59	-0,18	0,50	-0,03	-0,27	0,79
Vampirovibrio	-0,19	-0,03	0,16	0,79	-0,37	0,15	-0,14	0,10	0,06	0,16	-0,33

Средняя и слабая степень положительной корреляционной зависимости в контрольной группе наблюдалась в отношении концентрации летучих жирных кислот и *unclassified_Clostridiales_Incertae Sedis*, *Haloquadratum*, *Howardella*, *Oribacterium*, а также между общим азотом и *Anaerotignum*

($r=0,74$), *unclassified_Erysipelotrichaceae* ($r=0,59$), белковым азотом и *Chryseobacterium* ($r=0,73$), *unclassified_Bacteroidaceae* ($r=0,49$), мочевиным азотом и *Howardella* ($r=0,67$) и *Millionella* ($r=0,73$), переваримостью СВ в рубце и *Howardella* ($r=0,54$) и *unclassified_Erysipelotrichaceae* ($r=0,79$).

Между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением соевого масла и УДЧ железа, была выявлена высокая и средняя степень положительной корреляции. Наибольшая достоверность во взаимодействии отмечалась между степенью переваримости в рубце сухого вещества и *Cutibacterium* ($r=0,79$) и *Ruminobacter* ($r=0,83$), концентрацией капроновой кислоты и *Millionella* ($r=0,90$), общим азотом и *unclassified_Peptostreptococcaceae* ($r=0,78$) (таблица 157).

Таблица 157 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением соевого масла и УДЧ железа

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Anaerobiospirillum	0,71	-0,19	-0,45	0,27	-0,20	0,07	0,05	0,05	0,44	0,51	0,08
Asteroleplasma	0,08	0,02	0,22	0,06	-0,10	-0,21	-0,07	-0,23	0,73	0,33	0,03
Butyrivibrio	-0,26	0,15	0,36	0,05	-0,33	-0,01	0,72	0,28	0,18	0,17	0,13
Cutibacterium	0,04	0,50	-0,11	0,16	0,61	0,23	0,18	0,70	0,46	0,23	0,79
Denitrobacterium	0,38	0,11	0,19	-0,02	-0,45	0,21	0,73	0,24	0,07	0,03	0,10
Elusimicrobium	0,29	-0,29	-0,14	0,41	-0,12	0,10	0,08	0,71	-0,06	0,51	0,46
Falcatimonas	0,50	0,12	0,75	0,16	0,03	0,34	-0,45	0,00	0,28	0,22	-0,36
Methanomassiliicoccus	-0,20	0,16	-0,38	0,77	-0,25	0,15	-0,02	0,45	0,34	0,17	-0,11
Millionella	0,36	0,20	-0,21	-0,01	0,90	0,60	0,03	0,22	0,09	-0,21	0,05
Ruminobacter	0,12	0,44	-0,12	0,36	0,02	0,41	0,47	-0,26	0,39	-0,19	0,83
Schwartzia	0,11	-0,04	-0,01	0,45	-0,29	-0,13	0,21	0,74	-0,02	0,16	0,46
unclassified_Peptostreptococcaceae	-0,45	0,77	-0,30	0,19	0,41	0,78	0,53	0,41	-0,10	0,40	0,25
unclassified_Prevotellaceae	0,65	0,72	0,06	0,15	0,52	0,23	0,10	0,03	0,02	-0,21	-0,06

При добавлении железа в рацион с подсолнечным маслом в отношении концентрации уксусной кислоты была отмечена отрицательная корреляционная связь с такими видами микроорганизмов, как *Duncaniella* ($r=-$

0,70), *Lactococcus* ($r=-0,48$), *unclassified_Kiloniellaceae* ($r=-0,72$), *unclassified_Prevotellaceae* ($r=-0,72$). Также средняя отрицательная корреляция отмечалась между *unclassified_Prevotellaceae* и капроновой кислотой ($r=-0,40$), *Duncaniella* и общим белком ($r=-0,52$), *unclassified_Prevotellaceae* и белковым азотом ($r=-0,68$), *Methanobacterium* и мочевиным азотом ($r=-0,75$) и переваримостью сухого вещества в рубце ($r=-0,46$). Положительных корреляционных связей в данной группе отмечалось очень мало, и они были невысокие. Наиболее достоверной положительная корреляция была между *Lactococcus* и белковым азотом ($r=0,49$) и переваримостью СВ в рубце ($r=0,71$) (таблица 158).

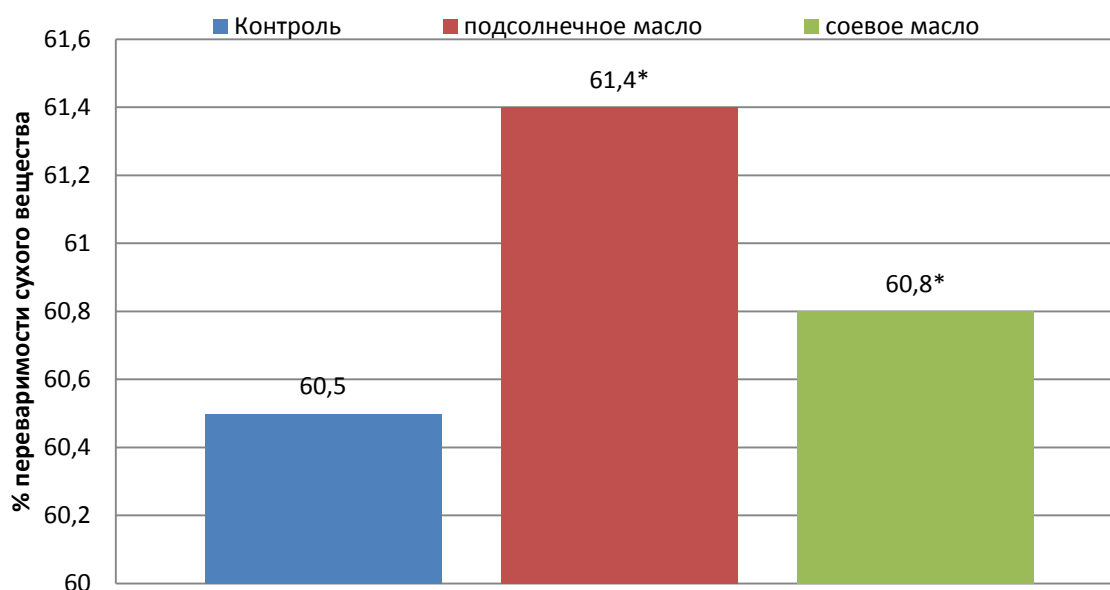
Таблица 158 - Корреляционная зависимость между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами в рубце бычков, находящихся на рационе с включением подсолнечного масла и УДЧ железа

Показатели	Уксусная кислота	Пропионовая кислота	Масляная кислота	Валериановая кислота	Капроновая кислота	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот	Переваримость СВ в рубце
Duncaniella	-0,70	-0,12	0,23	-0,17	-0,10	-0,52	-0,23	-0,05	0,04	-0,21	-0,24
Lactococcus	-0,48	-0,25	-0,28	0,23	-0,05	-0,03	0,49	0,03	-0,16	0,03	0,71
Methanobacterium	-0,33	-0,11	-0,13	0,15	0,48	-0,04	0,11	0,02	0,16	-0,75	-0,46
unclassified_Kiloniellaceae	-0,72	0,07	-0,31	-0,12	0,30	0,14	0,14	0,16	0,45	-0,35	0,15
unclassified_Prevotellaceae	-0,72	-0,04	-0,31	-0,24	-0,40	0,25	-0,68	0,02	0,11	0,04	-0,26

Дополнительное введение в опытную группу железа способствовало повышению переваримости сухого вещества (СВ) относительно контроля на 0,9 % на фоне использования подсолнечного масла и на 0,3 % при использовании соевого масла ($p \leq 0,05$) (рисунок 74).

Интенсивность метаболических процессов в рубце при включении железа на фоне использования жировых рационов представлена в таблице 159.

Дополнительное включение железа в жировые рационы усиливало течение обменных процессов в рубце, так в I группе уровень ЛЖК относительно контрольной группы повышался: ацетата на 80,8 % ($p \leq 0,05$), бутирата на 70,6 % ($p \leq 0,01$), капроновой кислоты на 67,2 % ($p \leq 0,05$).



Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Рисунок 74 - Переваримость сухого вещества жировых рационов при дополнительном включении железа

Таблица 159 – Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров и УДЧ Fe, ммоль/100 мл

Группа	Летучие жирные кислоты				
	Уксусная	Пропионовая	Масляная	Валерьяновая	Капроновая
Контрольная	0,98±0,09	0,89±0,01	0,95±0,03	0,99±0,06*	2,56±0,73
I опытная	5,2±1,82*	0,87±0,02	3,4±0,72**	0,94±0,04	7,8±1,41*
II опытная	5,4±1,75*	0,91±0,04	3,23±0,55**	0,99±0,03	8,1±1,55*

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Во второй группе отмечено повышение концентрации уксусной, масляной и капроновой кислот на 81,5 % ($p \leq 0,05$), 69,0 % ($p \leq 0,01$), 68,4 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Включение различных источников жиров в сочетании с железом не изменяло уровень пропионовой и валерьяновой кислот при сравнении с контролем.

Включение дополнительных компонентов в рацион способствовало изменению показателей рубцового пищеварения, в частности в отношении содержания азотистых фракций в РЖ (рисунок 75).

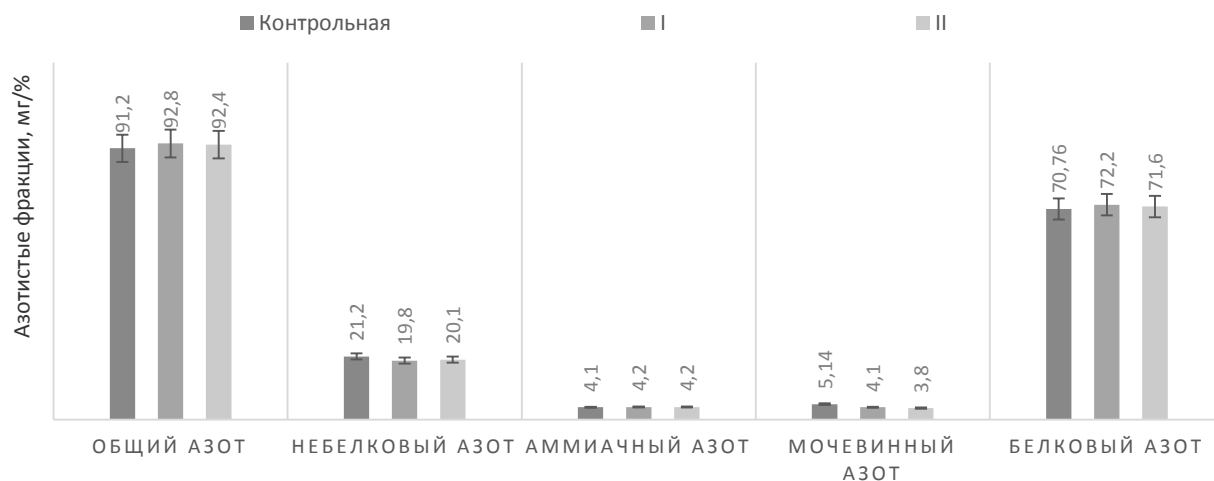


Рисунок 75 – Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров и железа, мг/%

Отмечено, что использование в сочетании подсолнечного масла и железа увеличивало концентрацию общего, белкового и аммиачного азота на 1,7 %, 1,1 % и 2,4 % соответственно относительно контрольного образца. Такая же картина отмечалась и при совместном использовании соевого масла и железа, тогда как жировые рационы снижали концентрацию азота в рубцовом содержимом: белкового на 9-12 %, общего на 23-25 %, аммиачного азота на 7,3-12,2 %, а уровень небелкового и мочевинового азота, напротив, увеличивали на 5,4-7,8 % и 11,4-17,1 % соответственно относительно контроля.

3.5.5 Изучение адаптационных процессов пищеварительной системы при введении железа в жировые рационы крупного рогатого скота

Бычки контрольной группы в период эксперимента получали рацион, включающий сено разнотравное (2 кг), смесь концентратов (1,5 кг), силос кукурузный (5 кг), солома пшеничная (1 кг), патока кормовая (0,1 кг), соль поваренная (0,04 кг), витаминно-минеральный премикс. В рацион животным I группы вводили подсолнечное масло + Fe, II группы соевое масло + Fe.

Масло вводили в расчете 3 % от сухого вещества рациона путем замены концентратной части рациона на исследуемые масла.

Железо вводили методом замешивания с концентрированной смесью рациона в дозе 2,2 мг/гол, контрольная группа и I опытная получали стандартный рацион (СР). Животных кормили два раза в сутки, в равных долях, утром и вечером.

Структура рациона и переваримость питательных компонентов корма. Разница по содержанию сырого жира, сырого протеина и обменной энергии достаточно значимая - 31,3 %, 8,3 % и 11,4 % соответственно (таблица 160).

Таблица 160 - Структура и показатели качества рациона

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сено разнотравное	7,0	7,0	7,0
Концентраты	2,0	2,0	2,0
Подсолнечное масло	-	0,3	-
Соевое масло	-	-	0,3
Патока кормовая	0,6	0,6	0,6
Премикс ПК-60	0,06	0,06	0,06
Соль	0,02	0,02	0,02
УДЧ Fe, мг/кг СВ	-	1,4	1,4
Итого, кг	9,68	9,98	9,98
В рационе содержится, (кг)			
Сухое вещество	7,51	7,51	7,51
Сырой протеин	0,87	0,87	0,87
Сырая клетчатка	1,74	1,74	1,74
Сырой жир	0,23	0,52	0,52
БЭВ	4,51	4,51	4,51
НДК	4,73	4,73	4,73
ОЭ МДж	70,72	81,82	81,82

Рационы для животных были сформированы по потребности в питательных веществах и энергии, но отличались по жирнокислотному составу вводимых растительных жиров.

Использование жиров в рационах имеет большое значение в кормлении сельскохозяйственных животных. Их недостаток влечет за собой задержку роста, нарушения воспроизводительной функции, снижение продуктивности и ухудшение качества продукции. Однако наличие в рационах большого количества жиров способствует нагрузке на систему пищеварения в целом, особенно для крупного рогатого скота. При насыщении рационов жирами изменяется активность пищеварительных ферментов, в результате чего сложные компоненты пищи недостаточно хорошо расщепляются и соответственно плохо усваиваются. При включении в рационы бычков препарата железа на фоне использования жировых компонентов использование питательных компонентов корма имело следующие особенности (таблица 161).

Таблица 161 – Коэффициенты переваримости питательных веществ, %

Наименование показателей	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	59,4±1,89	62,8±1,52	63,4±2,38
Органическое вещество	62,6±1,76	64,7±1,63	65,8±1,4*
Сырой протеин	72,3±2,6	74,5±2,8	75,0±2,46
Сырой жир	60,1±0,83	62,4±1,14*	63,4±1,43*
Сырая клетчатка	47,4±2,18	50,5±1,12	51,2±2,1
БЭВ	67,2±1,9	68,4±1,35	70,1±1,24

Примечание: *- $p \leq 0,05$, при сравнении с контрольной группой

Включение в жировые рационы железа способствовало достоверному увеличению переваримости СВ, СЖ, СП и сырой клетчатки относительно контроля. В I группе относительно контроля переваримость сухого вещества увеличилась на 3,4 %, сырого протеина на 2,2 %, сырого жира на 2,3 % и сырой клетчатки на 3,1 %, во II группе соответственно на 4,0 %, 2,7 %, 3,3 % и 3,8 %.

Также следует отметить, что включение УДЧ Fe в жировые рационы повышает переваримость органического вещества и БЭВ в I группе на 2,1 % и 1,2 % соответственно, во II группе на 3,2 % и 2,9 % соответственно.

По результатам балансового опыта следует отметить, что на протяжении всего исследования животные как контрольной, так и опытных групп потребили примерно одинаковое количество азота корма (таблица 162).

Таблица 162 – Использование азота корма бычками, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	131,1±1,04	133,9±0,64	136,9±1,42*
Выделено с калом	69,1±1,58	66,3±0,92**	68,2±1,18**
Переварилось	62,0±1,91	67,6±1,6**	68,7±1,88**
Выделено с мочой	36,2±0,72	39,1±0,97**	39,6±0,37**
Отложено	25,5±1,22	28,5±0,71**	29,1±0,93**
Коэффициенты использования, %			
от принятого	19,4±0,78	21,3±0,45**	21,3±0,52**
от переваренного	41,1±0,54	42,2±0,37	42,4±0,41*

Примечание: * - $p \leq 0,05$, ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Переваримость азота была более высокой в группе с использованием соевого масла и железа на 10,8 % ($p \leq 0,05$), в группе с подсолнечным маслом и железом на 9,0 % ($p \leq 0,01$).

На выделение неиспользуемого азота с калом и мочой оказывает влияние уровень переваримого азота. Однако следует отметить, что при высоком уровне переваримости азота во I группе, которая составила 67,6 г, отмечалось выделение с калом меньше, чем в других группах, и составило 66,3 г. При использовании в рационе соевого масла и железа переварилось азота 68,7 г, а выделилось с мочой 39,6 г, а с калом – 68,2 г.

Подводя анализ баланса азота в организме бычков, отмечаем, что большее отложение его в теле наблюдалось во II группе и было равно 29,1 г,

что выше, чем в контроле, на 14,1 % ($p \leq 0,01$). В I группе было отложено на 11,8 % ($p \leq 0,01$) больше азота, чем в контроле.

Использование комбинации подсолнечного масла и железа в рационе бычков улучшало коэффициенты использования азота относительно контроля на 1,9 % ($p \leq 0,01$) от принятого и 1,1 % ($p \leq 0,01$) от переваренного. При использовании соевого масла и железа коэффициент использования азота от принятого с кормом был выше на 1,9 % ($p \leq 0,01$), от переваренного на 1,3 % ($p \leq 0,01$) при сравнении с контролем.

Продуктивное использование энергии рационов. Эффективность использования энергии у животных контрольной и опытных групп при включении различных компонентов в рационы имеет некоторые особенности (таблица 163).

Таблица 163 – Поступление и характер использования энергии рационов, МДж

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Валовая энергия	143,6±2,96	155,1±1,98*	155,1±2,1*
Переваримая энергия	86,8±2,64	95,5±1,9*	97,3±2,44*
Обменная энергия	71,4±1,63	79,0±1,28**	80,6±1,31**
Чистая энергия поддержания	28,4±0,84	29,1±0,75	29,3±0,63
Обменная поддержания	41,9±1,22	43,1±1,72	43,2±1,94
Обменная продукции	29,4±2,43	35,9±1,98	37,3±2,3
Энергия прироста	8,2±0,61	9,9±0,54	10,3±0,68
КПИ ОЭ	27,7	27,7	27,7

Уровень валовой энергии в опытных группах от контрольной различался на 8 % в сторону увеличения в опытных группах. При этом величина переваримой энергии при использовании подсолнечного масла и железа была равна 95,5 МДж, что выше, чем в контроле, на 8,7 % ($p \leq 0,05$). В группе с использованием соевого масла и железа переваримая энергия составила 97,3 МДж, что выше относительно контроля на 10,5 % ($p \leq 0,05$).

Наибольшие показатели общего количества обменной энергии отмечались во II группе и были достоверно выше, чем в контроле, на 12,9 % ($p \leq 0,01$), при этом обменная энергия продукции составила 37,3 МДж против 29,4 МДж в контроле.

При использовании подсолнечного масла и железа в рационе бычков уровень обменной энергии был выше, чем в контроле, на 10,6 % ($p \leq 0,01$), обменной энергии на продукцию было затрачено больше на 22,1 %.

Энергия прироста была выше в группе с соевым маслом и железом, относительно контроля данный показатель был выше на 25,6 %, в группе с использованием подсолнечного масла и железа на 20,7 %, при этом коэффициент продуктивного использования обменной энергии в контрольной и опытных группах был одинаковым.

В целом животные опытных групп более эффективно использовали энергию относительно контроля, однако при использовании соевого масла и железа показатели использования энергии были выше.

Изменение уровня панкреатической секреции. Дополнительное обогащение рационов минеральными компонентами и изменение количественного и качественного состава корма оказывает существенное влияние на уровень панкреатической секреции и активность пищеварительных ферментов в нем.

При замене контрольного комбикорма на опытные образцы отмечено увеличение количества продуцируемого поджелудочного сока, что свидетельствует о стимуляции внешнесекреторной деятельности данными рационами с содержанием в них УДЧ железа поджелудочной железы (таблица 164).

Таблица 164 - Количество панкреатического сока, мл

Экспозиция времени, мин	Группы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
0-60	32±2,8	109±39,0	88±27,2
60-120	66±6,4	138±36,5	141±25,6*
120-180	67±8,3	228±60,1*	218,5±74,6
180-240	59±3,7	156,5±41,9*	184,5±63,8
240-300	55,5±5,2	142,5±59,9	168,5±41,3*
300-360	59,5±4,1	77±26,5	81,5±28,0
360-420	67±18,3	23±7,2	39±6,4
420-480	51,5±8,7	40±2,9	28±6,9
0-480	57,2±12,4	114,3±25,5*	118,7±35,8*

Примечание: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Так отмечено, что при замене контрольного рациона на рацион с использованием подсолнечного масла и железа количество панкреатического сока увеличивалось на 49,9 % ($p \leq 0,05$).

Включение в рацион бычков соевого масла и железа также усиливало панкреатическую секрецию относительно контроля на 51,7 % ($p \leq 0,05$).

В контрольной группе минимальное количество панкреатического сока выделялось в первые 60 минут до кормления животных. Уровень секреции увеличивался в рефлекторную и желудочную фазы панкреатической секреции, а затем снижался в кишечную фазу, в период 360-480 минут.

В опытных группах в первые 60 минут количество панкреатического сока было ниже, чем после кормления, однако максимальное снижение было отмечено в период исследования 360-480 минут.

Следует отметить, что на данном этапе исследования уровень панкреатической секреции в опытных группах был ниже, чем в контроле.

Активность пищеварительных ферментов в панкреатическом соке.
Включение дополнительных ингредиентов и качественный состав рациона приводят к избирательному изменению активности пищеварительных ферментов (таблица 165).

Таблица 165 - Динамика активности ферментов панкреатического сока при введении УДЧ Fe на фоне дополнительного введения в рацион жиров (n=15, M±m)

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Липаза, Ед/л	90,9±18,2	101,9±12,7	212±31,3*
Амилаза, мг/мл/мин	5137,5±1645,0	1698,4±433,0	1456,2±334,1
Протеазы, мг/мл/мин	133,5±4,3	155,8±8,6*	184,8±18,5*
Общий белок, г/л	0,46±0,02	0,38±0,013*	0,41±0,007*
Фосфор, ммоль/л	0,14±0,013	0,1±0,009*	0,1±0,01*
Кальций, ммоль/л	2,33±0,12	2,36±0,18	2,41±0,12
α-Амилаза, Ед/л	416,2±70,8	559,1±56,7	758,1±146,8

Примечание: при * – $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной с опытной группой

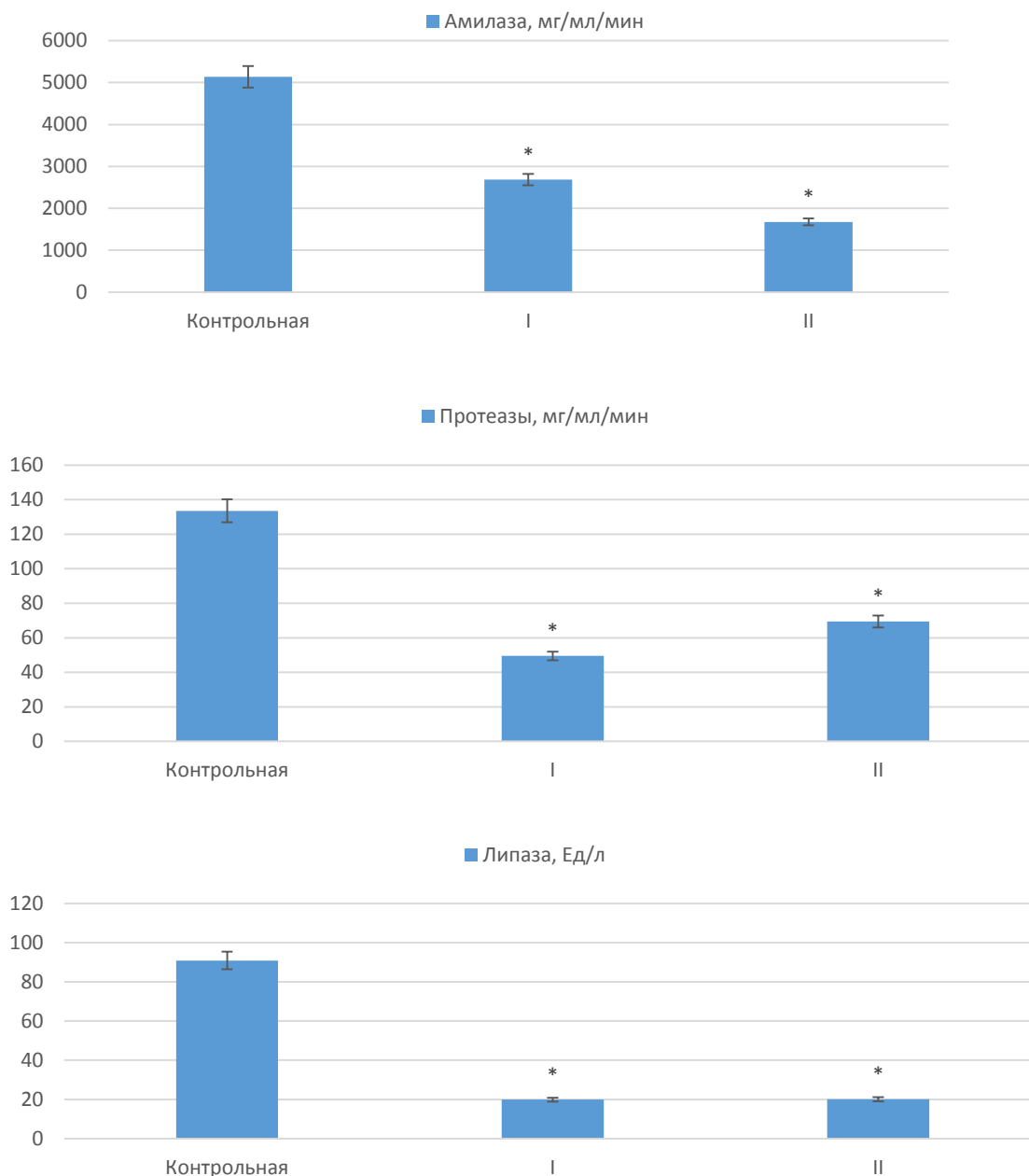
Дополнительное введение железа в рационы, включающие подсолнечное и соевое масла, повышало протеолитическую и липолитическую активность поджелудочной железы. Относительно контрольной группы, находящейся на стандартном рационе, в I группе достоверно усилилась активность фермента липазы и кишечных протеаз на 10,8 % и 14,3 % ($p \leq 0,05$) соответственно, во II группе на 57 % и 27,8 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Уровень амилазы в панкреатическом соке животных опытных групп был ниже относительно контроля на 66,9 % в I группе и на 71,7 % во II группе, при этом активность α-амилазы в опытных группах повышалась и составила 559,1 Ед/л и 758,1 Ед/л против 416,2 Ед/л в контроле.

Концентрация общего белка и фосфора в панкреатическом соке животных опытных групп была ниже, чем в контроле, в I группе на 17,4 % ($p \leq 0,05$) и 28,6 % ($p \leq 0,05$) соответственно, и во II группе на 10,9 % ($p \leq 0,05$) и 28,6 ($p \leq 0,05$) соответственно.

Уровень Са в опытных группах относительно контроля был немного выше, в I группе концентрация кальция составила 2,36 ммоль/л, во II группе 2,41 ммоль/л.

Активность пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса. Изучая уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса установлено, что введение в рацион ультрадисперсных частиц железа значительно снижает активность фермента амилазы как при стандартном, так и жировых рационах (рисунок 76).



Примечание: при * – $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной с опытной группой

Рисунок 76 – Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса у бычков при

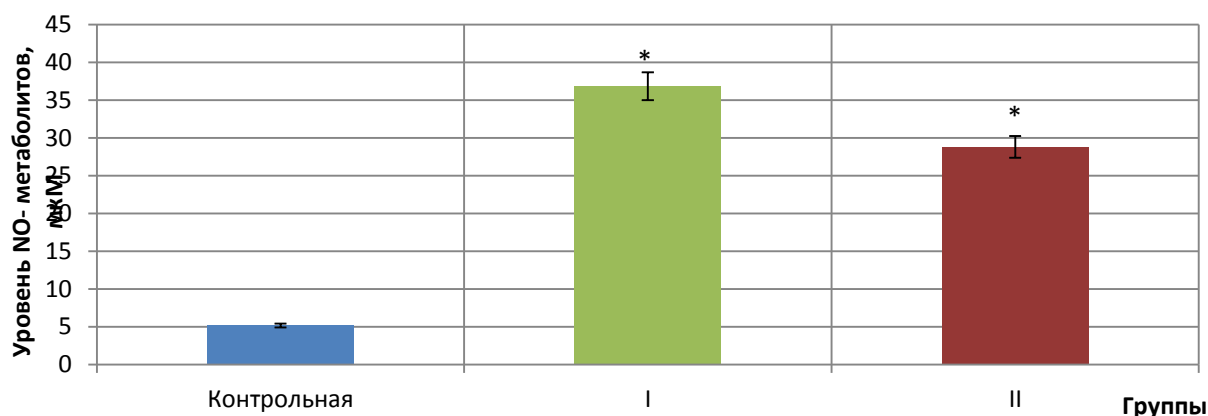
введении УДЧ железа на фоне жировых рационов (n=15, M±m)

В работе отмечено снижение активности амилазы при замене контрольного рациона на жировые с включением подсолнечного масла и железа на 47,7 % ($p \leq 0,05$), соевого масла и железа на 67,4 % ($p \leq 0,05$).

Тенденция к снижению активности отмечена и в отношении кишечных протеаз, так зафиксировано достоверное снижение активности протеаз в I группе на 62,9 %, во II группе на 47,9 % ($p \leq 0,05$).

Активность фермента липазы в дуоденальном химусе снижалась у животных, получавших жировые рационы с включением железа. Так в I группе данный показатель был достоверно ниже в 4,6 раза ($p \leq 0,05$), во II группе в 4,5 раза ($p \leq 0,05$) при сравнении с контролем.

Уровень NO-метаболитов. Уровень метаболитов оксида азота опосредует целый каскад физиологических процессов, в том числе регуляцию сосудистого тонуса, плазменного и тромбоцитарного звеньев гемостаза, нейротрансмиссию и формирование иммунного ответа, торможение пролиферации гладкомышечных клеток и оказывает значительное влияние на процессы обмена в пищеварительном тракте. В своих исследованиях нами отмечено повышение уровня NO-метаболитов во всех опытных группах относительно контрольных значений (рисунок 77).

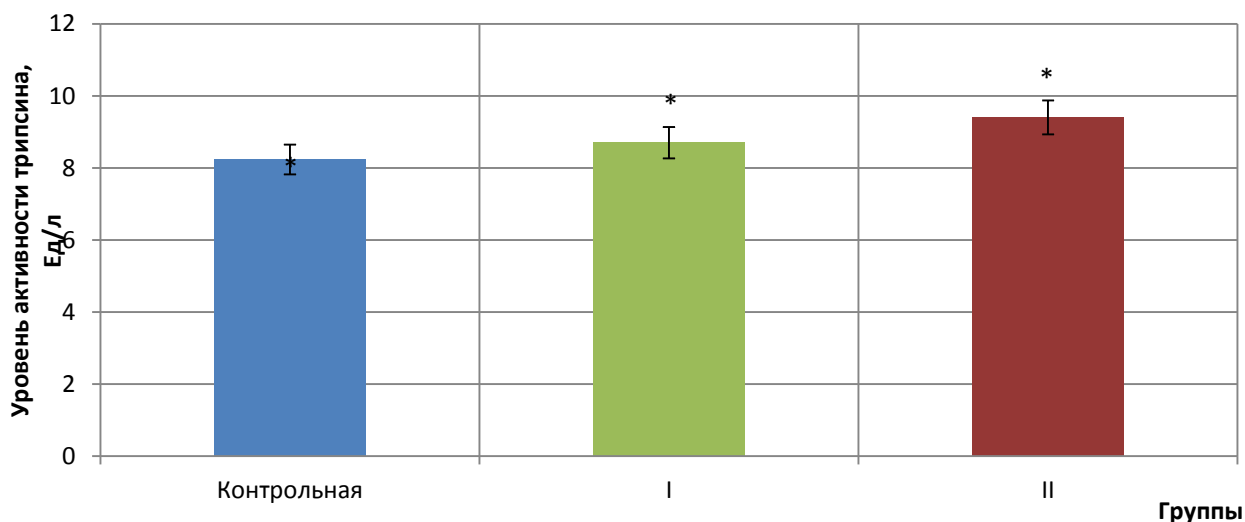


Примечание: при * – $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной с опытной группой

Рисунок 77 – Уровень активности NO-метаболитов в сыворотке крови бычков при введении УДЧ железа на фоне жировых рационов (n=15, M±m)

Дополнительное введение УДЧ железа в жировые рационы достоверно увеличивало уровень метаболитов оксида азота в I группе на 86 %, во II – на 82,2 % ($p \leq 0,05$).

Уровень трипсина в сыворотке крови. Показатели активности амилазы и липазы в сыворотке крови не всегда могут свидетельствовать о физиологическом напряжении поджелудочной железы при смене рационов, так как существует экстрапанкреатическая продукция этих ферментов. Трипсин является оптимальным маркером для выявления изменения в физиологическом состоянии поджелудочной железы, так как он специфичен для этого органа. Установлено, что поступление трипсина в кровь уменьшает выход ферментов с панкреатическим соком, а введение ингибитора трипсина, напротив, сопровождается увеличением отделения ферментов. Определение активности трипсина показало, что при введении в рацион железа уровень трипсина в крови повышался во всех опытных группах (рисунок 78).



Примечание: при * – $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной с опытной группой

Рисунок 78 – Уровень активности фермента трипсина в сыворотке крови бычков при введении в рацион железа, Ед/л

Дополнительное включение железа в рацион с подсолнечным маслом способствовало повышению концентрации трипсина в панкреатическом соке

на 5,7 %, а в присутствии соевого масла на 12,8 % относительно контрольного рациона.

Морфологический анализ крови. В результате анализа морфологических показателей крови установлено, что при замене контрольного рациона на опытный с введением соевого масла достоверно повышалось число лейкоцитов на 36,4 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, однако включение железа в данный рацион снижало количество лейкоцитов на 30,5 % ($p \leq 0,05$) (таблица 166).

Установлено, что включение как в контрольный, так и жировые рационы железа снижало количество лимфоцитов и моноцитов, а также эритроцитов – в I группе относительно контроля на 8 %, во II группе, напротив, выше на 8,5 % ($p \leq 0,05$).

Таблица 166 - Морфологические показатели крови крупного рогатого скота

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
WBC, $10^9/\text{л}$	7,5±0,15	6,9±0,23	8,2±0,2*
LYM, $10^9/\text{л}$	2,9±0,35	3,2±0,44	4,31±0,51
MID, $10^9/\text{л}$	1,3±0,3	1,2±0,2	1,6±0,3
GRAN, $10^9/\text{л}$	1,9±0,76	4,3±0,6*	4,36±0,8
RBC, $10^{12}/\text{л}$	5,08±0,04	4,88±0,08	4,86±0,06*
HGB, г/л	93±8,1	132±10,5*	121±8,22*
HCT, %	20,1±4,3	22,0±2,8	20,8±2,6
MCHC, г/л	349±26,9	388±36,5	368±34,2
PLT, $10^9/\text{л}$	201±19,8	216±18,2	206±14,6

Примечание * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной с опытными группами

Непосредственное содержание железа в гемоглобине и его участие в его образовании способствует повышению уровня гемоглобина в опытных группах при включении в рацион железа. Уровень гемоглобина в крови животных опытных групп достоверно повышался: в I группе на 29,5 %, во II на 23,1 % относительно данного показателя в контрольной группе. Уровень

тромбоцитов в контрольной и опытных группах был примерно на одном уровне.

Биохимические параметры сыворотки крови. Характерным индикатором, отражающим состояние организма в определенных условиях, в том числе к изменению условий кормления и содержания, является анализ крови. Биохимические показатели сыворотки крови, отражающие обменные процессы в организме бычков, представлены в таблице 167.

Таблица 167 – Динамика биохимических показателей крови бычков (n=15, M±m).

Показатели	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий белок, г/л	72,1±6,98	94,7±7,8	94,5±7,5
Альбумин, г/л	29±2,1	38±4,7	44,2±6,8
Глюкоза, ммоль/л	3,41±0,77	4,94±0,035*	5,22±0,06*
Триглицериды, ммоль/л	0,29±0,05	0,09±0,01**	0,07±0,01**
Холестерин, ммоль/л	2,67±0,29	0,92±0,23**	1,06±0,37**
АЛТ, Ед/л	23,8±±4,3	26,6±0,7*	26,3±1,9
АСТ, Ед/л	44,2±11,9	105,8±16,1*	108,6±24,8
Коэффициент де Ритиса (отношение АСТ:АЛТ)	1,86±0,14	3,98±0,70*	4,1±0,80*
Билирубин Общий, мкмоль/л	2,43±0,98*	2,16±0,12	1,94±0,22
Билирубин Прямой, мкмоль/л	1,11±0,023	1,05±0,012	1,84±0,26**
Билирубиновый индекс (БИ)	2,19±0,04	2,05±0,02*	1,05±0,35
ЛДГ, Ед/л	3049±156,5	3659±109,1*	3426±38,0*
α-Амилаза, Ед/л	415±23,1	358±16,2	346±21,6
Липаза, Ед/л	17,3±3,4	8,0±2,2	8,6±1,7
Мочевина, ммоль/л	3,2±0,7	5,0±0,9	4,4±0,55
Креатинин, мкмоль/л	74,5±6,3	93,1±5,3	92,8±5,8
γ-ГТ, Ед/л	18,3±2,6	24±2,1	21,0±2,3
Мочевая кислота, мкмоль/л	15,5±3,2	21,2±3,8	19,8±3,6
Железо, мкмоль/л	19,2±3,8	49,3±8,4*	36,8±6,6*
Магний, ммоль/л	1,22±0,052	0,84±0,17	0,78±0,19
Кальций, ммоль/л	2,45±1,1	2,6±0,18	2,32±0,12
Фосфор, ммоль/л	1,54±0,08	1,97±0,29	1,44±0,2

Примечание: * - $p \leq 0,05$, при сравнении контрольной группой

Железо способствует стимуляции белкового обмена. Увеличение уровня общего белка в сыворотке крови свидетельствует о лучшем усвоении азота корма, чему способствует и увеличение уровня ферментативной активности. Действие железа на фоне жировых рационов на белковый обмен в организме имело следующие особенности. Дополнительное введение железа повышало уровень общего белка в I группе на 31,3 % и во II группе на 31,1 % относительно контроля.

Тенденция к повышению отмечена и в отношении альбумина. Уровень альбумина достоверно повышался на 23,7 % в I группе и на 34,4 % во II группе ($p \leq 0,05$). Уровень мочевины в опытных группах относительно контроля был выше на 36 % в I группе и на 27,3 % ($p \leq 0,05$) во II группе.

Изменение жирового обмена определяли по изменению уровня триглицеридов и холестерина в сыворотке крови. Дополнительное введение в жировые рационы железа способствовало достоверному снижению уровня триглицеридов в сыворотке крови животных I группы на 68,9 % ($p \leq 0,01$) и во II группе на 75,9 % ($p \leq 0,01$) относительно контрольных значений. Подобная картина отмечена и в отношении уровня холестерина.

Воздействие элемента на течение углеводного обмена в организме оценивали по уровню глюкозы в крови, так уровень глюкозы достоверно увеличивался в I группе на 31 %, во II группе на 34,7 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Включение в опытные группы железа способствовало достоверному увеличению уровня железа ($p \leq 0,05$), однако уровень магния, кальция и фосфора снижался, но данные оказались недостоверными.

Включение в контрольный и жировые рационы ультрадисперсных частиц железа способствует как стимуляции, так и торможению некоторых процессов, которые напрямую зависят от его количества в корме. Увеличение соотношения АСТ/АЛТ может свидетельствовать о хронических процессах, связанных с паренхиматозным поражением печени вследствие интоксикации

организма тяжелыми металлами. В соотношении АСТ/АЛТ (коэффициент де Ритиса) АСТ отражает активность реакций центрального звена метаболизма, регулирует поступление субстратов в цикл Кребса с последующим их аэробным окислением, выполняет детоксицирующую функцию по отношению к аммиаку, включая его в цикл синтеза мочевины, а также обеспечивает восстановление в тканях содержания аспартата, снижающегося при дисбалансе аминокислот и гипоксии. Естественно, чем выше уровень АЛТ, тем ниже коэффициент де Ритиса. Дополнительное введение железа способствовало достоверному снижению уровня АЛТ в I группе на 10,5 % ($p \leq 0,05$) и во II группе на 9,5 % ($p \leq 0,05$) при сравнении с контрольной группой. Коэффициент де Ритиса был достоверно выше относительно контроля в I группе на 53,3 % и составил 3,98, во II группе на 54,6 % и составил 4,1 ($p \leq 0,05$).

При исследовании влияния ультрадисперсных частиц железа на организм животных, был рассчитан билирубиновый индекс (БИ) крови, который характеризовал выделительную функцию печени и показывал уровень токсичности железа. БИ относительно контроля достоверно снижался на 6,4 % ($p \leq 0,05$) в I группе и на 52 % ($p \leq 0,05$) во II группе.

Таким образом, включение в жировые рационы железа способствовало достоверному увеличению переваримости сырого жира, органического вещества и БЭВ, тогда как при жировых рационах и в группе, получавшей железо на фоне контрольного рациона, отмечено снижение переваримости сырой клетчатки и сырого протеина относительно контрольной группы. Дополнительное обогащение рационов железом и жировыми компонентами оказывает стимулирующее влияние на уровень панкреатической секреции, увеличивая количество продуцируемого сока в большей степени в группах, получавших минерал. Железо приводит к избирательному изменению активности пищеварительных ферментов поджелудочной железы. Дополнительное введение железа в рационы, включающие подсолнечное и соевое масла, снижало ферментативную активность поджелудочной железы

относительно контрольной группы, находящейся на стандартном рационе, в I группе достоверно усилилась активность фермента липазы и кишечных протеаз на 10,8 % и 14,3 % ($p \leq 0,05$) соответственно, во II группе на 57 % и 27,8 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Отмечено повышение уровня NO-метаболитов во всех опытных группах относительно контрольного показателя, что свидетельствует о повышении уровня резистентности. При морфологическом анализе зафиксировано достоверное повышение уровня гемоглобина в крови животных опытных групп: в I группе на 29,5 %, во II на 23,1 % относительно данного показателя в контрольной группе. Биохимический анализ крови показал, что все изучаемые параметры находились в пределах допустимых физиологических норм, однако следует отметить, что железо оказывает стимулирующее воздействие на белковый, жировой и углеводный обмены в организме. Отмечено достоверное повышение коэффициента де Ритиса в группах, получавших железо на фоне жировых рационов: в I группе он составил 3,98, во II группе 4,1 ($p \leq 0,05$). БИ относительно контроля оказался ниже во всех опытных группах, что показывает достаточно низкий уровень токсичности данного препарата.

3.5.6 Научно-хозяйственный опыт по оценке влияния дополнительного введения в жировые рационы железа при выращивании молодняка крупного рогатого скота

Рост и развитие подопытных животных. Оценка дополнительного включения железа на фоне использования жировых рационов было проведено на 30 бычках казахской белоголовой породы с 10 до 14 месячного возраста месяцев, массой при постановке на эксперимент 270-271 кг (таблица 168). Они по принципу пар-аналогов были сформированы в три группы по 10 голов в каждой. Животные контрольной группы содержались на стандартном рационе, бычкам опытных групп дополнительно вводили

растительные масла: подсолнечное и соевое в дозировке 3 % от СВ рациона, а также железо в дозировке 2,2 мг на 1 кг СВ в сутки.

Таблица 168 - Динамика живой массы 10-14 месячных бычков при введении в рацион подсолнечного и соевого масел и железа в дозировке 2,2 мг/кг СВ, кг

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10	270,0±0,7	270,1±0,65	270,2±0,72
11	297,5±0,81	301,1±1,51	301,3±1,81
12	322,3±2,9	331,9±1,95*	333,7±2,2*
13	347,1±5,3	362,9±3,21*	366,9±6,05*
14	371,9±6,9	384,5±6,53*	386,6±7,84*
10-14	101,9±5,1	114,4±5,4*	116,4±7,52*

Примечание: * $p \leq 0,05$, при сравнении с контролем

Однородность животных подопытных групп проводилась путем подбора аналогов по таким показателям, как физическое состояние, живая масса, возраст. Все животные имели среднюю упитанность и были клинически здоровыми.

К 11- месячному возрасту между контрольной и опытной группами уже отмечалась разница в живой массе. Бычки, получавшие в рационе в качестве жировой добавки соевое масло и железо, в весе были больше на 1,3 % . В 12 месячном возрасте разница составила 3,4 % ($p \leq 0,05$) в пользу опытной группы.

Аналогичная картина отмечалась и в 13- и 14-месячном возрасте, разница между группами составила 19,8 кг и 14,7 кг соответственно. К концу эксперимента абсолютный прирост в группе, получавшей соевое масло, был на 14,3 % выше относительно контроля ($p \leq 0,05$).

Включение в рацион в качестве добавки подсолнечного масла и железа также стимулировало прирост живой массы относительно контроля. Так, в 11 месячном возрасте вес животных опытных групп превышал контроль на 1,2 %, в 12 на 2,9 % , в 13 на 4,4 % и в 14 на 3,4 % ($p \leq 0,05$). Абсолютный прирост в группе, получавшей подсолнечное масло, был на 12,3 % ($p \leq 0,05$) выше относительно контрольного значения.

Таким образом, дополнительное включение растительных жиров в сочетании с железом в рацион молодняка крупного рогатого скота способствует увеличению интенсивности роста и, следовательно, повышению продуктивности, о чем свидетельствует и величина среднесуточных приростов (таблица 169).

Таблица 169 - Среднесуточный прирост подопытных животных, г/гол/сутки

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10-11	916,7±18,5	1033,3±34,2*	1036,7±33,1*
11-12	826,7±40,7	1026,7±43,5*	1080,0±55,4**
12-13	826,7±51,8	1033,3±31,3**	1106,7±44,0**
13-14	826,7±63,2	720,0±33,2**	656,7±46,2**
10-14	849,2±55,8	953,3±36,5*	970,0±47,8**

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$ при сравнении с контролем

Среднесуточные приросты в контрольной группе составили 826,7-916,7 г/гол/сутки. В опытных группах показатели среднесуточных приростов были выше на 11,3-29,7 % ($p \leq 0,01$) относительно контрольных значений и составили 720,0-1033,3 г/гол/сутки в группе с использованием подсолнечного масла и железа, и 656,7-1106,7 г/гол/сутки в группе с использованием соевого масла и железа.

Абсолютный прирост живой массы также на протяжении всего эксперимента был выше в опытных группах на 12,3-14,3 % ($p \leq 0,01$) относительно контроля (таблица 170).

Таблица 170 - Динамика абсолютного прироста живой массы 10-14 месячных бычков при введении в рацион растительных масел и железа, кг/гол, месяц

Возраст, мес.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
10-11	27,5±0,61	31,0±0,4**	31,1±0,44**
11-12	24,8±1,06	30,8±0,84**	32,4±1,1**
12-13	24,8±1,08	31,0±1,23*	33,2±2,2**
13-14	24,8±1,2	21,6±3,1*	19,7±2,4**
10-14	101,9±5,1	114,4±5,3*	116,4±3,5**

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$, при сравнении с контролем

Экономическая эффективность использования энергетической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Изменение ингредиентного состава рационов при выращивании молодняка крупного рогатого скота и включение дополнительных добавок, в частности препарата железа, оказали влияние на показатели экономической эффективности бычков (таблица 171).

Таблица 171 - Экономическая эффективность выращивания бычков

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	101,9±5,1	114,4±5,3*	116,4±3,5**
Общие затраты, руб.	11695,9	12760,0	12890,0
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	114,8	111,5	110,7
Сумма выручки, руб.	12737,5	14300,0	14550,0
Прибыль, руб.	1041,6	1540,0	1660,0
Рентабельность, %	8,9	12,1	12,9

Так как на кормовые добавки в рационы бычков опытных групп необходимы были дополнительные материальные расходы, общие затраты на выращивание и откорм бычков опытных групп оказались выше относительно контрольной группы. В I группе общие затраты составили 12760,0 руб., во II 12890,0 руб., что выше, чем в контроле, на 1064,1 руб. и 1194,1 руб. соответственно.

Общие затраты и валовый прирост живой массы оказали влияние на себестоимость 1 кг прироста. Отмечено, что самая высокая себестоимость была в контрольной группе животных, находящихся на стандартном рационе, в опытных группах себестоимость ниже относительно контроля на 3,3-4,1 руб.

Так как прирост живой массы бычков в I группе составил 114,4 кг и был выше относительно контроля на 12,3 %, а во II составил 116,4 кг и был выше на 14,3 %, сумма выручки от реализации продукции также оказалась выше. В I группе сумма выручки составила 14300,0 руб., а прибыль 1540,0 руб., во II группе 14550,0 руб. и 1660,0 руб. соответственно, при сравнении в контрольной группе данные показатели были ниже на 12,3-14,3 % сумма выручки, и уровень прибыли на 47,8-59,4 %.

Рентабельность в опытных группах относительно контроля аналогично прибыли также увеличивалась и составила в I группе 12,1 %, во II 12,9 %, что выше, чем в контроле, на 3,2 % и 4,0 % соответственно.

Таким образом, в ходе данного исследования установлено, что наиболее экономически эффективным является использование при откорме молодняка крупного рогатого скота мясного направления кормовых добавок с содержанием растительных жиров и минеральных веществ. Дополнительное включение в рацион бычков соевого масла с препаратом железа в нанодисперсной форме повышали прибыль на 59,4 % относительно контрольного рациона и рентабельность производства до 12,9 %.

3.6 Разработка математических моделей, описывающих метаболические процессы в организме бычков с различной нутриентной обеспеченностью рационов

С целью выявления комплексного взаимодействия и возможного прогнозирования функционального действия рациона для лучшего роста

бычков в будущем необходимо выявить взаимосвязи между различными показателями.

Для начала проводится оценка влияния временного фактора на ключевые показатели секреторной функции поджелудочной железы. Подбор уравнения методом наименьших квадратов привел к тому, что наиболее близкое описание временных изменений для секреторной функции может быть приведено посредством полиномов второй степени.

В таблице 172 приведен набор уравнений, описывающих изменения конкретных ферментов с учетом разнообразия рациона в зависимости от времени.

Таблица 172 – Оценка влияния фактора времени на активность ферментов в соке поджелудочной железы с учетом разнообразия рациона

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = -871,84t^2 + 3734,6t - 1050,9$
	Пальмовое масло	$y = -487,3t^2 + 1839,1t + 122,06$
	Соевое масло	$y = -1235,3t^2 + 4315,9t - 225,24$
	Льняное масло	$y = 516,8 t^2 - 2331,5 t + 4347,6$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = -124,31t^2 + 465,4t + 431,7$
	Пальмовое масло	$y = -39,17t^2 + 131,19t + 1406,1$
	Соевое масло	$y = -147,17t^2 + 641,63t - 111,85$
	Льняное масло	$y = -155,55 t^2 + 701,48 t - 315,35$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = 38,753t^2 - 136,7t + 463,63$
	Пальмовое масло	$y = 5,391t^2 - 117,07t + 850,45$
	Соевое масло	$y = -5,441t^2 + 27,96t + 97,467$
	Льняное масло	$y = -18,43 t^2 + 111,51t + 93,9$

В указанной таблице все уравнения имеют высокую степень достоверности, R^2 располагается в пределах от 0,85 до 0,95, что дает возможность использования полученных уравнений взаимосвязи в дальнейшем.

Анализ полученных уравнений показывает, что с учетом фактора времени активность ферментов может изменяться неоднородно. Так, количество амилазы, вне зависимости от вида масла в составе рациона, сначала увеличивается в поджелудочной железе, а затем снижается, что

наиболее ярко можно увидеть при использовании рациона с добавлением соевого масла (рисунок 79).

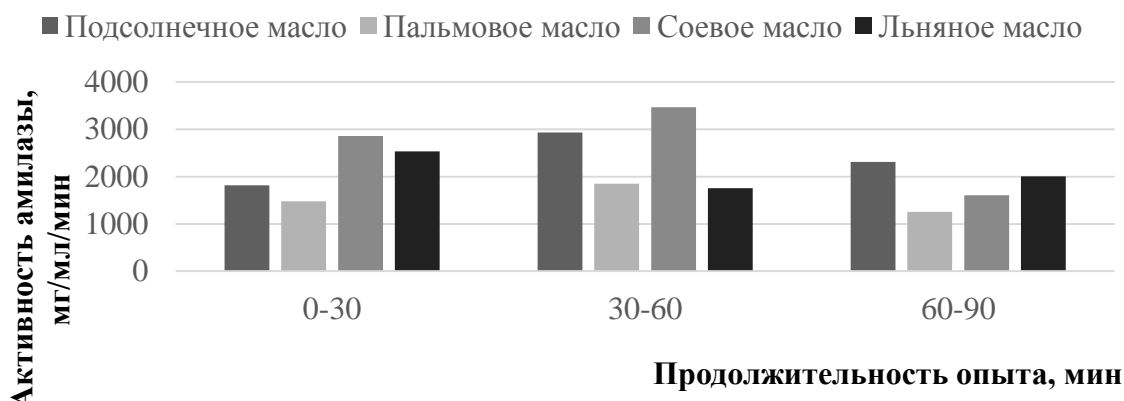


Рисунок 79 – Изменение активности фермента амилазы в панкреатическом соке при использовании в рационе растительных масел, мг/мл/мин.

На содержание липазы в поджелудочной железе в более значительной степени оказывает наличие в рационе пальмового масла, причем изменение липазы во времени при использовании данного типа масла в рационе животных практически отсутствует (рисунок 80).

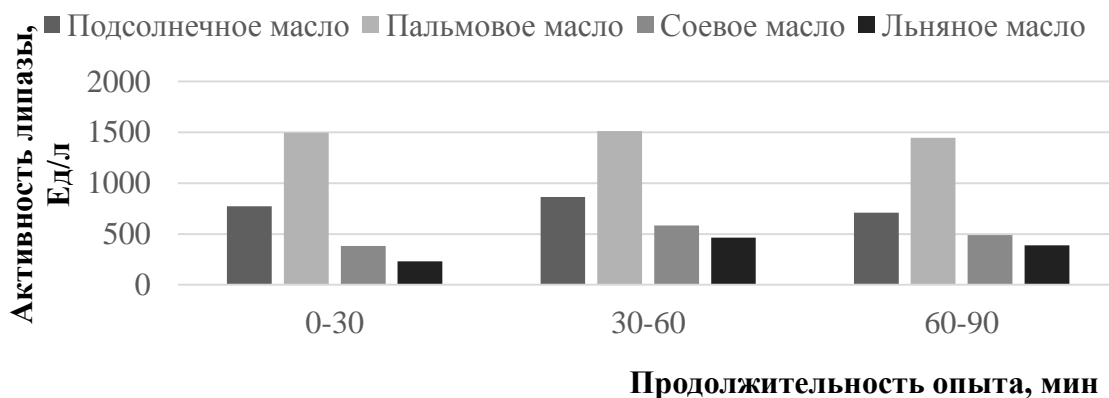


Рисунок 80 – Изменение активности фермента липазы в панкреатическом соке при включении в рацион растительных масел, Ед/л

Протеаза в поджелудочной железе бычков также подвержена изменениям в зависимости от потребляемого масла, в данном случае вновь более значительное влияние оказывает применение в рационе пальмового

масла, соевое масло в куда более меньшей степени оказывает влияние на содержание протеазы (рисунок 81).

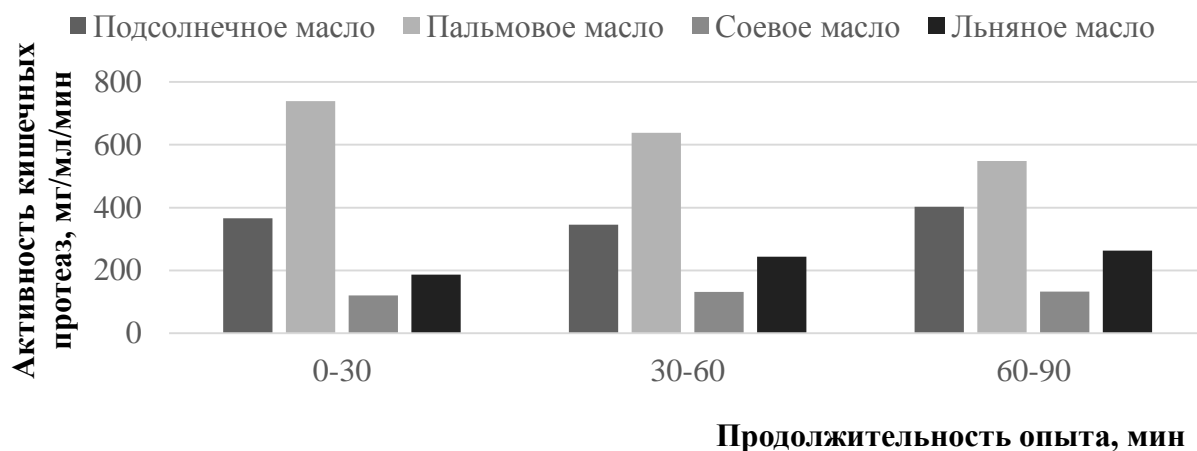


Рисунок 81 – Изменение активности кишечных протеаз в панкреатическом соке при включении в рацион растительных масел, мг/мл/мин

Аналогичным образом проведено выявление влияния фактора времени на ферменты в химусе животных. В таблице 173 приведены модели для учета временного фактора в секреторной функции.

Таблица 173 – Оценка влияния фактора времени на активность ферментов в химусе с учетом разнообразия рациона

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = 401,1t^2 - 18093t + 3024,6$
	Пальмовое масло	$y = -585t^2 + 2955t + 1030$
	Соевое масло	$y = 811,67t^2 - 5043,7t + 9646,7$
	Льняное масло	$y = 907,92 t^2 - 3335,3t + 5533,2$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = -5,93t^2 + 22,59t - 9,2733$
	Пальмовое масло	$y = 49,723t^2 - 123,36t + 127,89$
	Соевое масло	$y = 178,39t^2 - 857,83t + 1053,7$
	Льняное масло	$y = 8,3557 t^2 - 39,958 t + 68,042$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = -422,24t^2 + 1570,1t - 768,63$
	Пальмовое масло	$y = 29,31t^2 - 122,99t + 154,61$
	Соевое масло	$y = 70,58t^2 - 352,99t + 440,11$
	Льняное масло	$y = 8,9287 t^2 - 36,477 t + 100,67$

В данной таблице получены полиномиальные зависимости второго порядка, которые позволяют учитывать изменение ферментов от сроков, прошедших после кормления.

Изменение активности ферментов весьма разнообразно в зависимости от масла – амилаза стабильно снижается во времени при использовании соевого масла в рационе, тогда как при использовании пальмового масла почти постоянно растет (рисунок 82).

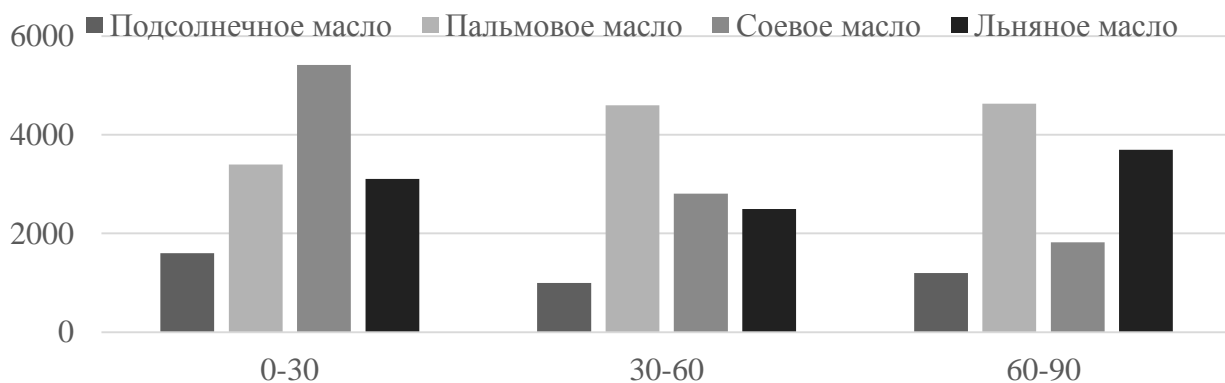


Рисунок 82 – Изменение амилазы в химусе с учетом жирового компонента в рационе, во времени

При исследовании содержания липазы в химусе можно отметить, что подсолнечное и льняное масло в рационе бычков практически не оказывают на нее никакого влияния, чего нельзя сказать про пальмовое или даже про соевое масло (рисунок 83).

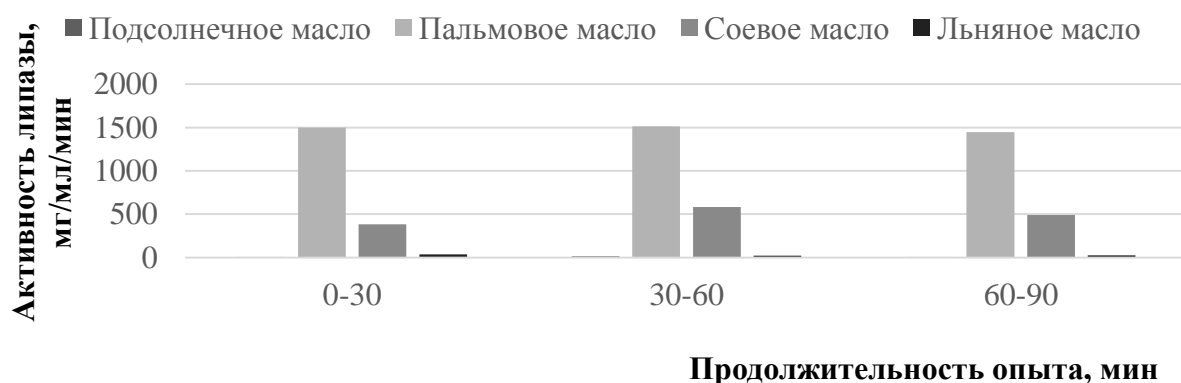


Рисунок 83 – Активность фермента липазы панкреатического сока в составе дуоденального химуса при включении в рацион растительных масел, Ед/л

На протеазу в химусе в первоочередную очередь оказывает содержание в рационе подсолнечного масла – на фоне остальных видов масел протеаза

весьма высока, тогда как соевое и пальмовое масло при кормлении им животных почти не вызывает образование протеазы (рисунок 84).

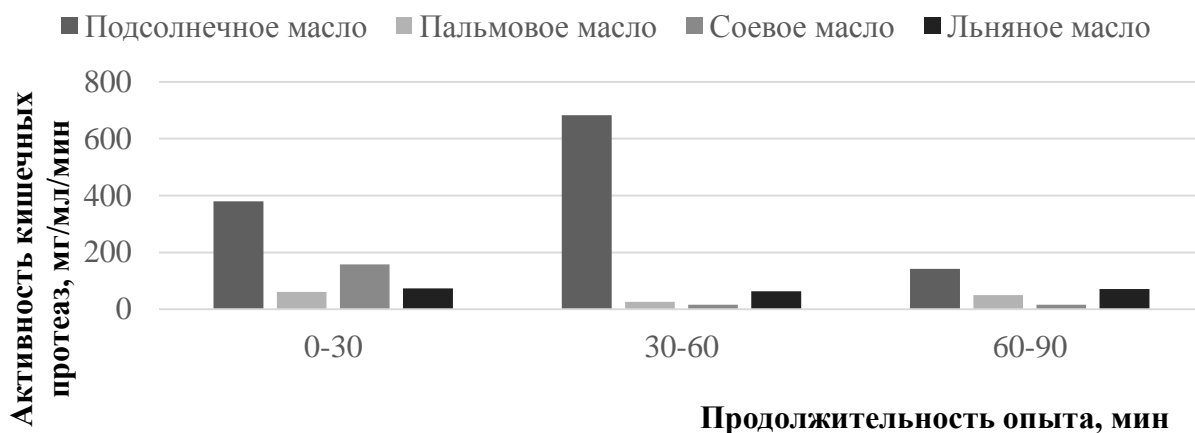


Рисунок 84 – Активность кишечных протеаз панкреатического сока в составе дуоденального химуса при включении в рацион растительных масел, мг/мл/мин

Рассмотрев влияние временного фактора на секреторную функцию, определимся во влиянии жировой составляющей на тот или иной фермент в зависимости от времени. Изменение ферментов также было оценено посредством метода наименьших квадратов, однако в случае исследования жировой составляющей достаточным оказалось применение линейных регрессионных моделей (таблица 174).

Таблица 174 – Оценка влияния жировой составляющей в рационе на активность ферментов в соке поджелудочной железы с учетом временного фактора

Амилаза	0-30	$y = 521,791 + 1003,4$
	30-60	$y = 267,281 + 2214,5$
	60-90	$y = -350,691 + 2422,9$
Липаза	0-30	$y = -195,091 + 1274,7$
	30-60	$y = -141,271 + 1269,1$
	60-90	$y = -110,311 + 1102,2$
Протеаза	0-30	$y = -122,851 + 653,84$
	30-60	$y = -106,811 + 585,19$
	60-90	$y = -134,961 + 630,73$

Применение линейных моделей оправдано, также и в случае исследования активности ферментов в химусе, что дает возможность для

включения данной составляющей в более сложные математические модели (таблица 175).

Таблица 175 – Оценка влияния жировой составляющей в рационе на активность ферментов в химусе с учетом временного фактора

Амилаза	0-30	$y = 1907,31 - 343,11$
	30-60	$y = 9031 + 996$
	60-90	$y = 310,331 + 1929,6$
Липаза	0-30	$y = 183,461 - 221,6$
	30-60	$y = 19,7231 + 8,5133$
	60-90	$y = 40,3071 + 18,113$
Протеаза	0-30	$y = -110,761 + 420,82$
	30-60	$y = -333,081 + 907,8$
	60-90	$y = -51,8071 + 165,54$

Далее необходимо рассмотреть ключевые коэффициенты переваримости веществ для оценки их влияния на наличие ферментов и работу поджелудочной железы бычков в целом. Проведенные замеры показали оценочную зависимость коэффициентов переваримости с учетом разного вида жиров в рационе животных. Распределение данных в зависимости от рациона питания приведено на рисунке 85.

Данные рисунка наглядно освещают тот факт, что при применении подсолнечного масла в рационе животных сырой жир заметно ниже, чем при использовании других видов масел – соевого, пальмового или льняного.

Далее проведем математическое моделирование для каждого из рассматриваемых ферментов, с учетом данных по коэффициентам переваримости (таблица 176).

В полученных моделях применяются следующие обозначения:

x_1 – сухое вещество;

x_2 – органическое вещество;

x_3 – сырой протеин;

x_4 – сырой жир;

x_5 – сырая клетчатка;

x_6 – БЭВ.

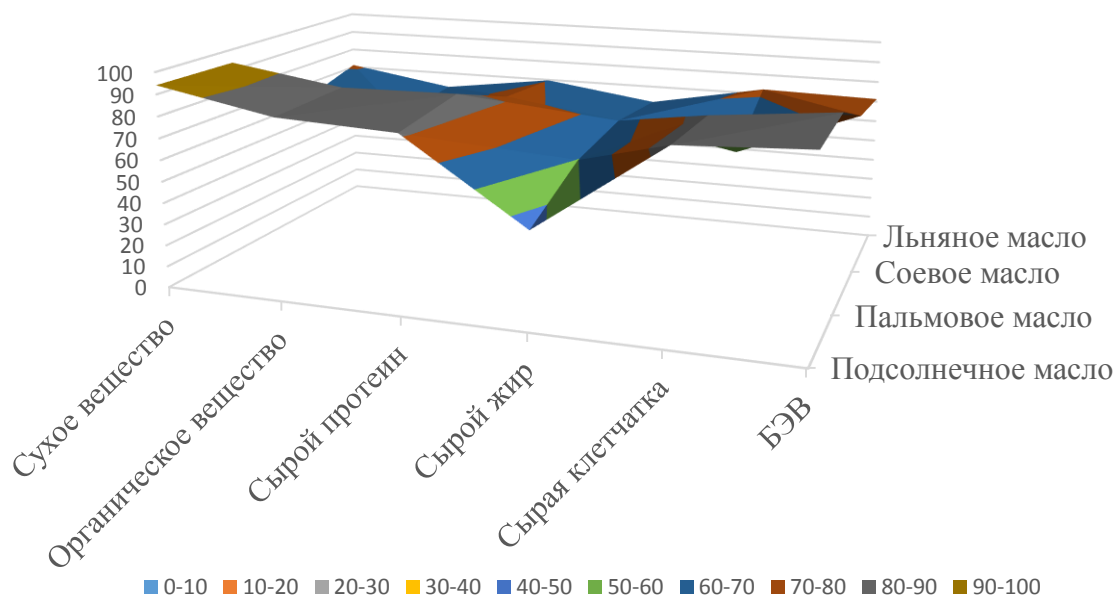


Рисунок 85 – Распределение данных о коэффициентах переваримости в зависимости от вида масла в рационе бычков

Все модели получены посредством множественной линейной регрессии, $R^2 > 0,7$.

Таблица 176 – Математические модели зависимости ферментов в поджелудочной железе от коэффициентов переваримости, без учета других факторов

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = 134,59x_1 + 217,3x_2 + 8,13x_3 - 26,16x_4 - 143,45x_5 + 25,57x_6 - 18570$
	Пальмовое масло	$y = - 2518,6x_1 - 30,49x_2 - 2,08x_3 + 2,9x_4 - 17,8x_5 - 36,64x_6 + 244697$
	Соевое масло	$y = 39,01x_1 - 431,53x_2 - 168,75x_3 - 905,93x_4 + 665,96x_5 - 362,11x_6 + 89094,3$
	Льняное масло	$y = 146,9x_1 - 223,96x_2 + 91,48x_3 - 1063,55x_4 - 387,24x_5 + 827,16x_6 + 44623,25$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = 366,94x_1 - 1,92x_2 - 1,71x_3 - 0,94x_4 - 1,61x_5 - 0,59x_6 + 33223$
	Пальмовое масло	$y = - 357,8x_1 + 35,19x_2 + 0,86x_3 - 1,15x_4 + 34,72x_5 - 13,12x_6 + 30239,4$
	Соевое масло	$y = 28,59x_1 - 26,1x_2 + 32,97x_3 - 86,44x_4 + 60,19x_5 - 113,77x_6 + 8819,66$
	Льняное масло	$y = 459,31x_1 - 125,34x_2 + 61,16x_3 - 57,9x_4 - 23,38x_5 - 0,93x_6 + 19524$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = - 138,18x_1 + 2,67x_2 - 2,32x_3 + 1,32x_4 + 15,84x_5 + 4,96x_6 + 11484,9$
	Пальмовое масло	$y = 33,02x_1 + 3,91x_2 + 0,01x_3 + 1,25x_4 - 11,9x_5 + 7,07x_6 - 2390,2$
	Соевое масло	$y = 0,14x_1 - 6,9x_2 + 0,69x_3 - 1,42x_4 + 6,56x_5 - 9,52x_6 + 932,78$
	Льняное масло	$y = 45,6x_1 - 7,8x_2 - 1,37x_3 - 91,56x_4 + 17,43x_5 - 237,8x_6 + 32574$

Далее для учета влияния фактора времени на приведенные математические модели необходимо каждую из них скорректировать на соответствующий временной интервал. Выполнив математические преобразования, получим модели зависимости секреторной функции от коэффициентов переваримости с учетом временного фактора (таблица 177).

Таблица 177 – Математические модели зависимости ферментов в поджелудочной железе от коэффициентов переваримости, с учетом фактора времени

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = t(3734,6-871,84t)(-78,068x_1 - 126,04x_2 - 4,716x_3 + 15,174x_4 + 83,207x_5 - 14,832x_6 - 10771)$
	Пальмовое масло	$y = t(1839,1-4873t)(-208,58x_1 - 2,525x_2 - 0,172x_3 + 0,24x_4 - 1,474x_5 - 3,034x_6 + 20264,5)$
	Соевое масло	$y = t(4315,9-1235,3t)(-3,077x_1 + 34,04x_2 + 13,312x_3 + 71,463x_4 - 52,533x_5 + 28,565x_6 + 7028,09)$
	Льняное масло	$y = t(-2331,5+516,8t)(252,16x_1-384,43x_2+157,03x_3-1825,6x_4-664,7x_5+1419,83x_6+676596,37)$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = t(465,4-124,31t)(204,98x_1 - 1,073x_2 - 0,955x_3 - 0,525x_4 - 0,899x_5 - 0,329x_6 + 18559,2)$
	Пальмовое масло	$y = t(131,19-39,17t)(-335,82x_1 + 33,029x_2 + 0,807x_3 - 1,079x_4 + 32,587x_5 - 12,314x_6 + 28382)$
	Соевое масло	$y = t(641,63-147,17t)(-8,358x_1 + 7,63x_2 - 9,638x_3 - 25,27x_4 - 17,596x_5 + 39,106x_6 - 2578,3)$
	Льняное масло	$y = t(701,48-155,55t)(-628,17x_1+1171,42x_2-83,64x_3+379,19x_4+431,98x_5+1,27x_6-26701,77)$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = t(-136,7+38,75t)(-175,19x_1 + 3,385x_2 - 2,941x_3 + 1,674x_4 + 20,083x_5 + 6,289x_6 + 14561,2)$
	Пальмовое масло	$y = t(-117,07+5,39t)(38,011x_1 + 4,501x_2 + 0,012x_3 + 1,439x_4 - 13,699x_5 + 8,138x_6 + 2751,5)$
	Соевое масло	$y = t(27,96-5,44t)(0,113x_1 - 5,506x_2 + 0,561x_3 + 1,153x_4 + 5,329x_5 - 7,734x_6 + 757,73)$
	Льняное масло	$y = t(111,51-18,43t)(22,9x_1-3,92x_2-0,69x_3-45,98x_4+48,75x_5-119,42x_6+16358,43)$

Как видно из математических моделей, приведенных в таблице 177, жировая составляющая в рационе все еще не учтена и является классифицирующим фактором. Для ее оценки необходимо новое преобразование математических моделей. Их окончательный вид приведен ниже.

Математическая модель, учитывающая влияние коэффициентов переваримости на амилазу в поджелудочной железе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(3734,6 - 871,84t)(0,0711 + 0,919)(-78,068x_1 - 126,04x_2 - 4,716x_3 + 15,174x_4 + 83,207x_5 - 14,832x_6 - 10771).$$

Математическая модель, учитывающая влияние коэффициентов переваримости на липазу в поджелудочной железе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(465,4 - 124,31t)(-0,171 + 1,374)(204,98x_1 - 1,073x_2 - 0,955x_3 - 0,525x_4 - 0,899x_5 - 0,329x_6 + 18559,2).$$

Математическая модель, учитывающая влияние коэффициентов переваримости на протеазу в поджелудочной железе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(-136,7 + 38,75t)(-0,31 + 1,527)(-175,19x_1 + 3,385x_2 - 2,941x_3 + 1,674x_4 + 20,083x_5 + 6,289x_6 + 14561,2).$$

Подобное построение моделей приведем и для ферментов в химусе. Модели влияния коэффициентов переваримости на ферменты в химусе приведены в таблице 178.

Таблица 178 – Математические модели зависимости ферментов в химусе от коэффициентов переваримости, без учета других факторов

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = 1331,26x_1 - 94,582x_2 + 26,296x_3 + 18,953x_4 - 53,722x_5 - 18,929x_6 - 121652$
	Пальмовое масло	$y = 1299,572x_1 + 233,578x_2 - 9,799x_3 - 48,195x_4 - 136,068x_5 - 8,386x_6 - 122136,426$
	Соевое масло	$y = 81,654x_1 - 149,943x_2 - 61,275x_3 - 38,292x_4 + 496,755x_5 + 64,111x_6 - 15170,5$
	Льняное масло	$y = 230,22x_1 - 5,88x_2 - 1,34x_3 + 2,89x_4 + 40,92x_5 - 6,17x_6 - 21343,91$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = -27,448x_1 + 0,352x_2 + 0,134x_3 + 0,015x_4 - 4,488x_5 + 0,067x_6 + 2926,723$
	Пальмовое масло	$y = 50,27x_1 - 6,667x_2 + 0,088x_3 + 1,56x_4 + 13,544x_5 - 2,758x_6 - 5084,63$
	Соевое масло	$y = 9,942x_1 - 6,797x_2 - 0,24x_3 + 10,679x_4 + 7,967x_5 + 10,045x_6 - 1689,303$
	Льняное масло	$y = 7,27x_1 - 1,11x_2 + 7,43x_3 - 6,38x_4 + 11,02x_5 + 5,48x_6 - 437,6$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = 1099,68x_1 - 87,851x_2 + 0,951x_3 + 9,95x_4 - 75,02x_5 - 6,152x_6 - 89299,1$
	Пальмовое масло	$y = 26,955x_1 - 1,888x_2 + 0,059x_3 - 0,983x_4 - 4,447x_5 - 0,375x_6 - 1837,905$
	Соевое масло	$y = 5,34x_1 + 0,927x_2 + 5,481x_3 + 3,56x_4 + 5,083x_5 + 13,223x_6 - 2125,619$
	Льняное масло	$y = 101,61x_1 - 2,74x_2 - 2,14x_3 - 4,03x_4 + 4,16x_5 + 4,93x_6 - 8754,88$

Включение в полученные модели фактора времени позволило получить новые математические модели для ферментов в химусе бычков (таблица 179).

Таблица 179 – Математические модели зависимости ферментов в химусе от коэффициентов переваримости, с учетом фактора времени

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = t(-18093 + 401,1t)(2516,583x_1 - 178,795x_2 + 49,709x_3 + 35,828x_4 + 101,555x_5 - 35,783x_6 - 229967,869)$
	Пальмовое масло	$y = t(2955 - 585t)(393,694x_1 + 70,76x_2 - 2,969x_3 - 14,6x_4 - 41,221x_5 - 2,54x_6 - 37000,153)$
	Соевое масло	$y = t(-5043,7 + 811,67t)(145,474x_1 - 267,136x_2 - 109,167x_3 - 68,22x_4 + 885,012x_5 + 114,219x_6 - 27027,55)$
	Льняное масло	$y = t(-3335,3 + 907,92t)(410,14x_1 - 10,48x_2 - 2,39x_3 + 5,15x_4 + 72,9x_5 - 10,99x_6 - 38024,44)$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = t(22,59 - 5,93t)(34,456x_1 - 0,442x_2 - 0,168x_3 - 0,019x_4 + 5,634x_5 - 0,084x_6 - 3673,955)$
	Пальмовое масло	$y = t(-123,36 + 49,723t)(4,291x_1 - 0,569x_2 + 0,008x_3 + 0,133x_4 + 1,156x_5 - 0,235x_6 - 434,06)$
	Соевое масло	$y = t(-857,83 + 178,39t)(27,381x_1 - 18,719x_2 - 0,661x_3 + 29,41x_4 + 21,941x_5 + 27,664x_6 - 4652,394)$
	Льняное масло	$y = t(-39,96 + 8,36t)(13,58x_1 - 2,07x_2 + 13,87x_3 - 11,91x_4 + 20,58x_5 + 10,23x_6 - 817,12)$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = t(1570,1 - 422,24t)(-2228,851x_1 + 178,058x_2 - 1,928x_3 - 20,167x_4 + 152,052x_5 + 12,469x_6 + 180992,916)$
	Пальмовое масло	$y = t(-122,99 + 29,31t)(68,398x_1 - 4,791x_2 + 0,15x_3 - 2,494x_4 - 11,284x_5 - 0,952x_6 - 4663,688)$
	Соевое масло	$y = t(-352,99 + 70,58t)(14,902x_1 + 2,587x_2 + 15,296x_3 + 9,935x_4 + 14,185x_5 + 36,901x_6 - 5931,926)$
	Льняное масло	$y = t(-36,48 + 8,92t)(139,89x_1 - 3,77x_2 - 2,95x_3 - 5,55x_4 + 5,73x_5 + 6,79x_6 - 12053,42)$

Для оценки жировой составляющей необходимо новое преобразование математических моделей. Их окончательный вид приведен ниже.

Математическая модель, учитывающая влияние коэффициентов переваримости на амилазу в химусе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(-18093 + 401,1t)(0,031 + 0,248t)(2516,583x_1 - 178,795x_2 + 49,709x_3 + 35,828x_4 + 101,555x_5 - 35,783x_6 - 229967,869).$$

Математическая модель, учитывающая влияние коэффициентов переваримости на липазу в химусе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(22,59 - 5,93t)(0,5591 - 0,447)(34,456x_1 - 0,442x_2 - 0,168x_3 - 0,019x_4 + 5,634x_5 - 0,084x_6 - 3673,955).$$

Математическая модель, учитывающая влияние коэффициентов переваримости на протеазу в химусе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(1570,1 - 422,24t)(-0,831 + 2,499)(-2228,851x_1 + 178,058x_2 - 1,928x_3 - 20,167x_4 + 152,052x_5 + 12,469x_6 + 180992,916).$$

Значимое влияние на секреторную функцию и на ферменты в поджелудочной железе и химусе оказывают также биохимические параметры крови. Проведем математическое моделирование для каждого из рассматриваемых ферментов с учетом данных по биохимическим параметрам крови (таблица 180).

В полученных моделях применяются следующие обозначения:

- z1 – глюкоза;
- z2 – общий белок;
- z3 – альбумин;
- z4 – АЛТ;
- z5 – АСТ;
- z6 – билирубин общий;
- z7 – билирубин прямой;
- z8 – холестерин;
- z9 – триглицериды;
- z10 – мочевины;
- z11 – креатинин;
- z12 – щелочная Фосфатаза;
- z13 – α -Амилаза;
- z14 – γ -ГТ;
- z15 – мочевая кислота.

Таблица 180 – Математические модели зависимости ферментов в поджелудочной железе от биохимических параметров крови, без учета других факторов

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = -25,047z_1 + 0,083z_2 + 1,047z_3 - 0,141z_4 + 0,187z_5 - 1,598z_6 + 6,211z_7 - 139,236z_8 + 50,099z_9 - 1,943z_{10} + 0,11z_{11} - 0,011z_{12} - 0,066z_{13} + 0,849z_{14} + 1,004z_{15} + 908,978$
	Пальмовое масло	$y = 263,507z_1 - 9,774z_2 + 32,532z_3 + 258,129z_4 + 6,15z_5 - 34,4z_6 + 576,278z_7 - 3575,555z_8 - 31,374z_9 + 184,321z_{10} - 16,124z_{11} - 2,611z_{12} + 14,665z_{13} + 32,827z_{14} + 9,824z_{15} - 11096,08$
	Соевое масло	$y = -65,852z_1 + 1,976z_2 - 4,433z_3 - 40,558z_4 - 0,15z_5 + 2,202z_6 - 45,608z_7 + 575,492z_8 - 50,709z_9 - 27,947z_{10} + 3,86z_{11} - 0,044z_{12} - 2,09z_{13} - 3,432z_{14} + 1,133z_{15} + 1905,125$
	Льняное масло	$y = -152,05z_1 + 3,08z_2 - 12,93z_3 - 34,44z_4 - 9,15z_5 + 21,39z_6 - 64,2z_7 + 1172,71z_8 - 57,87z_9 - 73,98z_{10} + 11,1z_{11} + 13,28z_{12} - 29,99z_{13} - 16,37z_{14} + 13,26z_{15} + 3829,82$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = 23,031z_1 - 1,465z_2 + 2,999z_3 - 3,32z_4 - 0,827z_5 + 9,96z_6 + 66,667z_7 + 396,659z_8 - 339,8z_9 - 158,991z_{10} + 0,718z_{11} + 1,166z_{12} - 0,046z_{13} + 1,851z_{14} - 4,216z_{15} + 1288,73$
	Пальмовое масло	$y = 284,939z_1 + 23,451z_2 + 26,421z_3 + 284,672z_4 + 5,576z_5 - 43,87z_6 + 587,817z_7 - 3937,006z_8 - 1956,898z_9 + 294,285z_{10} - 17,087z_{11} - 4,646z_{12} + 23,738z_{13} + 39,716z_{14} - 7,963z_{15} - 18028,414$
	Соевое масло	$y = 94,668z_1 - 0,062z_2 + 3,263z_3 + 40,886z_4 + 0,567z_5 - 8,922z_6 + 40,334z_7 - 526,812z_8 + 34,953z_9 + 80,576z_{10} - 4,902z_{11} - 0,434z_{12} + 2,675z_{13} + 3,894z_{14} + 0,32z_{15} - 1393,16$
	Льняное масло	$y = -113,27z_1 + 1,1z_2 + 43,32z_3 + 5,79z_4 + 39,94z_5 - 0,47z_6 + 55,55z_7 - 11,42z_8 + 15,82z_9 + 32,56z_{10} + 16,99z_{11} - 23,76z_{12} + 41,34z_{13} - 26,76z_{14} + 3,32z_{15} + 55,79$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = 579,882z_1 + 18,926z_2 - 71,752z_3 - 269,611z_4 - 3,565z_5 + 30,087z_6 - 697,578z_7 + 8453,433z_8 - 1803,863z_9 - 253,673z_{10} + 27,178z_{11} - 0,931z_{12} - 17,803z_{13} - 27,809z_{14} + 8,919z_{15} + 5899,909$
	Пальмовое масло	$y = 3324,914z_1 + 31,452z_2 - 178,709z_3 - 226,279z_4 + 13,158z_5 + 39,486z_6 + 105,252z_7 + 19992,9z_8 - 6789,403z_9 - 1363,294z_{10} + 75,379z_{11} - 10,913z_{12} - 35,314z_{13} + 9,153z_{14} + 57,509z_{15} - 14393,076$
	Соевое масло	$y = -40,945z_1 + 0,911z_2 - 3,834z_3 - 31,71z_4 - 0,44z_5 + 4,008z_6 - 47,207z_7 + 434,381z_8 + 29,347z_9 - 48,027z_{10} + 3,431z_{11} + 0,368z_{12} - 2,105z_{13} - 3,213z_{14} + 0,546z_{15} + 1625,232$
	Льняное масло	$y = -108,24z_1 - 36,66z_2 + 37,83z_3 - 26,37z_4 + 40,94z_5 + 16,76z_6 + 0,85z_7 + 8,02z_8 + 1,83z_9 + 12,43z_{10} + 20,86z_{11} + 5,62z_{12} + 20,37z_{13} - 1,52z_{14} + 23,73z_{15} + 12,46$

Все модели получены посредством множественной линейной регрессии, $R^2 > 0,65$.

В результате проведенной корректировки на фактор времени получены математические модели, отображенные в таблице 181.

Для оценки влияния жировой составляющей модели также были приведены к общему виду.

Математическая модель, учитывающая влияние биохимических параметров крови на амилазу в поджелудочной железе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(3734,6 - 871,84t)(0,0711 + 0,919)(-25,047z_1 + 0,083z_2 + 1,047z_3 - 0,141z_4 + 0,187z_5 - 1,598z_6 + 6,211z_7 - 139,236z_8 + 50,099z_9 - 1,943z_{10} + 0,11z_{11} - 0,011z_{12} - 0,066z_{13} + 0,849z_{14} + 1,004z_{15} + 908,978).$$

Математическая модель, учитывающая влияние биохимических параметров крови на липазу в поджелудочной железе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(465,4 - 124,31t)(-0,171 + 1,374)(23,031z_1 - 1,465z_2 + 2,999z_3 - 3,32z_4 - 0,827z_5 + 9,96z_6 + 66,667z_7 + 396,659z_8 - 339,8z_9 - 158,991z_{10} + 0,718z_{11} + 1,166z_{12} - 0,046z_{13} + 1,851z_{14} - 4,216z_{15} + 1288,73).$$

Математическая модель, учитывающая влияние биохимических параметров крови на протеазу в поджелудочной железе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(-136,7 + 38,75t)(-0,31 + 1,527)(579,882z_1 + 18,926z_2 - 71,752z_3 - 269,611z_4 - 3,565z_5 + 30,087z_6 - 697,578z_7 + 8453,433z_8 - 1803,863z_9 - 253,673z_{10} + 27,178z_{11} - 0,931z_{12} - 17,803z_{13} - 27,809z_{14} + 8,919z_{15} + 5899,909).$$

Таблица 181 – Математические модели зависимости ферментов в поджелудочной железе от биохимических параметров крови, с учетом фактора времени

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = t(3734,6 - 871,84t)(-25,047z1 + 0,083z2 + 1,047z3 - 0,141z4 + 0,187z5 - 1,598z6 + 6,211z7 - 139,236z8 + 50,099z9 - 1,943z10 + 0,11z11 - 0,011z12 - 0,066z13 + 0,849z14 + 1,004z15 + 908,978)$
	Пальмовое масло	$y = t(1839,1 - 487,3t)(263,507z1 - 9,774z2 + 32,532z3 + 258,129z4 + 6,15z5 - 34,4z6 + 576,278z7 - 3575,555z8 - 31,374z9 + 184,321z10 - 16,124z11 - 2,611z12 + 14,665z13 + 32,827z14 + 9,824z15 - 11096,08)$
	Соевое масло	$y = t(4315,9 - 1235,3t)(-65,852z1 + 1,976z2 - 4,433z3 - 40,558z4 - 0,15z5 + 2,202z6 - 45,608z7 + 575,492z8 - 50,709z9 - 27,947z10 + 3,86z11 - 0,044z12 - 2,09z13 - 3,432z14 + 1,133z15 + 1905,125)$
	Льняное масло	$y = t(-2331,5 + 516,8t)(-261z1 + 5,29z2 - 22,19z3 - 59,12z4 - 15,71z5 + 36,72z6 - 110,2z7 + 2012,97z8 - 99,33z9 - 126,99z10 + 19,05z11 + 22,8z12 - 51,48z13 - 28,1z14 + 22,76z15 + 6573,93)$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = t(465,4 - 124,31t)(23,031z1 - 1,465z2 - 2,999z3 - 3,32z4 - 0,827z5 + 9,96z6 + 66,667z7 + 396,659z8 - 339,8z9 - 158,991z10 + 0,718z11 + 1,166z12 - 0,046z13 + 1,851z14 - 4,216z15 + 1288,73)$
	Пальмовое масло	$y = t(131,19 - 39,17t)(284,939z1 + 23,451z2 + 26,421z3 + 284,672z4 + 5,576z5 - 43,87z6 + 587,817z7 - 3937,006z8 - 1956,898z9 + 294,285z10 - 17,087z11 - 4,646z12 + 23,738z13 + 39,716z14 - 7,963z15 - 18028,414)$
	Соевое масло	$y = t(641,63 - 147,17t)(94,668z1 - 0,062z2 + 3,263z3 + 40,886z4 + 0,567z5 - 8,922z6 + 40,334z7 - 526,812z8 + 34,953z9 + 80,576z10 - 4,902z11 - 0,434z12 + 2,675z13 + 3,894z14 - 0,32z15 - 1393,16)$
	Льняное масло	$y = t(701,48 - 155,55t)(154,91z1 - 1,5z2 - 59,25z3 - 7,92z4 - 54,62z5 + 0,64z6 - 75,97z7 + 15,62z8 - 21,64z9 - 44,53z10 - 23,24z11 + 32,5z12 - 56,54z13 + 36,6z14 - 4,54z15 - 76,3)$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = t(131,19 - 39,17t)(284,939z1 + 23,451z2 + 26,421z3 + 284,672z4 + 5,576z5 - 43,87z6 + 587,817z7 - 3937,006z8 - 1956,898z9 + 294,285z10 - 17,087z11 - 4,646z12 + 23,738z13 + 39,716z14 - 7,963z15 - 18028,414)$
	Пальмовое масло	$y = t(641,63 - 147,17t)(94,668z1 - 0,062z2 + 3,263z3 + 40,886z4 + 0,567z5 - 8,922z6 + 40,334z7 - 526,812z8 + 34,953z9 + 80,576z10 - 4,902z11 - 0,434z12 + 2,675z13 + 3,894z14 - 0,32z15 - 1393,16)$
	Соевое масло	$y = t(-136,7 + 38,753t)(579,882z1 + 18,926z2 - 71,752z3 - 269,611z4 - 3,565z5 + 30,087z6 - 697,578z7 + 8453,433z8 - 1803,863z9 - 253,673z10 + 27,178z11 - 0,931z12 - 17,803z13 - 27,809z14 + 8,919z15 + 5899,909)$
	Льняное масло	$y = t(111,51 - 18,43t)(-54,36z1 - 18,41z2 + 19z3 - 13,24z4 + 20,56z5 + 8,42z6 + 0,43z7 + 4,03z8 + 0,92z9 + 6,24z10 + 10,48z11 + 2,82z12 + 10,23z13 - 0,76z14 + 11,92z15 + 6,26)$

Подобное построение моделей приведем и для ферментов в химусе. Модели влияния биохимических параметров крови на ферменты в химусе приведены в таблице 182.

Таблица 182 – Математические модели зависимости ферментов в химусе от биохимических параметров крови, без учета других факторов

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = -498,056z_1 + 0,312z_2 - 8,113z_3 - 177,885z_4 - 0,492z_5 + 41,101z_6 + 45,392z_7 + 1726,152z_8 + 634,907z_9 - 431z_{10} + 29,147z_{11} + 3,468z_{12} - 16,391z_{13} - 10,068z_{14} - 6,433z_{15} + 11115,076$
	Пальмовое масло	$y = -35,712z_1 - 3,184z_2 + 11,09z_3 + 28,736z_4 + 2,548z_5 - 10,626z_6 + 186,242z_7 - 847,22z_8 + 686,169z_9 - 48,719z_{10} + 1,782z_{11} + 0,083z_{12} - 0,664z_{13} + 4,586z_{14} - 3,038z_{15} - 481,958$
	Соевое масло	$y = -8,961z_1 - 0,069z_2 + 0,384z_3 - 0,248z_4 + 0,017z_5 + 0,224z_6 + 3,14z_7 - 26,724z_8 + 1,339z_9 - 0,7z_{10} + 0,119z_{11} + 0,014z_{12} + 0,038z_{13} + 0,079z_{14} - 0,02z_{15} + 31,777$
	Льняное масло	$y = -38,94z_1 + 20,55z_2 + 48,79z_3 + 34,37z_4 + 11,2z_5 - 4,31z_6 + 17,73z_7 - 48,53z_8 + 5,72z_9 + 4,23z_{10} + 13,79z_{11} + 9,86z_{12} + 8,16z_{13} + 5,74z_{14} - 3,68z_{15} + 106,17$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = 2009,246z_1 + 10,628z_2 - 11,779z_3 + 231,019z_4 + 1,9z_5 - 32,653z_6 + 43,914z_7 + 3233,325z_8 - 3594,539z_9 + 493,462z_{10} - 36,936z_{11} - 5,397z_{12} + 10,298z_{13} + 29,477z_{14} - 6,677z_{15} - 17324,756$
	Пальмовое масло	$y = -33,027z_1 - 1,113z_2 + 5,116z_3 + 13,293z_4 + 0,231z_5 - 2,036z_6 + 41,433z_7 - 345,879z_8 + 7,633z_9 + 11,84z_{10} - 1,473z_{11} - 0,005z_{12} + 1,067z_{13} + 1,687z_{14} - 0,237z_{15} - 378,454$
	Соевое масло	$y = 1,417z_1 + 0,11z_2 - 1,308z_3 - 6,008z_4 - 0,099z_5 + 1,749z_6 - 11,179z_7 + 137,379z_8 - 17,161z_9 - 10,368z_{10} + 0,962z_{11} - 0,015z_{12} - 0,368z_{13} - 0,352z_{14} + 1,064z_{15} + 236,973$
	Льняное масло	$y = -24,37z_1 + 8,04z_2 - 14,42z_3 - 2,57z_4 - 26,43z_5 + 27,04z_6 + 6,25z_7 - 61,81z_8 + 15,63z_9 + 21,42z_{10} + 27,6z_{11} + 5,91z_{12} - 32,14z_{13} - 15,73z_{14} - 9,48z_{15} + 116,91$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = -4213,849z_1 - 25,547z_2 + 182,338z_3 - 217,879z_4 + 18,369z_5 - 82,443z_6 + 1526,617z_7 - 15906,433z_8 + 4081,981z_9 - 923,481z_{10} + 35,693z_{11} + 8,542z_{12} + 1,643z_{13} + 20,774z_{14} - 4,336z_{15} + 31086,875$
	Пальмовое масло	$y = -90,291z_1 - 0,618z_2 + 7,037z_3 + 5,91z_4 + 0,281z_5 - 1,916z_6 + 48,447z_7 - 519,301z_8 + 123,951z_9 - 3,422z_{10} - 0,403z_{11} + 0,293z_{12} + 0,704z_{13} + 0,735z_{14} - 1,365z_{15} + 271,706$
	Соевое масло	$y = -55,945z_1 - 0,225z_2 + 6,724z_3 + 10,212z_4 + 1,024z_5 - 2,974z_6 + 81,141z_7 - 540,425z_8 + 99,796z_9 - 2,575z_{10} + 1,357z_{11} - 0,188z_{12} + 0,608z_{13} + 2,179z_{14} - 0,97z_{15} - 114,829$
	Льняное масло	$y = -31,41z_1 + 0,12z_2 - 2,23z_3 - 5,26z_4 + 5,43z_5 + 10,92z_6 + 45,55z_7 - 70,37z_8 + 2,73z_9 + 35,24z_{10} + 7,88z_{11} + 29,42z_{12} + 7,45z_{13} + 15,34z_{14} + 28,03z_{15} + 113,69$

Учет фактора времени позволил преобразовать полученные математические модели (таблица 183).

Таблица 183 – Математические модели зависимости ферментов в химусе от биохимических параметров крови, с учетом фактора времени

Амилаза	Подсолнечное масло	$y = t(-18093 + 401,1t)(-498,056z_1 + 0,312z_2 - 8,113z_3 - 177,885z_4 - 0,492z_5 + 41,101z_6 + 45,392z_7 + 1726,152z_8 + 634,907z_9 - 431z_{10} + 29,147z_{11} + 3,468z_{12} - 16,391z_{13} - 10,068z_{14} - 6,433z_{15} + 11115,076)$
	Пальмовое масло	$y = t(2955 - 585t)(-35,712z_1 - 3,184z_2 + 11,09z_3 + 28,736z_4 + 2,548z_5 - 10,626z_6 + 186,242z_7 - 847,22z_8 + 686,169z_9 - 48,719z_{10} + 1,782z_{11} + 0,083z_{12} - 0,664z_{13} + 4,586z_{14} - 3,038z_{15} - 481,958)$
	Соевое масло	$y = t(-5043,7 + 811,67t)(-8,961z_1 - 0,069z_2 + 0,384z_3 - 0,248z_4 + 0,017z_5 + 0,224z_6 + 3,14z_7 - 26,724z_8 + 1,339z_9 - 0,7z_{10} + 0,119z_{11} + 0,014z_{12} + 0,038z_{13} + 0,079z_{14} - 0,02z_{15} + 31,777)$
	Льняное масло	$y = t(-3335,3+907,92) (-69,37z_1 +36,61z_2 +86,92z_3 +61,23z_4 +19,95z_5 -7,68z_6 +31,59z_7 -86,46z_8 +10,19z_9 +7,54z_{10} +24,57z_{11} +17,57z_{12} +14,54z_{13} +10,23z_{14} -6,56z_{15} +189,14)$
Липаза	Подсолнечное масло	$y = t(22,59 - 5,93t)(2009,246z_1 + 10,628z_2 - 11,779z_3 + 231,019z_4 + 1,9z_5 - 32,653z_6 + 43,914z_7 + 3233,325z_8 - 3594,539z_9 + 493,462z_{10} - 36,936z_{11} - 5,397z_{12} + 10,298z_{13} + 29,477z_{14} - 6,677z_{15} - 17324,756)$
	Пальмовое масло	$y = t(-123,36 + 49,723t)(-33,027z_1 - 1,113z_2 + 5,116z_3 + 13,293z_4 + 0,231z_5 - 2,036z_6 + 41,433z_7 - 345,879z_8 + 7,633z_9 + 11,84z_{10} - 1,473z_{11} - 0,005z_{12} + 1,067z_{13} + 1,687z_{14} - 0,237z_{15} - 378,454)$
	Соевое масло	$y = t(-857,83 + 178,39t)(1,417z_1 + 0,11z_2 - 1,308z_3 - 6,008z_4 - 0,099z_5 + 1,749z_6 - 11,179z_7 + 137,379z_8 - 17,161z_9 - 10,368z_{10} + 0,962z_{11} - 0,015z_{12} - 0,368z_{13} - 0,352z_{14} + 1,064z_{15} + 236,973)$
	Льняное масло	$y = t(-39,96+ 8,36t) (-45,51z_1+ 15,01z_2 -26,93z_3 -4,8z_4 -49,35z_5 +50,49z_6 +11,67z_7 -115,42z_8 +29,19z_9 +40z_{10} +51,54z_{11} +11,04z_{12} -60,01z_{13} -29,37z_{14} -17,7z_{15} +218,3)$
Протеаза	Подсолнечное масло	$y = t(1570,1 - 422,24t)(-4213,849z_1 - 25,547z_2 + 182,338z_3 - 217,879z_4 + 18,369z_5 - 82,443z_6 + 1526,617z_7 - 15906,433z_8 + 4081,981z_9 - 923,481z_{10} + 35,693z_{11} + 8,542z_{12} + 1,643z_{13} + 20,774z_{14} - 4,336z_{15} + 31086,875)$
	Пальмовое масло	$y = t(-122,99 + 29,31t)(-90,291z_1 - 0,618z_2 + 7,037z_3 + 5,91z_4 + 0,281z_5 - 1,916z_6 + 48,447z_7 - 519,301z_8 + 123,951z_9 - 3,422z_{10} - 0,403z_{11} + 0,293z_{12} + 0,704z_{13} + 0,735z_{14} - 1,365z_{15} + 271,706)$
	Соевое масло	$y = t(-352,99 + 70,58t)(-55,945z_1 - 0,225z_2 + 6,724z_3 + 10,212z_4 + 1,024z_5 - 2,974z_6 + 81,141z_7 - 540,425z_8 + 99,796z_9 - 2,575z_{10} + 1,357z_{11} - 0,188z_{12} + 0,608z_{13} + 2,179z_{14} - 0,97z_{15} - 114,829)$
	Льняное масло	$y = t(-36,48+8,92t) (-43,24z_1 +0,17z_2 -3,07z_3 -7,24z_4 +7,48z_5 +15,03z_6 +62,71z_7 -96,88z_8 +3,76z_9 +48,52z_{10} +10,85z_{11} +40,5z_{12} +10,26z_{13} +21,12z_{14} +38,59z_{15} +156,52)$

Для оценки влияния жировой составляющей модели также были приведены к общему виду.

Математическая модель, учитывающая влияние биохимических параметров крови на амилазу в химусе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(3734,6 - 871,84t)(0,0711 + 0,919)(-498,056z_1 + 0,312z_2 - 8,113z_3 -$$

$$- 177,885z^4 - 0,492z^5 + 41,101z^6 + 45,392z^7 + 1726,152z^8 + 634,907z^9 - \\ - 431z^{10} + 29,147z^{11} + 3,468z^{12} - 16,391z^{13} - 10,068z^{14} - 6,433z^{15} + \\ + 11115,076).$$

Математическая модель, учитывающая влияние биохимических параметров крови на липазу в химусе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(465,4 - 124,31t)(-0,171 + 1,374)(2009,246z^1 + 10,628z^2 - 11,779z^3 + \\ + 231,019z^4 + 1,9z^5 - 32,653z^6 + 43,914z^7 + 3233,325z^8 - 3594,539z^9 + \\ + 493,462z^{10} - 36,936z^{11} - 5,397z^{12} + 10,298z^{13} + 29,477z^{14} - 6,677z^{15} - \\ - 17324,756).$$

Математическая модель, учитывающая влияние биохимических параметров крови на протеазу в химусе с учетом фактора времени и жирового компонента:

$$y = t(-136,7 + 38,75t)(-0,31 + 1,527)(-4213,849z^1 - 25,547z^2 + 182,338z^3 - \\ - 217,879z^4 + 18,369z^5 - 82,443z^6 + 1526,617z^7 - 15906,433z^8 + \\ + 4081,981z^9 - 923,481z^{10} + 35,693z^{11} + 8,542z^{12} + 1,643z^{13} + \\ + 20,774z^{14} - 4,336z^{15} + 31086,875).$$

Таким образом, в результате проведенного анализа и последующего моделирования, получен ряд математических моделей, имеющих в своей основе корреляционно-регрессионные зависимости и позволяющие оценить влияние показателей переваримости, биохимические показатели крови, а также жировой компонент и фактор времени на секреторную функцию поджелудочной железы.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Физиологические процессы пищеварения и обмена веществ у животных могут значительно изменяться под влиянием кормового фактора, включающего различное сочетание отдельных групп кормов в рационе, их подготовка, отношение и количество отдельных питательных веществ – белков, жиров, углеводов, минеральных компонентов. Обогащение рационов дополнительными компонентами белковой и жировой природы и биологически активными добавками может способствовать повышению эффективности использования корма и увеличению продуктивности животных, и экономии нутриентов.

Объективный анализ современных исследований в области животноводства позволяет создать необходимые условия для разработки принципиально новых технологий кормления с учетом изучения взаимосвязи нутриентного состава с этапами пищеварения, в том числе метагеномного профиля желудочно-кишечного тракта. В связи с этим перспективным направлением в животноводстве является апробация новых источников энергии и протеина с учетом этапов пищеварения у полигастрических животных. Научной новизной наших исследований явилось изучение таксономического состава микробиома, особенностей функциональной активности пищеварительной системы и течения метаболических процессов в желудочно-кишечном тракте молодняка крупного рогатого скота при включении различных по ингредиентному составу рационов. При планировании исследований поставлена задача детального изучения микробиома желудочно-кишечного тракта на фоне введения кормов с различной расщепляемостью протеина, введения растительных жиров и минеральных добавок.

Белки являются основным строительным материалом организма и необходимы для роста и развития животного. Первичное разложение белков

начинается в рубце под действием микробной флоры, которая вырабатывает специальные ферменты. Однако, не все белки подвергаются полному распаду в рубце. Некоторые из них могут быть недоступны для действия протеаз или иметь сложную структуру, которую трудно разрушить. Эти нерасщепленные белки проходят в дальнейшие отделы пищеварительного тракта, где уже подвергаются действию протеаз и разлагаются на аминокислоты.

Распадаемость белков в рубце определяет скорость и эффективность их переработки. Чем выше распадаемость, тем быстрее происходит разложение белка на простые аминокислоты, которые на следующем этапе используются организмом для синтеза новых белков. Более низкая распадаемость может привести к медленной и неэффективной переработке белка, который отрицательно влияет на пищеварение и общей эффективности потребления пищи животными.

Сравнительная оценка химического состава и пищевой ценности белковых концентратов – соевого шрота и подсолнечного жмыха показала разницу в содержании сырой клетчатки на 8,6 %, сырого жира на 0,9 % с превосходством данных показателей в жмыхе, при этом уровень белка, крахмала и сахара был выше в шроте на 10,0 %, 3,1 %, 2,4 %, соответственно. Белок соевого шрота более полноценный и превосходит подсолнечный жмых по большинству незаменимых аминокислот, за исключением метионина. Соевый шрот имеет лучшую доступность в ЖКТ жвачных, по сравнению с другими источниками протеина, в виду низкого содержания клетчатки (Willis S., 2003), в результате в опытах *in vitro* лучшей переваримостью сухого вещества обладал рацион содержащий соевый шрот.

Состав рациона является ключевым фактором, влияющим на структуру микробной популяции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) жвачных. Одним из наиболее кардинальных изменений в рационе питания бычков это увеличение уровня протеина в рационе при откорме, при этом микробиота ЖКТ становится нестабильной, что приводит к дисбактериозу, или

дисбалансу, приводящему к расстройству ЖКТ (Malmuthuge N., Guan L., 2016). Увеличение протеина в рационе молодняка крупного рогатого скота до 13,0 %, и различная степень расщепляемости протеина в рубце при включении различных источников, таких как соевый шрот (расщепляемость протеина 58,4 %) и подсолнечный жмых (расщепляемость 78,7 %) способствовали изменению численности отдельных таксонов и их соотношения. Установлено, что повышение уровня белка значительно уменьшало разнообразие микробиоты рубца (Zhang X.L. et al., 2021).

Так, по результатам первой серии экспериментов (дополнительное включение в рацион протеиновых концентратов) установлено, что, в рубце бактерии *Bacteroidetes*, *Firmicutes* и *Proteobacteria* были наиболее распространенными бактериями на уровне типа, и *Bacteroidetes* были значительно менее распространены в группе с использованием подсолнечного жмыха ($p < 0,05$), чем в группе получавшей основной рацион. *Prevotellaceae* было обогащено в группе, получавшей основной рацион, с содержанием сырого протеина 9 %, тогда как численность *unclassified_Bacteroidetes* была обогащена в группе с высоким содержанием белка (12-13 %). Повышение уровня сырого протеина в рационе бычков показало увеличение численности представителей типа Firmicutes, участвующих главным образом в жировом обмене и усиливающие всасывание жира. Известно, что соотношение *Firmicutes:Bacteroidetes* в микробиоте играет определенную роль в адипогенезе и формировании жировой ткани. Дополнительное включение подсолнечного жмыха показало изменение соотношения *Firmicutes:Bacteroidetes*, если в контрольной группе было 1:2,9, то в опытной группе 1:2,5, на фоне снижения на 57 % численности лактобактерий, и увеличения численности *Spirochaetia* на 44,5 %. Концентрации метаболитов в рубце и характер метаболизма изменялись в зависимости от уровня белка в рационе: в связи с лучшей растворимостью белка подсолнечного жмыха в

рубце (42,4 %) уровень общего и белкового азота в рубцовой жидкости был выше на 0,4 % и 0,8 %, соответственно, чем при использовании соевого шрота.

Адаптация поджелудочной железы представляет собой диетическую регуляцию экспрессии генов, пищевые субстраты изменяют синтез и уровни мРНК соответствующих пищеварительных ферментов. Хотя изменения в синтезе протеаз, амилазы и липазы происходят параллельно с изменениями уровней их мРНК в ответ на соответствующие субстраты, сопутствующие изменения в синтезе других ферментов могут не соответствовать уровням мРНК. Изменения в синтезе происходят в течение нескольких часов после изменения рациона питания, но меняются ли уровни мРНК также так рано, неизвестно. Быстрые адаптивные изменения могут происходить по механизму, отличному от более поздней адаптации, возможно, за счет трансляционного контроля или ядерного транспорта. Медиаторы адаптации поджелудочной железы к пищевому белку опосредуют адаптацию протеазы посредством обратной регуляции ее высвобождения пищевым белком (Brannon P.M., 1990). Активность ферментов поджелудочной железы при использовании жмыха, адаптируется путем увеличения уровня панкреатической секреции и объема сока поджелудочной железы (мл) за 8 часов наблюдения и активности ферментов амилазы, липазы и кишечных протеаз, содержащего больше клетчатки и жира чем соевый шрот, что свидетельствует об адекватной реакции экзокринной функции железы на состав рациона (Corring T., 1980). В результате отмечено увеличение липолитической активности в группе с использованием подсолнечного жмыха на 74,3 % ($p \leq 0,05$), тогда как в группе с соевым шротом активность липазы оказалась на 12 % ниже. При повышении уровня сырого протеина в рационе до 13 % активность кишечных протеаз снижалась на 21,9 – 23,7 % ($p \leq 0,05$).

Адекватность проявления ферментативного гомеостаза демонстрирует активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе, в котором параллельно с изменяющимся спектром синтеза ферментов в панкреатическом

соке изменяется и его состав (Fisinin V.I. et al., 2017). В виду низкой расщепляемостью белка соевого шрота в рубце и высокой его расщепляемостью в кишечнике отмечено повышение активности кишечных протеаз в панкреатическом соке в составе дуоденального химуса, при этом данная активность при использовании подсолнечного жмыха ниже на 21,9 %. А большее содержание в соевом шроте крахмала и сахара повышало уровень амилолитической активности в данной группе на 33,2 % ($p \leq 0,05$). Пищеварительные ферменты адаптируются к рациону питания при изменении потребления субстрата, этот процесс включает в себя множество ферментов. Кишечный этап переваривания является наиболее важным в расщеплении пищевых компонентов ферментами, когда последовательно рассматриваются процессы переваривания белков, углеводов и липидов, становится ясно, что задействованные ферменты адаптируются к любому изменению потребления субстрата. При увеличении потребления крахмала, стимулируется специфическая активность панкреатической амилазы. В то же время увеличение уровня дисахаридов приводит к увеличению специфической активности дисахаридазы, а также увеличивается скорость всасывания некоторых простых продуктов гидролиза, таких как фруктоза. Таким образом, оказывается, что изменение количества потребляемого крахмала приводит к параллельному изменению активности всех ферментов, участвующих в последовательном гидролизе пищевых углеводов (Zhou J. et al., 2022).

Уровень амилазной и протеазной активности по сравнению с контрольным периодом снижался и коррелировали с содержанием фосфора ($r = - 0,65$, $P \leq 0,05$) и ($r = 0,62$, $P \leq 0,05$) соответственно. Высокий коэффициент положительной корреляции установлен между количеством липазы и общим белком ($r = 0,94$, $P \leq 0,001$). Уровень общего белка в соке поджелудочной железы на фоне снижения протеолитической активности увеличился с максимальными значениями в кишечной фазе регуляции ($r = - 0,55$, $P \leq 0,05$). Протеазно-амилазное соотношение, составило 1:13 (контрольная группа) и

1:16 (опытная). Липазно-амилазное соотношение имело противоположные показатели, на фоне снижения от 1:27 до 1:16. Липазно-протеазное соотношение, наоборот, при замене на подсолнечный жмых изменилось с 1:2 на 1,9:1.

Замена на менее качественный протеин сопровождалась снижением общего белка на 4,4 г/л, глюкозы на 1,04 ммоль/л, креатинина на 7,7 мкмоль/л и увеличения мочевины на 0,4 ммоль/л.

Эффективность распада белков в рубце жвачных играет ключевую роль в процессе пищеварения и усвоении питательных веществ. Чем эффективнее происходит распад белков в рубце, тем больше аминокислот доступно для дальнейшего усвоения организмом. Аминокислоты являются основными строительными блоками белковых молекул и необходимы для синтеза новых клеток и тканей организма. Недостаточный распад белков может привести к неполному усвоению аминокислот и недостатку питательных веществ, что может негативно сказаться на здоровье и продуктивности животных (Филиппова О.Б., Кийко Е.И., Маслова Н.И., 2017).

В результате изучения процессов пищеварения в различных участках желудочно-кишечного тракта установлено, что в химусе содержится аминокислот в 1,5 – 2 раза больше по сравнению с количеством их в рационе. Особенно большое увеличение в химусе наблюдается суммы лизина и гистидина. Содержание этих аминокислот в химусе составило 143,0-233,9 % к съеденному. В переднем отделе желудочно-кишечного тракта в зависимости от характера протеинового питания синтезируется больше аминокислот, которых меньше содержится в рационе, этим создается устойчивый состав химуса по содержанию и соотношению аминокислот.

Следующим этапом исследований была оценка влияния растительных жиров (соевого и подсолнечного масел) на метаболические процессы в организме молодняка крупного рогатого скота. Известно, что жиры часто добавляют в рационы жвачных животных, чтобы повысить энергетическую

плотность рациона в попытке повысить продуктивность животных, что нередко сопровождалось проблемами, в том числе неблагоприятным воздействием на микроорганизмы рубца, что может привести к ухудшению переваривания клетчатки и изменению соотношения ацетата к пропионату. При добавлении растительных масел в рацион крупного рогатого скота поступающий с кормом кальций взаимодействуя с жиром, образует нерастворимые фракции и способствует защите жира от расщепления в рубце. На ряду с возрастанием концентрации ЛЖК в содержимом рубца, микрофлора реагирует повышением кислотоустойчивых бактерий филума *Bacteroidetes* и снижением численности *Firmicutes*, участвующих в расщеплении жиров, что способствует перевариванию последних в кишечнике. Хотя механизмы, участвующие во взаимодействии кальция и жира, не совсем ясны. При рН, преобладающем в рубце с адекватным буфером, жирные кислоты с длинной цепью образуют нерастворимые мыла с кальцием. В этой форме жирные кислоты не вредны для микробов рубца. При более низком рН сычуга и двенадцатиперстной кишки кальциевые мыла диссоциируют, и кальций, и жирные кислоты становятся доступными для всасывания (Bhatt R.S. et al., 2018). При использовании растительных масел в кормлении бычков показало увеличение концентрации кальция в чистом соке поджелудочной железы и в составе дуоденального химуса.

Известно, что при изменении состава кормов, объема их в рационе и кратности кормления поджелудочная железа имеет способность регулировать не только объем выделяемого экзосекрета (поджелудочного сока), но и активность и соотношение имеющихся в нем ферментов (Вертипрахов, 2004).

В исследовании доказано, что дополнительное скармливание масел сопряжено с повышением ферментативной активности протеазы и снижением активности амилазы, что сопровождалось изменением соотношения липолитической активности сока поджелудочной железы к амилолитической (с 1:56 до 1:3) и протеолитической активности (с 1:1,4 до 3:1). Это связано с

элементами адаптации путем приспособления ферментативной системы к новым компонентам корма (Isenman L., Liebow C., Rothman S., 1999; Ellis C. et al., 2017).

Мы полагаем, что снижение амилолитической активности можно связать с нарушением синтеза α -связанной глюкозы из концентрированного корма «защищенного жирами», α -связанные полисахариды перевариваются в 12-перстной кишке под действием α -амилазы, мальтазы и т.д. Одной из причин такой низкой переваримости крахмала и других α -глюкополимеров в 12-перстной кишке является низкое значение pH химуса, что ингибирует амилолитическую активность. Вследствие данных факторов растительные масла сдвигают pH химуса в кислую сторону (Zhang R. et al., 2015).

Также в нашем эксперименте мы обнаружили явление жировой эскалации, о чем свидетельствовало увеличение прямого билирубина, что говорит о нарушении функциональной целостности печёночных клеток, в результате чего у животных появляются множество заболеваний, связанных с нарушением процессов кроветворения, функции печени и желчевыводящих путей (Ovuru S.S., Verepubo N.A., Nodu M.B., 2004).

В свою очередь, повышение концентрации короткоцепочечных жирных кислот в содержимом улучшает всасывание кальция рубцовым эпителием и способствует увеличению его концентрации в крови (Wadhwa D. R., Care A. D., 2001). При включении растительных масел в рацион бычков отмечено повышение в сыворотке крови животных опытных групп уровня кальция.

В организме неорганический фосфор вступая в реакцию с жирными кислотами участвует в образовании молекул АТФ, а также входит в состав фосфолипидов. В панкреатическом соке животных опытных групп зафиксировано снижение уровня фосфора, при дополнительном включение в рацион бычков подсолнечного масла концентрация фосфора снизилась в 4,7 раз.

Внешнесекреторная функция поджелудочной железы характеризуется производством и выделением количества панкреатического сока, а также активностью ферментов и их соотношением в составе секрета, что обеспечивается адаптативным синтезом соответствующих ферментов ациноцитами, и в зависимости от вида принятой пищи, обеспечиваемого преимущественным транспортом соответствующих ферментов в составе секрета (Lebedev S.V. et al., 2019; Коротько Г.Ф., 2005; Уголев А.М., Тимофеева Н.М., Груздков А.А., 1986).

При включении в рацион масел панкреатический секрет способен выделять необходимый набор ферментов для гидролиза поступающих с кормом липидов (Лебедев С.В. с соавт., 2019). Панкреатическая липаза расщепляет до 90% принятых с пищей липидов, предварительно эмульгированных желчью. Так, отмечено, что в ответ на введение в рацион крупного рогатого скота растительных масел, интенсивность панкреатической секреции снижается, а активность пищеварительных ферментов сока поджелудочной железы липазы и кишечных протеаз увеличивается. В данном случае адаптационный механизм направлен на оптимизацию процесса пищеварения и минимизацию метаболических затрат организма на переваривание питательных веществ рациона.

В стимуляции и коррекции экзосекреторной деятельности поджелудочной железы огромное значение имеют рефлекторные влияния химуса на хеморецепторы дуоденальной слизистой (Hofer D., Asan E., Drenckhahn D., 1999; Mei N., 1985). Свойства дуоденального химуса, компоненты которого воспринимаются хемосенсорами слизистой оболочки кишечника посредством периферических рефлекторных дуг, оказывают системные влияния на холекинез и эвакуаторную деятельность гастродуоденального комплекса. В реализации данных влияний велика роль панкреатического секрета, ферменты которого гидролизуют липиды или белки (Коротько Г.Ф., 2010). При использовании в кормлении крупного рогатого

скота растительных масел, зафиксировано увеличение активности фермента липазы панкреатического сока в составе дуоденального химуса.

Включение в рацион телят жира сопровождалось стимулированием активности панкреатической липазы в кишечнике, и в то же время отмечалось повышение переваримости питательных компонентов корма, в частности сырого жира, что подтверждается нейрогуморальной регуляцией синтеза липазы с высокой активностью в ответ на большее поступление жира, что согласуется с результатами ранее проведённых исследований (Санжиева С.Е., Мантатова Н.В., 2011).

Присутствие в рационе животных растительных масел пропорционально с увеличением переваримости сырого жира и сырого протеина и наличием корреляционных связей между амилазой и сырым протеином ($r = 0,71$), между липазой и сырым жиром ($r = 0,62$) при включении подсолнечного масла и между амилазой и органическим веществом ($r=0,53$), протеазой и органическим веществом ($r=-0,54$), липазой и сырым жиром ($r=0,55$) при включении соевого масла.

Включение жиров не изменяет структуру бактериального сообщества желудочно-кишечного тракта животных, однако снижает численность отдельных таксономических единиц, что обусловлено продуцированием ферментов поджелудочной железы. Снижение численности липообразующих бактерий объясняется результатами (Martinez-Guryn K. et al., 2018), который установил, что жировая диета стремительно увеличивает количество некоторых микробов в тонком кишечнике, включая бактерии из семейств *Clostridiaceae* и *Peptostreptococcaceae*, которые специфически влияют на поглощение жира. Количество других бактериальных семей уменьшилось на диете с высоким содержанием жиров, включая *Bifidobacteriaceae* и *Bacteroidaceae*, которые обычно ассоциируются с похудением. Эти микробы могут позволить хозяину переваривать высококалорийные продукты и

поглощать жиры. Данный процесс может также оказывать влияние на пищеварительные железы, включая поджелудочную железу.

Физиологичная микрофлора, заселяющая весь желудочно-кишечный тракт участвует в поддержании процессов общего метаболизма, которые непрерывно протекают *in vivo*. Микрофлора формирует высокую степень резистентности по отношению к патогенным микроорганизмам. Однако совсем недавно некоторые исследования показали, что высокожировая диета может ухудшать здоровье кишечника, нарушая структуры кишечника и нормальную микробиоту (Морозова Л.А., Субботина Н.А., Середина А.А., 2016).

При изучении генетического разнообразия кишечной микрофлоры телят, мы выявили, что при введении в рацион подсолнечного масла в качестве источника жира, в содержимом прямой кишки доминировали представители *Ruminococcaceae*, на втором месте по численности были представители *Enterobacteriaceae*. Численность *Lachnospiraceae* увеличилась на 11,08 % по сравнению с контрольным образцом. Также в данном образце не были обнаружены представители семейств *Rikenellaceae*, *Peptostreptococcaceae* и *unclassified Firmicutes*, однако присутствовали *Bifidobacteriales* и *Erysipelotrichaceae*, не обнаруженные в контроле.

В нашем эксперименте мы отметили, что численность *Ruminococcaceae* составляла от 24,53 до 28,68 % от общего числа и была относительно стабильна численности других семейств. Данные бактерии играют важную роль в микробиоценозе телят, обуславливаемое тем, что *Ruminococcaceae* несут гены целлюлазы и эндо-1,4-бета-ксилазы (Biddle A. et al., 2013).

В целом, разнообразие микрофлоры в желудочно-кишечном тракте телят является схожим с результатами, полученными ранее (Thoetkiattikul H. et al., 2013; Golder H. et al., 2014).

Аналогичный метаанализ был проведен для оценки состава бактериальных сообществ в содержимом прямой кишки крупного рогатого

скота. В этом исследовании в общей сложности 13 663 бактериальных последовательностей, выделенных из фекалий крупного рогатого скота, были получены из базы данных RDP (выпуск 11, обновление 1). *Firmicutes* и *Bacteroidetes* были преобладающими типами в фекалиях крупного рогатого скота (Kim M., Wells J.E., 2016).

Так установлено, что в опытной группе уровень видового разнообразия был выше, чем в контроле на 45%. Индекс доминирования Симсона в контрольной группе составил 0,44, в опытной группе 0,54. На основе индекса Шеннона нами был вычислен показатель выравниваемости Пиелу (E), данный индекс в контроле был равен 0,2, а в опытной группе $E=0,3$, что показывает большую выравниваемость микробного сообщества в рубцовой жидкости при включении соевого масла. Наиболее выраженное изменение уровня разнообразия в опытной группе по сравнению с контролем в связи с повышением энергии в кормах при включении масла. В нашем исследовании индекс *Shannon* ($p \leq 0,05$) увеличивался по сравнению с контрольной группой и составил 0,76 (на 44,7 %).

При введении в рацион высокоэнергетического компонента (соевого масла) на фоне возрастания продукции ЛЖК в рубце, наблюдается увеличение численности кислотоустойчивых бактерий филума *Bacteroidetes* (64,2 %) и снижение численности *Firmicutes* (19,3 %), а также достоверное увеличение представителей домена археи, участвующих в метаногенезе рубца. Полученные данные можно использовать при разработке рационов для молодняка крупного рогатого скота на откорме для повышения эффективности использования кормов и оптимизации стратегий снижения выбросов метана в окружающую среду.

Использование подсолнечного масла в рационе показало изменение численности микроорганизмов в рубцовой жидкости (РЖ), но качественный состав микробиоты относительно контрольной группы изменялся не значительно. Метагеномное секвенирование РЖ контрольной группы показало

наличие 12 филумов, из них 4 филума доминирующих, в частности филум *Firmicutes* 17,28 %, *Bacteroidetes* 50,42 %, *Verrucomicrobia* 13,13 %, *Proteobacteria* 10,18 %. Включении подсолнечного масла снижало численность *Firmicutes* на 13,7 %, *Verrucomicrobia* на 2,7 %, *Proteobacteria* на 14,4 % при эскалации численности *Bacteroidetes* на 7,8 %.

При использовании в рационе бычков подсолнечного масла была выявлена положительная высокая корреляционная связь между *Leeuwenhoekiella* и концентрацией уксусной кислоты ($r=0,86$), средняя между *Kocuria* и пропионовой кислотой ($r=0,77$), *Duodenibacillus* и масляной кислотой ($r=0,75$), *unclassified_Ruminococcaceae* и валерьяновой ($r=0,68$).

Добавление в рацион масел в качестве источника жира, по сравнению с контролем, преимущественно снижало численность бактериальных таксонов в толстом отделе кишечника, обладающих липолитической активностью. Martinez-Guryn K. et al. (2018) установили, что жировая диета стремительно увеличивает количество некоторых микробов в тонком кишечнике, включая бактерии из семейств *Clostridiaceae* и *Peptostreptococcaceae*, которые специфически влияют на поглощение жира.

Для управления системой пищеварения, модуляции микробиома желудочно-кишечного тракта и коррекции нарушений метаболических процессов в организме необходима правильная организация полноценного питания растущего молодняка, при этом большое значение уделяется минеральному компоненту кормов, потому как органическая часть корма наиболее полно используется в организме животных только при наличии в рационе необходимого количества минеральных веществ.

Минеральные компоненты оказывают большое влияние на белковый, углеводный и жировой обмен, являются пластическим и структурным материалом для всех органов и тканей, участвуют в поддержании нормального осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия, поддерживают защитные функции организма, а также не малую роль играют в регуляции

системы пищеварения. Установлено, что одним из незаменимых микроэлементов для организма животных является хром, однако до настоящего времени метаболизм хрома в организме животных и его роль в регуляции отдельных систем организма изучены недостаточно (Lashkari S. et al., 2018).

Следует отметить, что выведение некоторых условно-эссенциальных, эссенциальных и макроэлементов значительно ниже уровня их поступления с кормами и биодоступности в организме, однако в отношении Cr выявлена совсем другая тенденция. Хром в кормах содержится в малых количествах, а включение протеиновых и жировых компонентов усиливает потребность его и приводит к снижению усвоения его в организме, в результате чего снижается его уровень, что может негативно сказаться на здоровье и продуктивности животных в связи со снижением толерантности к глюкозе.

Хром является одним из незаменимых микроэлементов для организма животных, он содержится во всех органах и тканях, стимулирует рост и развитие животных, участвует в остеогенезе, обмене белков, углеводов, жиров, процессах кроветворения, взаимодействует с ферментами, гормонами, нуклеиновыми кислотами и витаминами. Основная роль хрома в метаболизме заключается в усилении поглощения глюкозы клетками. Хром также активирует определенные ферменты и стабилизирует белки и нуклеиновые кислоты. Дополнительно хром рекомендован NRC (1997) для животных, подвергающихся экологическому стрессу. Для лабораторных животных рекомендуется 300 мкг хрома на кг рациона (NRC, 1995). Благоприятное воздействие хрома может более эффективно проявляться при стрессах окружающей среды, смене рационов питания, гормональных изменениях и в периоды интенсивного роста.

В дозе 50-200 мкг/сут (Mooney K.W., Cromwell G.L., 1995; 1997) хром стимулирует метаболизм белков, жиров, углеводов и ферментов (Jamilian M., et al., 2018; Lebedev S.V. et al., 2018; Kośła T., Lasocka I., Kolnierzak M., 2019).

Хотя усваивается только 1,91- 8,56% принятого хрома (Kozloski G.V. et al., 1998). Его использование в животноводстве для выращивания телят способствует более интенсивному росту и развитию. Хром оказывает положительное влияние на процессы рубцового пищеварения, использование азота, кальция и фосфора в кормах, производство молока, показатели качества молока и его химический состав (Salnikow K., Zhitkovich A., 2008). В сочетании с белками и нуклеиновыми кислотами хром образует прочные связи с кислородсодержащими и серосодержащими лигандами и укрепляет иммунную систему. В частности, низкое содержание белка (Mertz W., Roginski E., 1963), а также высокое содержание жира в рационе (Stearns DM, Wise Sr JP, Patierno SR, et al., 1995) вызывают дефицит хрома.

Хром увеличивает синтез жира в жировой ткани и уменьшает чистое высвобождение. Предполагается, что это происходит за счет связывания хромодулина с рецептором инсулина и увеличения притока глюкозы в адипоциты. Также обнаружено, что хром влияет на метаболизм холестерина и триглицеридов, хотя механизм не установлен. Предполагается, что это происходит посредством, аналогичным действием противодиабетического препарата метформин. Сообщалось, что метформин активирует 5-АМР-активируемую киназу (АМРК), а стимулируемая метформином активность АМРК, как было показано, подавляет экспрессию белка, связывающего стероидный регуляторный элемент, который принадлежит к семейству ключевых липогенных факторов транскрипции, непосредственно участвующих в экспрессии более чем 30 генов, отвечающих за синтез и поглощение холестерина, жирных кислот, триглицеридов и фосфолипидов (Stepniowska A. et al., 2022).

Железо, несмотря на достаточное его количество в рационах и высокое поступление, усваивается в организме на низком уровне, так как находится в труднодоступной форме, на что указывает снижение его концентрации в сыворотке крови и высоком уровне выведения данного химического элемента

из организма. О биологической ценности мяса можно судить не только по содержанию питательных веществ, но и по содержанию химических элементов (25 химических элементов). Значение минеральных веществ многообразно. Можно выделить их роль в построении тканей организма, особенно костей. Химические элементы участвуют в регуляции кислотно-основного состояния организма. В зависимости от количественного состава минеральных элементов, участвующих в биохимических процессах, они подразделяются на микро и макроэлементы. Макроэлементы обеспечивают нормальное функционирование всех систем и органов, и участвуют в построении клетки тела. Без них невозможен обмен веществ в организме человека. К ним относятся: железо, медь, марганец, цинк, кобальт, йод, фтор, хром, молибден, ванадий, никель, стронций, кремний и селен. Минеральные вещества влияют на защитные функции организма, его иммунитет. Минеральные вещества, особенно микроэлементы, входят в состав или активируют действие ферментов, гормонов, витаминов и таким образом участвуют во всех видах обмена веществ. Они являются незаменимой составной частью пищи, а их длительный недостаток или избыток в питании ведет к нарушениям обмена веществ и даже заболеваниям. При высоких дозах поступления минеральных веществ при их длительности использования накапливаются в организме. Из макроэлементов в мясе присутствуют натрий, калий, хлор, магний, кальций, железо и др. Из микроэлементов йод, медь, кобальт, марганец, фтор, свинец и др. В мясе в небольших количествах содержатся минеральные вещества: соли калия, натрия, железа, кальция, фосфора и т. д., а также экстрактивные вещества, обладающие способностью переходить в отвар. Особенно ценно наличие в мясе содержания фосфора и железа. Ими очень богаты печень и другие внутренние органы. Следует учесть, что железо, содержащееся в мясе и мясных изделиях, усваивается легче, чем железо, имеющееся в растительных пищевых продуктах. При низком содержании кальция в мясе, он содержится в костях животных, поэтому

большая часть его остается не использованной. В мясе присутствует цинк, крайне важный для здоровья кожи, поддержания иммунитета, нормального физического развития и способности к производству потомства. Около 30 % цинка поступает в наш организм именно с мясом. В красном мясе также содержатся калий и селен. Калий отвечает за снабжение мозга кислородом, нормализацию артериального давления и работу сердца, а селен является сильным антиоксидантом, снижающим риск заболеваний сердца и онкологии. Но самое главное – в мясе присутствует железо в особой форме, называемой гемовое железо, которое намного лучше усваивается, нежели железо растительного происхождения.

Ультрадисперсные частицы, благодаря высокой биологической активности, имеют широко применение во многих областях антропогенной деятельности (Albanese A. et al., 2012; Travan A. et al., 2009; Choi S.J., Oh J.M., Choy J.H., 2010; Shim M. Et al, 2002; Ichikawa S., Iwamoto S., Watanabe J., 2005; Taylor T.M., Davidson P.M., 2005). УДЧ активно используются в отрасли животноводства для производства достаточного количества и качества мясной продукции, с их помощью производят насыщение рационов необходимыми питательными компонентами, улучшают биодоступность кормов, корректируют негативное влияние отдельных составляющих рациона на деятельность пищеварительной системы, течение процессов метаболизма и состояние организма в целом (Valdes M.G. et al., 2009; Silbergeld E.K., Graham J., Price L.B., 2008; Gonzales-Eguia A. et.al., 2009).

Долгое время считали, что всасывание железа в значительной степени не зависит от пищевого источника и регулируется в соответствии с потребностями определенными механизмами, известным под названием «блок слизистых оболочек». Теория блока предполагает, что проникновению в организм избыточных количеств железа препятствует регулирующий механизм, находящийся в клетках слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, и что всасывание железа поэтому регулируется потребностями

организма. Однако эта теория недавно была подвергнута сомнению рядом исследователей, и проблема всасывания железа до сих пор изучается.

По результатам третьей серии исследований, направленной на изучение обмена минеральных веществ в организме бычков на фоне использования рационов, различных по ингредиентному составу, установлено, что, при включении в рационы белковых компонентов поступление Fe в организм бычков опытных групп увеличивается на 2,8 % - 4,9 %, а при использовании растительных жиров напротив снижается на 4,0 % - 5,7 %. При этом следует отметить, что, в присутствие белковых компонентов железо из организма бычков выделяется интенсивнее на 6,0 – 8,7 %, а при использовании растительных масел напротив экскреция снижается на 2,8 % - 3,2 %.

Анализируя данные по уровню химических элементов в сыворотке крови бычков следует отметить, что при сравнении с контрольными значениями уровень большинства токсичных элементов снижался. Так, включение в рацион протеиновых компонентов отмечено достоверное снижение уровня Al и Sn на 34,8 % и 16,7 % ($p \leq 0,01$) в присутствии соевого шрота, и на 36,8 % ($p \leq 0,01$) и 16,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно, в присутствии подсолнечного жмыха. Дополнительное включение растительных жиров в рацион также снижало концентрацию в сыворотке крови Al на 26,8 % - 37,9 % ($p \leq 0,01$), Sn на 23,3 % - 26,7 % ($p \leq 0,05$), Sr на 9,7 % - 10,5 % относительно контрольных значений.

На ряду с выведением токсичных элементов при изменении ингредиентного состава рациона зафиксировано достоверное снижение элементов Cr, Fe во всех опытных группах при сравнении с контролем.

Введение в рацион соевого шрота способствовало снижению концентрации в сыворотке крови бычков Cr на 9,8 % ($p \leq 0,05$), Fe на 21,9 % ($p \leq 0,01$), подсолнечного жмыха на 8,4 % ($p \leq 0,05$) и 21,9 % ($p \leq 0,01$), соевого масла на 7,3 % ($p \leq 0,05$) и 21,6 % ($p \leq 0,01$), подсолнечного масла на 5,2 % ($p \leq 0,05$) и 18,4 % ($p \leq 0,01$), соответственно.

Установлено, что дополнительное включение белковых и жировых компонентов в корма крупного рогатого скота способствуют отложению в организме элементов В, Со, Сu, Мn, Ni, Р, Se, К, Са.

Для восполнения потребности организма молодняка крупного рогатого скота в минеральных веществах для роста, развития и повышения уровня продуктивности, необходима коррекция рационов путем включения отдельных химических элементов, в частности Cr и Fe, с целью активации течения обменных процессов в организме.

Дополнительное включение в рацион молодняка крупного рогатого скота на откорме минеральных компонентов хрома и железа, способствовало увеличению живой массы бычков на 1,1 % - 1,6 %, повышению среднесуточных приростов и как следствие повышению массы туш и убойному выходу на 4,3 % и 5,7 %. По сравнению с контрольной группой опытные группы отличалась более высокими показателями сухого вещества в мясе на 2,6 % - 2,9 %, протеина на 2,34 % - 2,56 % и жира на 0,26 % - 0,33 %. Мясо, полученное от бычков опытных групп, отличалось содержанием большинства эссенциальных, условно-эссенциальных и макроэлементов, а используемые хром и железо незначительно откладывались в мышечной ткани и к убою животных уровень их содержания в мясе относительно контрольной группы изменялся не значительно, что свидетельствует о их участии в метаболизме.

Супрафизиологическая роль Cr в углеводном и липидном обмене может быть объяснением улучшения показателей роста и откорма жвачных животных (Lashkari S., 2018). Хром способен влиять на гомеостаз сывороточного холестерина и предупреждать тенденцию к его росту с увеличением возраста. При дефиците хрома у животных нарушается способность включения аминокислот глицина, серина, метионина и α -аминоизомасляной кислоты в сердечную мышцу (Amata A.I., 2013). На обмен других аминокислот хром не оказывает эффекта.

Хром играет важную роль в регуляции обменных процессов в организме, он содержится во всех органах и тканях, участвует в обмене белков, жиров и углеводов, стимулирует приросты живой массы и развитие скелетной и мышечной ткани (Кокорев В.А., Федаев А.Н., Гибалкина Н.И., 2007, 2008; Кокорев В.А., 2008). Применение хрома в качестве добавки в рационах молодняка крупного рогатого скота способствует улучшению функциональной активности поджелудочной железы через повышение активности пищеварительных ферментов (патент № 2711259).

Введение хрома в рацион молодняка крупного рогатого скота, показало улучшение течение пищеварительных процессов и повышение переваримости сухого и органического веществ, клетчатки и БЭВ.

При выращивании телят, введение в рационы наночастиц хрома в количестве (0,05-0,075 мг/кг сухого вещества), способствует увеличению среднесуточных приростов на 6,6-3,3% (Козинец А.И. с соавт., 2020).

Включение УДЧ Cr_2O_3 в белковые рационы молодняка крупного рогатого скота в дозе 200 мг/гол/сут способствует повышению уровня панкреатической секреции на 12,3 - 26,3% и активности пищеварительных ферментов: амилазы на 4,4 – 12,4%, липазы на 88,7 – 88,8% и кишечных протеаз на 14,2 – 25% относительно контрольных значений. Повышение активности ферментов поджелудочной железы отмечалось у телят, при введении в их основной рацион подкормки в виде ультрадисперсных частиц хрома в дозе 1,4 мг/гол, что повысило уровень активности ферментов телят: амилазы на 33,2%, протеазы на 25,4% (патент на изобретение №2711259 от 15.01.2020).

Использование добавки хрома на фоне белкового рациона не оказывало существенного влияния на таксономический состав микробиома РЖ. В данной опытной группе доминирующими филумами *Bacteroidetes* (57,53±0,94%), *Firmicutes* (15,27±0,34 %), *Proteobacteria* (8,80±0,74 %) и *Verrucomicrobia* (11,22±0,92 %), однако в количественном отношении данная добавка изменяла соотношение отдельных бактериальных сообществ относительно контрольной

группы. Так, численность представителей филума *Bacteroidetes* была выше на 16,1 %, а *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* ниже на 22,2 %, 9,1 % и 24,9 %, соответственно, относительно контрольных значений.

При использовании в рационе бычков подсолнечного жмыха и дополнительно УДЧ хрома выявлена высокая отрицательная связь между *unclassified_Erysipelotrichaceae* и концентрацией уксусной кислоты ($r=-0,88$), *Fusicatenibacter* и пропионой кислотой ($r=0,82$), *Fournierella* и аммиачным азотом ($r=-0,86$).

Включение в рацион хрома как катализатора обменных процессов сопровождается повышением общего на 1,8 % - 2,7 % и белкового азота на 2,9 % - 3,9 % в рубцовой жидкости, и увеличением общей концентрации ЛЖК, что способствует повышению переваримости СВ на 3,2 % - 6,4 %.

Использование хрома в рационе с включением белкового концентрата способствовало увеличению численности представителей филума *Bacteroidetes*, ответственных за переваривание белковой пищи, а при дополнительном включении хрома численность микроорганизмов данного филума еще больше повышалась, способствуя лучшей переваримости сырого протеина в рационе, о чем свидетельствует повышение коэффициента переваримости СП в данной группе на 9,7 %.

Дополнительное введение хрома снижало численность бактериальных последовательностей на 36,9 % ($p \leq 0,05$) при снижении численности представителей семейства *Ruminococcaceae* на 30 %, и увеличения представителей семейств *unclassified_Clostridiales*, *Lachnospiraceae*, *Bifidobacteriales*.

Учитывая сложные механизмы пищеварения у крупного рогатого скота, нельзя исключать участия хрома в обменных процессах, что было продемонстрировано при динамике активности пищеварительных ферментов в химусе. Экспериментальные данные свидетельствуют, что наибольшая активность протеазы и липазы установлена в первые часы отбора, с

последующим ее снижением на 3 час. Добавление хрома в рацион бычков стимулировало активность протеазы во все учетные периоды, разница с контролем составила от 25 до 43% ($p \leq 0,05$). Характерным является усиление активности протеазы на 2 день эксперимента, с последующим снижением ее активности на 3 сутки. Аналогично этому формировалась и активность липазы, разница с контролем составила 36% ($p \leq 0,05$). Активность амилазы напротив уменьшалась в почасовых точках отбора и увеличивалась в суточном отборе в опытной группе.

Анализируя полученные данные установлено, что в группе бычков, получавших соевый шрот и хром при сравнении с группой, получавшей подсолнечный жмых и хром была выше на 1,2 % переваримость СВ, сырой клетчатки на 3,8 % и БЭВ на 2,6 %. При этом при использовании подсолнечного жмыха повышалась переваримость сырого протеина и жира на 0,9 % и 0,6 %, соответственно.

Использование подсолнечного жмыха и хрома в рационе бычков увеличивало относительно контроля поступление азота с кормом на 47,3 % ($p \leq 0,05$), и его переваримость, что составило 102,0 г/гол в сутки ($p \leq 0,05$), при сравнении с контрольной группой. В данной группе, как и при использовании соевого шрота, отмечалось повышенное, относительно контроля, выведение азота из организма с калом и мочой, данные показатели были 72,4 г/гол и 73,8 г/гол, что было выше относительно контроля на 28,8 % и 96,3 % ($p \leq 0,01$), соответственно. У бычков данной группы было отложено на 64,7 % больше азота в организме чем у животных контрольной группы ($p \leq 0,01$).

Dhiman A. et al., (2007) наблюдали, что добавление хрома снижало концентрацию холестерина в плазме крови у 6-месячных бычков буйволов. Было обнаружено, что добавки хрома повышают выведение глюкозы из крови растущих телят голштинской породы (Bunting L.D. et al., 1994). Добавки хрома увеличивали общий прирост массы тела и АДГ и снижали уровень холестерина в крови у молодых коз (Mondal S. et al., 2007). Анализируя

биохимический анализ крови, нами установлено достоверное повышение уровня общего белка в опытных группах на 30,9 % - 35,5 % ($p \leq 0,05$), повышении уровня глюкозы на 29,3 % - 66,6 % относительно контроля ($p \leq 0,05$). Тенденция к увеличению в опытных группах была отмечена и в отношении альбумина.

Установлено, что хром оказывает значительное влияние на активность пищеварительных ферментов и регуляцию обменных процессов в желудочно-кишечном тракте, дополнительное введение хрома в рацион бычков опытной группы способствовало увеличению активности пищеварительного фермента липазы, однако приводило к снижению липидного обмена в организме. При дополнительном включении хрома в белковые рационы бычков уровень α -амилазы в сыворотке крови резко повышается в 7,3 - 10,7 раз ($p \leq 0,05$). В опытных группах относительно контроля значительно увеличился уровень общего белка и альбумина в сыворотке крови, что указывает на стимуляцию белкового обмена. Обратная тенденция отмечена в отношении фермента липазы, во всех опытных группах его уровень был ниже контрольных значений на 25 % - 28 %.

Железо играет центральную роль в некоторых биохимических функциях, выступая в качестве ферментативного кофактора или структурного белкового компонента. Среди этих функций энергетический обмен, связывание и транспорт кислорода, регуляция генов, регуляция роста и дифференцировка клеток (Beard J.L., 2001). Железо также является важным компонентом некоторых клеточных ферментов, таких как каталазы, пероксидазы, цитохромы, рибонуклеотидредуктаза и аконитазы, которые играют важную роль в поддержании гомеостаза (Lieu P.T. et al., 2001).

В результате исследований после введения в рацион ультрадисперсных частиц железа значительно снижалась активность фермента амилазы как при стандартном, так и белковых рационах. Как и другие минералы, железо участвует в синтезе и метаболизме нескольких гормонов, которые посредством

сложных взаимодействий участвуют в обмене веществ, росте и развитии и функциональной активности пищеварительной системы (Dauncey M.J., Katsumata M., White P., 2004).

В своих исследованиях нами отмечено усиление панкреатической секреции при скармливании подопытным животным белковых рационов, включавших подсолнечный жмых и соевый шрот. Введение УДЧ железа еще больше стимулировало выработку поджелудочного сока, что свидетельствует о стимуляции деятельности железы и улучшения процессов пищеварения. Изменение ингредиентного состава кормов и включение в них биологически активных добавок существенно влияет на экзокринную функцию поджелудочной железы изменением объема выделенного панкреатического сока и уровнем активности пищеварительных ферментов в нем (Lebedev S.V. et al., 2019; Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., 2018).

В работе Liu K. et al (2017) изучено введение изолейцина на экзокринную функцию поджелудочной железы в форме латинского квадрата 4×4, на здоровых телках голштинской породы, оснащенные канюлями двенадцатиперстной кишки и поджелудочной железы. В результате установлено увеличение объема панкреатической секреции, концентрации белка и активность α -амилазы, трипсина и холецистокинин плазмы. Активность липазы и изменения уровня глюкозы в сыворотке крови не обнаружено.

О способности животного организма преобразовывать протеин кормов в белки тела можно судить по количеству общего белка в сыворотке крови (Левахин Ю.И. с соавт., 2019; Pereira D.I., 2013). Так, наиболее высокая концентрация общего белка в сыворотке крови отмечалась у животных, получавших вместе с основным набором кормов 362,6 мг наночастиц железа.

По результатам четвертой серии исследований, направленной на изучение влияния дополнительного введения железа в смешанные рационы, установлено, что, включение ультрадисперсных препаратов железа в дозе 2,2

мг/гол/сут способствует усилению белкового и углеводного обменов. Parhofer K.G. (2016), указывал, что при увеличении уровня соевого жира в рационе животных, увеличивается синтез витамина Д. Это витамин увеличивает расщепление фосфорных веществ и оказывает влияние на общее содержание фосфора в живом организме. При дополнительном введении жира в корм для животных концентрация Р значительно увеличивается в печени и мышцах.

Накоплено достаточно данных, показывающих, что для переваривания и усвоения животными питательных веществ принятого корма требуется фосфор. Эта потребность обуславливается образованием фосфорилированных продуктов обмена и нуждами микрофлоры рубца для переваривания клетчатки. Рубцовая жидкость включает в себя как органические, так и неорганические фосфаты, причем последние составляют 70-80% от общего фосфора (Arosio P. et.al., 2015, Sizova E.A. et.al., 2018). Повышение фосфора в группах животных получавших УДЧ железа приводило к улучшению метаболических функций рубца.

Снижение концентрации железа в крови телят может отрицательно влиять на состояние здоровья, их воспроизводительные способности, уровень продуктивности, использование питательных веществ. Важная роль отводится железу в активизации ферментных систем, катализирующих углеводный и белковый обмен (Huang R.L. et.al., 2005; Xin W. et.al., 2013).

Уровень глюкозы в сыворотке крови опытных животных повышался при включении в рацион УДЧ Fe, что свидетельствует об усилении углеводного обмена, что дает больше энергии для роста и развития организма и как следствие увеличение продуктивности. По мнению Ognik K. et.al., (2016) несмотря на непрерывное извлечение из крови глюкозы, её уровень у животных остается постоянным. Это постоянство обусловлено всасыванием из пищеварительного тракта, гликогенолизом (распад гликогена до глюкозы) и глюконеогенезом (образование гликогена), происходящими под нейрогуморальным контролем.

Включение композиций белковых концентратов и железа способствовало повышению переваримости питательных компонентов корма, в частности СВ, ОВ, СЖ и СП, а также большему отложению в организме бычков азота на 6,2 % ($p \leq 0,01$) при использовании соевого шрота и на 4,3 % ($p \leq 0,01$) при использовании подсолнечного жмыха, при этом коэффициент полезного использования обменной энергии в опытных группах относительно контроля был выше на 2,5 % - 2,8 %.

Железо стимулировало численность представителей филума *Bacteroidetes* на 6,9 %, а *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* снижало на 4,1 %, 1,9 % и 1,2 %, соответственно, относительно контрольных значений.

Доминирующими семействами оказались *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_Bacteroidales*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae*. Включение УДЧ железа увеличивалось количество представителей *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_Bacteroidales*" на 0,9 % , 2,7 % , 0,5 % , 3,8 % , соответственно, уменьшилась численность *Lachnospiraceae*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae* на 1,6 % , 0,7 % , 1,7 % , соответственно, относительно образцов с использованием белкового компонента.

Включение комплекса белковых концентратов и железа отмечено увеличение метаболических процессов в рубце, что сопровождалось повышением уровня ЛЖК, общего и белкового азота в рубцовой жидкости, в результате наблюдается лучшая переваримость СВ рациона. Структура бактериального сообщества микробиома рубца при введении данных добавок значительно не изменялась относительно контроля, доминирующими бактерии были представлены *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_Bacteroidales*."

Уровень активности липазы панкреатического сока достоверно снижался в опытных группах относительно контрольной на 73,8 % - 76,6 % ($p \leq 0,05$).

Совместное использование в рационах бычков белковых компонентов и железа значительно увеличивало уровень функциональной активности поджелудочной железы, однако наряду с этим отмечено значительное снижение активности пищеварительных ферментов в соке поджелудочной железы, в частности амилазы и кишечных протеаз, что указывает на развитие компенсаторных процессов во внешнесекреторной активности поджелудочной железы в ответ на изменение состава рациона.

Таким образом нами проведен комплексный анализ таксономического состава микробиома рубца и кишечника жвачных при изменении состава рациона по полноценности протеинового и жирового питания и выявлены корреляционные связи между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота. Материалы представлены в государственных базах данных, номер регистрации 2022620699; 202262068; 2022620671; 2022620672; 2022620708; 2022620782; 2022620784; 20226208324). В экспериментальных исследованиях определены количественные и качественные показатели чистого панкреатического сока и химуса при включении в рацион крупного рогатого скота различных масел (подсолнечного, пальмового, соевого, рапсового, льняного) и протеиновых добавок (соевого шрота и подсолнечного жмыха). Получены новые для науки данные об интенсивности течения метаболических процессов в организме и биодоступности компонентов корма при включении протеиновых и жировых компонентов в рационы молодняка крупного рогатого скота, а также о влиянии различных комбинаций минеральных препаратов с растительными жирами и протеиновыми компонентами. Дополнены сведения о влиянии химических элементов на морфологические и биохимические показатели, антиоксидантную и

ферментативную активность крови, показаны индексы токсичности минералов, установлено изменение уровня NO-метаболитов. Ценность полученных в работе моделей заключается в возможности оценить влияние ингредиентного состава рациона на функции поджелудочной железы по фазам регуляции, что с высокой вероятностью позволит корректировать работу пищеварительной системы при изменяющемся нутриентном спектре рационов кормления полигастричных животных.

ВЫВОДЫ

1. Использование в питании крупного рогатого скота соевого шрота и подсолнечного жмыха сопровождается повышением численности в рубце представителей микробного филума *Verrucomicrobia* на 12 - 13 % и *Firmicutes* на 2 - 3%, и снижением количества *Bacteroidetes* на 2 - 4 %, с последующим снижением переваримости в рубце сырой клетчатки и повышением концентрации ацетата и бутирата в рубцовом содержимом на 62,7 - 67,7 % и 67,7 - 68,9 %, уровня общего азота на 1,5 - 2,0 % и белкового азота на 3,7 - 4,8 %, соответственно. При этом в целом переваримость питательных веществ повышается по сухому веществу на 1,4 – 2,7 % с увеличением эффективности трансформации обменной энергии в продукцию и повышением интенсивности роста животных на 2,5 – 5,9 %.

2. Степень расщепляемости в рубце протеинов белковых концентратов тесно связана с экономической эффективностью производства говядины. При существующем соотношении качества и стоимости включение в рацион молодняка крупного рогатого скота подсолнечного жмыха, с расщепляемостью протеина – 78,7 % позволяет увеличить размер прибыли на 337,5 рублей. Тогда как скармливания в том же количестве соевого шрота с расщепляемостью протеина 58,4 % прибыль возрастает на 787,5 рублей. При этом рентабельность производства говядины возрастает на 1,2 – 1,4 %, что является экономически целесообразным.

3. Увеличение в рационе крупного рогатого скота содержания сырого жира до 5,0-6,9 %, через дополнительное введение растительных масел (соевое, подсолнечное), сопровождается деформацией таксономического состава микробиома рубца, что сопряжено с повышением количества микроорганизмов, принадлежащих к классам *Spirochaetia* в 4-5 раз, *Actinobacteria* в 1,3 раз, *Mollicutes* в 2,2 раз, *Lentisphaeria* в 2,1 раз, *Elusimicrobia* в 17 раз и снижением численности *Streptococcus bovis*,

продуцирующих лактат. При добавлении соевого масла отмечено нарастание в рубцовом содержимом домена архей, в частности *Methanomassiliicoccales*, концентрация которых повышается на 97 %. При этом в рубцовом содержимом увеличивается концентрация уксусной на 46,8 - 51,5 % и масляной кислот на 55,6 - 60,5 %, увеличивается переваримость питательных веществ, что в конечном итоге приводит к повышению интенсивности роста животных до 6,0 %.

4. Альфа-разнообразие основных типов и родов в рубце крупного рогатого скота зависит от энергетической ценности рациона и при увеличении последней с 9,4 до 11,2 МДж/кг СВ сопровождается повышением индекса Шеннона с 0,42 до 0,76. При этом имеет место снижение содержания фирмикутов до 17,3 - 19,3 % и увеличение численности кислотоустойчивых бактерий филума *Bacteroidetes* (50,4 - 64,2 %), а также численности *Prevotellaceae*, *Lashnospiraceae*, *Rikenellaceae* на уровне семейства. При этом отмечается высокая корреляция между видовым составом микробиома рубца и параметрами ферментации – концентрацией летучих жирных кислот, уровнем общего и белкового азота и переваримостью сухого вещества.

5. В кишечнике бычков, получавших подсолнечное и соевое масла, в составе рациона с уровнем содержанием сырого жира 5,0-6,9 %, численность *Ruminococcaceae*, несущих гены целлюлазы и эндо-1,4-бета-ксилаказы, снижается на 25 - 29 %. При этом имеет место спад амилолитической активности сока поджелудочной железы на 41,1 - 50,7 %, что тесно коррелирует с переваримостью сырой клетчатки. Однако, в целом, включение растительных масел в небольшом количестве сопровождается ростом переваримости сырого жира рациона на 5,5-6,9 %, сухого вещества на 2,7 – 3,8 %, сырого протеина на 1,3 – 2,0 %, что сопряжено с увеличением интенсивности роста живой массы бычков на 2,8 – 3,4 % и повышение рентабельности производства говядины до 3,3 %.

6. Включении в рацион бычков растительных жиров сопровождается стимуляцией функционирования поджелудочной железы с увеличением синтеза фермента липазы в 5-6 раз при использовании подсолнечного масла и в 22 раза при использовании соевого масла, что способствует повышению переваримости сырого жира на 2,8 - 3,3 %.

7. Использование в рационе молодняка крупного рогатого скота на откорме минеральных компонентов хрома (200 мкг/кг) и железа (1,4 мг/кг) обеспечивает увеличение переваримости сухого вещества на 2,7 – 5,5 % и благоприятные условия для наращивания биомассы простейших на 55,0 – 70,0 %, что сопровождалось увеличением живой массы бычков на 1,1 – 1,6 % и отложением в мясе протеина на 2,34 - 2,56 % и жира на 0,26 - 0,33 %.

8. Совместное скармливание молодняку крупного рогатого скота белковой подкормки (соевый шрот, подсолнечный жмых) и препарата УДЧ оксида хрома (III) сопровождается активизацией синтеза общего и белкового азота в рубцовом содержимом на 1,5 - 4,8 % и общего уровня летучих жирных кислот в 2,5 – 3,0 раза при увеличении переваримости СВ на 3,2 – 6,4 %, а также повышению переваримости сухого вещества на 1,4 – 1,7 %, сырого протеина на 2,0 – 2,5 %, сырого жира на 2,5 - 2,9 %, сырой клетчатки на 1,4 – 1,9 % и увеличению интенсивности роста бычков на 2,1 – 2,7 %.

9. При использовании в кормлении жировых компонентов и УДЧ оксида хрома (III) доминирующими филумами оказались *Bacteroidetes*, их количество в контроле составило 51 %, а в опытных группах на 4-11% выше, и *Firmicutes*. При этом отмечается увеличение переваримости сухого вещества на 2,2 – 3,5 %, сырого протеина на 1,2 – 1,5 %, сырого жира на 3,2 – 4,0 % и БЭВ на 2,4 – 2,8 % на фоне роста уровня рентабельности производства говядины на 2,7 – 3,8 %.

10. Включение УДЧ оксида хрома (III) в рационе сопровождается смещением процессов ферментации в рубце в сторону активизации синтеза ацетата и бутирата на 73,7 и 76,2 % при скармливании соевого масла и на 68,8

и 74,4 % подсолнечного масла. Концентрация капроновой кислоты в рубце при совместном использовании жиров и УДЧ увеличивалась на 43,1 - 44,3 %. Уровень азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном введении ультрадисперсных частиц оксида хрома на фоне использования в рационе жиров повышался, концентрация общего азота на 2,4 - 3,1 %, белкового азота на 2,8 - 5,1 %.

11. Дополнительное включение препарата УДЧ оксида хрома (III) с уровнем белка в рационе 12,0 – 13,0 %, стимулирует секрецию сока поджелудочной железы на 12,3 - 26,3%, при росте активности амилазы панкреатического сока на 4,4 - 12,4%, кишечных протеаз на 16,6 - 33,3 %, липазы на 62,3 - 88,7%. Дополнительное включение растительных жиров в комплексе с УДЧ оксида хрома (III) в рацион бычков увеличивало уровень секреции панкреатического сока на 10,4 – 41,5 % и активности в нем пищеварительных ферментов: липазы на 70,8 – 87 % и кишечных протеаз на 22,9 – 47,8 %.

12. Дополнительное включение в рацион УДЧ железа в дозировке 1,4 мг/кг СВ рациона, сопровождается увеличением в рубцовом содержимом численности представителей филума *Bacteroidetes* на 6,9 %, на фоне снижения численности *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* на 4,1; 1,9 и 1,2 % и повышения интенсивности метаболических процессов в рубце. При этом имеет место увеличение концентрации уксусной кислоты на 78,3 % при использовании в качестве дополнительной подкормки подсолнечного жмыха и на 76,2 % - соевого шрота. Уровень масляной и капроновой кислот повышался на 24,4 и 22,5 %; на 64,4 и 62,4 %, соответственно. При этом уровень общего и белкового азота в рубце животных увеличился на 3,3 – 3,1 % и 6,6 - 5,4 %, соответственно. На этом фоне повышение переваримости в кишечнике сырого протеина составляло 2,0 - 2,1 %, сырого жира на 2,4 - 3,2 %.

13. Включение препарата УДЧ железа в смешанные рационы, сопровождается увеличением интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота на 2,0 - 4,0 %, при этом рентабельность производства говядины увеличивается до 4,2 %. Введение УДЧ оксида хрома (III) в рационы позволяет увеличить интенсивность прироста живой массы бычков на 2,5 – 4,3 % и уровень рентабельности до 3,8 %. При этом в опытных группах имеет место увеличение в сыворотке крови уровня белка на 30,7 – 35,2 %, альбумина на 24,1 – 52,4 % и выявлено большее отложение азота на 11,8 – 24,4 %, и энергии прироста на 12,9 – 47,7 %.

14. Сочетанное скармливание растительных масел и препарата УДЧ железа оказывает непосредственное влияние на рубцовое пищеварение, способствуя увеличению концентрации в рубце ацетата на 80-82 %, бутирата на 70-72 % и капроновой кислоты на 67-68 %. При этом уровень панкреатической секреции возрастал на 56 - 59,8% и селективным изменением активности пищеварительных ферментов поджелудочной железы. В частности, при использовании добавки подсолнечного масла и препарата УДЧ железа активность липазы и кишечных протеаз возрастает на 10,8 и 14,3%, соевого масла на 57,0 и 27,8%, соответственно. Следует отметить, что при снижении активности амилазы и повышении активности липазы в панкреатическом соке, данные показатели в сыворотке крови имели обратную тенденцию, уровень липазы снижался на 65,3 - 71,1 %, а α -амилазы повышался на 63,6 - 33,7 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для повышения эффективности использования корма и увеличения интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота целесообразно вводить в смешанные рационы ультрадисперсные частицы железа в дозировке 2,2 мг на голову в течение 7 дней. Это позволит повысить уровень активности ферментов поджелудочной железы и увеличить переваримость питательных веществ кормов, что будет сопровождаться ростом интенсивности живой массы животных на 3-5 % и позволит увеличить рентабельность производства говядины на 1-2 %.

2. С целью повышения эффективности использования рационов, содержащих соевый шрот и/или подсолнечный жмых, следует дополнительно в рацион включать препарат ультрадисперсных частиц оксида хрома (III) в дозировке 200 мкг/кг сухого вещества корма. Это позволит повысить уровень панкреатической секреции и активность ферментов поджелудочной железы - амилазы, липазы и кишечных протеаз, и будет способствовать увеличению переваримости сырого протеина на 2-3 %, сырого жира на 10-13 %, сырой клетчатки на 5-7 % и в конечном итоге будет сопровождаться увеличением интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота на 7-10 %

3. Молодняку крупного рогатого скота целесообразно скармливать льняное масло в дозировке 3 % от сухого вещества рациона с дополнительным включением препарата ультрадисперсных частиц оксида хрома (III), полученные методом плазмохимического синтеза, в дозировке 200 мкг на 1 кг сухого вещества рациона. Это позволит повысить уровень активности ферментов поджелудочной железы и увеличить прирост живой массы животных.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Представленные вашему вниманию результаты НИР определяют дальнейший вектор научных исследований, направленный на:

- углубление знаний о микробиоме сельскохозяйственных животных, в том числе в связи с генотипом организма-хозяина;

- изучение транслокации микроорганизмов из желудочно-кишечного тракта в кровяное русло как одного из компонентов формирования резистентности организма к различным заболеваниям;

- изучение механизмов формирования рубцовой и кишечной микробиоты жвачных в развитии процессов адаптации организма животных к специфике питания;

- управление микрофлорой рубца, способной выделять вещества антикворума, ферменты и другие биологически активные соединения, посредством включения различных кормовых добавок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешина Е.С. Каримов И.Ф., Дерябин Д.Г. Методы биолюминесцентного тестирования: методические указания к лабораторному практикуму. - Оренбург, 2011. – 56 с.
2. Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных животных / А.А. Алиев. – М: НИЦ «Инженер», 1997. – 420 с.
3. Боголюбова Н.В. и др. Регуляция рубцового пищеварения у молочных коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (80). – С. 214-216.
4. Вертипрахов В.Г. Особенности секреторной функции поджелудочной железы цыплят-бройлеров и возможности коррекции пищеварения животных ферментными препаратами на цеолитовой основе: дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2004. - 284 с.
5. Веселова Т.А., Мальцева А.А., Швец И.М. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. - 187 с.
6. Гамко Л.Н. и др. Влияние качества кормов на продуктивность дойных коров с высоким генетическим потенциалом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (78). – С. 24-27.
7. Георгиевский В.И. Физиология с/х животных / В.И. Георгиевский. - М.: Агропромиздат, 1990. - С.228-299.
8. Голиков А.Н. Физиология с/х животных / А.Н. Голиков. - М.: Агропромиздат, 1991. - С.94-113.
9. Григорьев Н.Г. Методические рекомендации по определению энергетической питательности кормов для жвачных / Н.Г. Григорьев, А.И. Мельченко, А.И. Ембулатов. – М.: ВАСХНИЛ, 1984. – С.15-34.

10. Григорьев Н.Г. Биологическая полноценность кормов / Н.Г. Григорьев, Н.П. Волков, Е.С. Воробьев и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 119- 130.
11. Григорьев Н.Г., Волков Н.П., Воробьев Е.С. и др. Биологическая полноценность кормов. - М.: Агропромиздат, 1989.
12. Долгов И.А., Матеркин А.М., Харитонов Е.Л. Влияние факторов питания на микрофлору преджелудков у коров // Современные проблемы биотехнологии и биологии продуктивных животных / ВНИИФБиП с.-х.животных. Боровск, 1999. - С.400-409.
13. Долгов И.А., Тараканов Б.В. Влияние синтетических аминокислот на жизнедеятельность амилолитических стрептококков вида *Str. bovis* II Бюлл. ВНИИФБиП с.-х. жив. - 1974. - Вып. 4. - С. 74-76.
14. Духин И.П., Пивняк И.Г. Обменные и микробиологические процессы в ЖКТ жвачных животных при различных условиях кормления // Бюл. науч. работ ВНИИ животновод.- 1989.- Т.52. - С. 118-122.
15. Есаулова Л.А., Елизарова Т.И. Эффективность использования защищённых кормовых жиров в рационах дойных коров в хозяйствах Воронежской области // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, проводимой на базе ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный Аграрный Университет имени императора Петра I» / Воронеж. - 2016. - С. 103-106.
16. Животноводство / под ред. Д.В. Степанова. - М.: Колос, 2006. - 688 с.
17. Зинатдинов Д. и др. Важные аспекты клетчатки в кормлении жвачных животных // Solution of social problems in management and economy. – 2022. – Т. 1. – № 5. – С. 36-39.
18. Ильина Л.А. Содержание микроорганизмов в рубце бычков разного возраста // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – № 3 (99). – С. 128-133.

19. Ильина Л.А., Ыылдырым Е.А. Микробиом рубца жвачных животных // Медицинский академический журнал. – 2017. – Т. 17. – № 4. – С. 59-60.
20. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления с.-х. животных: справочное пособие / А.П. Калашников, Фисинин, В.В. Щеглов. – Москва, 2003. – 456 с.
21. Козинец А.И., Козинец Т.Г., Голушко О.Г., Надаринская М.А., Гринь М.С., Соловьев А.В. Применение наночастиц хрома в рационах молодняка крупного рогатого скота // Материалы IV Международной научно-практической конференции. Красноярск, 2020. - С. 257-260.
22. Кокорев В.А. Биологическое обоснование потребности молодняка крупного рогатого скота в хrome и его практическая значимость при травяном типе кормления // Проблемы сохранения биоразнообразия северо-Западного Прикаспия (Материалы междунар. науч.-практич. конференции) – Элиста ЗАО «НПП» Джангар», 2007. - С. 169-177.
23. Кокорев В.А. Влияние хрома на молочную продуктивность коров / В. А. Кокорев, А. Н. Федаев, Н. И. Гибалкина // Зоотехния. - 2008. - № 9. - С. 11-13.
24. Кокорев В.А. Обоснование использования хрома в кормлении крупного рогатого скота / В.А. Кокорев, А.Н. Федаев, Н.И. Гибалкина // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы XI Междунар. науч.-практич. конференции, посвящ. 75-летию кафедры разведения и генетики сельскохозяйственных животных УО «БГСХА». Горки, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. - С. 92-98.
25. Коротько Г.Ф. Секрeция поджелудочной железы. - Изд. 2-е, доп. - Краснодар: Изд. КГМУ, 2005.
26. Коротько Г.Ф. Экзо- и эндосекретируемые пищеварительными железами ферменты как модуляторы их секреции / Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. - № 12. - 2010. - С. 81-86.

27. Курилов Н.В., Севастьянова Н.А, Коршунов В.И. и др. Изучение пищеварения у жвачных: метод. указания / ВАСХНИЛ, ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. - Боровск: ВНИИФБИП с.-х. животных, 1987. – 104 с.
28. Лаптев Г., Ильина Л., Солдатова В. Микробиом рубца жвачных: современные представления // Животноводство России. – 2018. – Т. 10. – С. 38-41.
29. Лаптев Г., Йылдырым Е., Ильина Л. Микробиом рубца – основа здоровья коров // Животноводство России. – 2020. – № 4. – С. 42.
30. Лаптев Г.Ю., Йылдырым Е.А., Дуняшев Т.П., Ильина Л.А., Тюрина Д.Г., Филиппова В.А., Бражник Е.А., Тарлавин Н.В., Дубровин А.В., Новикова Н.И., Большаков В.Н., Пономарева Е.С. Биоразнообразие и метаболические функции микробиома рубца у молочных коров в разные физиологические периоды. Сельскохозяйственная биология. - 2021. - Т. 56. - № 4. - С. 619-640.
31. Лаптев Г.Ю., Йылдырым Е.А., Дуняшев Т.П., Ильина Л.А., Тюрина Д.Г., Филиппова В.А., Бражник Е.А., Тарлавин Н.В., Дубровин А.В., Новикова Н.И. Таксономические и функциональные особенности микробиоты рубца у дойных коров с диагнозом кетоз. Сельскохозяйственная биология. - 2021. - Т. 56. - № 2. - С. 356-373.
32. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных. 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Россельхозиздат, 1976. - 389 с.
33. Лебедев С.В. Различные источники жира в рационе изменяют переваримость и активность пищеварительных ферментов у телят / С.В. Лебедев, Е.В. Шейда, И.А. Вершинина, И.З. Губайдуллина, И.С. Мирошников, В.А. Рязанов, А.М. Макаева, И.В. Маркова // Животноводство и кормопроизводство. - 2019. - Т.4.
34. Лебедев С.В., Шейда Е.В., Губайдуллина И.З., Гавриш И.А., Кван О.В., Мирошников И.С., Рязанов В.А., Быков А.В., Рогачев Б.Г. Способ

приготовления кормовой добавки для молодняка крупного рогатого скота // Патент на изобретение № 2711259 опубл. 15.01.2020 г., БИ № 2.

35. Левахин Ю.И., Нуржанов Б.С., Рязанов В.А., Джуламанов Е.Б. Изменения микробиоценоза рубца, крови и переваримость сухого вещества рациона при введении бычкам совместно с жировой добавкой ультрадисперсных частиц железа // Аграрный вестник Урала. - 2019. - № 01 (192). - С. 53–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-53-59.

36. Мажитова М.В. Спектрофотометрическое определение уровня метаболитов монооксида азота в плазме крови и ткани мозга белых крыс // Современные проблемы науки и образования. - 2011. - № 3.

37. Морозова Л.А., Субботина Н.А., Миколайчик И.Н. Использование кормовой добавки Мегалак в рационах высокопродуктивных коров // Зоотехния. – 2013. – № 10. – С. 5-6.

38. Морозова Л.А., Субботина Н.А., Середина А.А. Влияние кормовой добавки "мегалак" на рубцовый метаболизм в организме высокопродуктивных коров / В сборнике: Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ; Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2016. - С. 309-312.

39. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. – М.: Колос, 1976. – 304с.

40. Санжиева С.Е., Мантатова Н.В. Влияние качества кормов на экзокринную функцию поджелудочной железы серебристо-черных лисиц // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2011. - Т. 79. - № 5. - С. 60-64.

41. Сарымсакова Б.Е., Розенсон Р.И., Баттакова Ж.Е. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. – Астана, 2007. - 98 с.

42. Синещеков А.Д. Биология питания сельскохозяйственных животных (Биологические основы рационального использования кормов). - М.: «Колос», 1965. - 399 с.
43. Талалай Г.С. и др. Оценка переваримости питательных веществ рациона, содержащих зеленый гидропонный корм // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 1. – С. 278-282.
44. Туаева Е. В., Андреева Л. В., Горная Э. Н., Нимаева В. Ц. Научно-практическое обоснование применения хелатного соединения железа в кормлении телят // Вестник НовГУ. 2014. - №76.
45. Уголев А.М., Тимофеева Н.М., Груздков А.А. Адаптация пищеварительной системы // Физиология адаптационных процессов: рук. по физиологии. - М.: Наука, 1986. - С. 371-480.
46. Филиппова О.Б., Кийко Е.И., Маслова Н.И. Рубцовое пищеварение у коров при различном составе кормовой смеси // Техника и технологии в животноводстве. - 2017. - №4 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rubtsovoe-pischevarenie-u-korov-pri-razlichnom-sostave-kormovooy-smesi> (дата обращения: 03.07.2023).
47. Фисинин В.И. Внешнесекреторная функция поджелудочной железы кур (*gallusgallusl.*) в зависимости от ингредиентов рациона / Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Сельскохозяйственная биология. - 2018. - Т. 53. - № 4. - С. 811-819.
48. Фицев А.И. Научное обоснование новой системы оценки качества протеина кормов для жвачных / Автореферат дисс. на соиск. учен. степ, доктора с.-х. наук. М., 1995. - 50 с.
49. Хализова З. Микробиом рубца – основа большого молока // Эффективное животноводство. – 2021. – № 1 (167). – С. 12-21.
50. Харитонов Е.Л., Материкин А.М., Мысник Н.Д. Переваривание протеина в кишечнике жвачных животных // Современные проблемы биотехнологии и биологии продуктивных животных. – 1999. – С. 330-343.

51. Харитонов Е.Л., Панюшкин Д.Е. Кормовые и метаболические факторы формирования жирнокислотного состава молока у коров // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2016. – № 2. – С. 76-106.
52. Цюпко В.В. Физиологические основы питания молочного скота / В.В. Цюпко. - К.: Урожай, 1984. - 152 с.
53. Чёрная Л.В. Особенности желудочного пищеварения у жвачных животных // Научное обозрение. Биологические науки. – 2017. – № 2. – С. 153-156.
54. Чёрная Л.В. Особенности питания эндобионтных инфузорий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4(2). – С. 233-237.
55. Щипакин М.В. и др. Особенности строения многокамерного желудка бычков чёрно-пёстрой породы (сообщение второе) // Иппология и ветеринария. – 2017. – № 3. – С. 103-107.
56. Agarwal N., Kamra D.N., Chaudhary L.C. Rumen Microbial Ecosystem of Domesticated Ruminants // Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution. - 2015. - P. 17–30.
57. Agle M. et al. The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows // Journal of dairy science. - 2010. – V. 93. – № 4. – P. 1625-1637.
58. Ahmed S. et al. Influence of rumen bypass fat fed with total mixed ration on growth performance in Nili-Ravi buffalo calves // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. – 2020. – V. 71. – № 4. – P. 2437-2444.
59. Albanese A., Tang P.S., Chan W.C.W. The effect of nanoparticle size, shape, and surface chemistry on biological systems // Annu Rev Biomed Eng. – 2012. – V. 14. – P. 1-16.
60. Allen M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle // Journal of dairy science. – 2000. – V. 83. – №. 7. – P. 1598-1624.

61. Álvarez-Rodríguez J. et al. Insights into the role of major bioactive dietary nutrients in lamb meat quality: a review // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. – 2022. – V. 13. – № 1. – P. 1-16.
62. Amachawadi R.G., Nagaraja T.G. Liver abscesses in cattle: A review of incidence in Holsteins and of bacteriology and vaccine approaches to control in feedlot cattle // *Journal of animal science*. – 2016. – V. 94. – № 4. – P. 1620-1632.
63. Amata A.I. Chromium In Livestock Nutrition: A Review // *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*. – 2013. - № 2. – P. 289-306.
64. Andrews R.J., Lewis D. The utilization of dietary fats by ruminants: II. The effect of fatty acid chain length and unsaturation on digestibility // *The Journal of Agricultural Science*. – 1970. – V. 75. – № 1. – P. 55-60.
65. ARC. Agricultural Research Council. The Nutrient Requirements of Ruminants Livestock, Suppl.1: Report of the Protein Group of Agricultural Research Council Working Party on the Nutrient Requirements. England: Common-Wealth Agricultural Bureaux, 1984.
66. Arosio P., Carmona F., Gozzelino R., Maccarinelli F., Poli M. The importance of eukaryotic ferritins in iron handling and cytoprotection // *Biochem. J*. - 2015. – V. 472(1). – P. 1-15. doi: 10.1042/BJ20150787.
67. Arthington JD, Ranches J. Trace Mineral Nutrition of Grazing Beef Cattle // *Animals*. - 2021. – V. 11(10). P - 2767. <https://doi.org/10.3390/ani11102767>
68. Ayerza R., Coates W. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America // *Tropical Science*. – 2004. – V. 44. – № 3. – P. 131-135.
69. Bąkowski M., Kiczorowska B. Probiotic microorganisms and herbs in ruminant nutrition as natural modulators of health and production efficiency—a review // *Annals of Animal Science*. – 2021. – V. 21. – № 1. – P. 3-28.
70. Baldin M. et al. In vivo kinetics of oleic, linoleic, and α -linolenic acid biohydrogenation in the rumen of dairy cows // *Journal of dairy science*. – 2022. – V. 105. – № 9. – P. 7373-7385.

71. Baldwin R.L., Connor E.E. Rumen function and development // *Veterinary Clinics: Food Animal Practice.* – 2017. – V. 33. – № 3. – P. 427-439.
72. Banakar P. S. et al. Physically effective fibre in ruminant nutrition: A review // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* – 2018. – T. 7. – №. 4. – C. 303-308.
73. Bauman D.E., Corl B.A., Peterson D.G. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants // *Advances in conjugated linoleic acid research.* – 2020. – P. 146-173.
74. Beard J.L. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning // *J Nutr.* 2001. – V.131:- P. 568S–579S.
75. Bellés M. et al. Supranutritional doses of vitamin E to improve lamb meat quality // *Meat science.* – 2019. – V. 149. – P. 14-23.
76. Belloli C. et al. The effects of caerulein on exocrine pancreatic secretion in pigs // *Veterinary Research Communications.* – 1983. – V. 6. – № 1. – P. 43-49.
77. Bezerra H.V.A. et al. Impact of purified lignin on performance, rumen health, oxidative stress control and meat quality of lambs fed a high-concentrate diet // *Livestock Science.* – 2020. – V. 231. – P. 103882.
78. Bhatt R.S., Sahoo A., Gadekar Y.P. Production performance of lambs on milk replacer during pre-weaning followed by post-weaning linseed and calcium soap supplementation // *Animal Feed Science and Technology.* 2018.
79. Biddle A., Stewart L., Blanchard J., Leschine S. Untangling the genetic basis of fibrolytic specialization by Lachnospiraceae and Ruminococcaceae in diverse gut communities / *Diversity.* - 2013. - № 5. – P. 627–640.
80. Bionaz M., Vargas-Bello-Pérez E., Busato S. Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: From gut to cells and effects on performance // *Journal of Animal Science and Biotechnology.* – 2020. – Vol. 11. – № 1. – P. 1-36.
81. Blomfield J. et al. Ultrastructural changes in the sheep pancreas stimulated in vivo by secretin, cholecystokinin, and carbachol // *Experimental and Molecular Pathology.* – 1982. – Vol. 36. – № 2. – P. 204-216.

82. Bonhomme A. Rumen ciliates: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts // *Animal feed science and technology*. – 1990. – Vol. 30. – № 3-4. – P. 203-266.
83. Brannon P. M. Adaptation of the exocrine pancreas to diet // *Annual review of nutrition*. – 1990. – Vol. 10. – № 1. – P. 85-105.
84. Brannon P.M. Adaptation of the exocrine pancreas to diet // *Annu Rev Nutr*. - 1990. – Vol.10(85). – P. 105. doi: 10.1146/annurev.nu.10.070190.000505
85. Brereton M.F., Vergari E., Zhang Q., Clark A. Alpha-, Delta- and PP-cells: Are They the Architectural Cornerstones of Islet Structure and Co-ordination? // *J Histochem Cytochem*. – 2015. – Vol. 63(8). – P. 575-91. doi: 10.1369/0022155415583535.
86. Brown M.S., Ponce C.H., Pulikanti R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: Performance and ruminal metabolism // *Journal of Animal Science*. – 2006. – Vol. 84. – № suppl_13. – P. E25-E33.
87. Bunting L.D., Fernandez J.M., Thompson Jr. D.L., Southern L.L. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves // *J. Anim. Sci*. – 1994. – Vol.72. – P. 1591-1599.
88. Burns J.C., Pond K.R., Fisher D.S. Measurement of forage intake // *Forage quality, evaluation, and utilization*. – 1994. – P. 494-532.
89. Burton J.L. et al. Immunomodulatory activity of blood serum from chromium-supplemented periparturient dairy cows // *Veterinary immunology and immunopathology*. – 1995. – Vol. 49. – № 1-2. – P. 29-38.
90. Call J.L., Mitchell Jr G.E., Little C.O. Response of ovine pancreatic amylase to elevated blood glucose // *Journal of Animal Science*. – 1975. – Vol. 41. – № 6. – P. 1717-1721.
91. Cammack K.M., Austin K.J., Lamberson W.R., Conant G.C., Cunningham H.C. Ruminant nutrition symposium: Tiny but mighty: the role of the rumen microbes in livestock production // *J Anim Sci*. – 2018. – Vol.96(10). - P. 4481. doi: 10.1093/jas/sky331.

92. Casas I.A., Dobrogosz W.J. Validation of the probiotic concept: *Lactobacillus reuteri* confers broad-spectrum protection against disease in humans and animals // *Microbial ecology in health and disease*. – 2000. – Vol. 12. – № 4. – P. 247-285.
93. Castro T. et al. Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids supplementation of dairy cows' diets: Effects on productive and reproductive performance // *Animals*. – 2019. – Vol. 9. – № 5. – P. 205.
94. Chalupa W. Degradation of amino acids by the mixed rumen microbial population // *Journal of Animal Science*. – 1976. – Vol. 43. – № 4. – P. 828-834.
95. Chaucheyras-Durand F., Durand H. Probiotics in animal nutrition and health // *Beneficial microbes*. – 2010. – Vol. 1. – № 1. – P. 3-9.
96. Cherif C. et al. Faba bean (*Vicia faba*) inclusion in dairy cow diets: Effect on nutrient digestion, rumen fermentation, nitrogen utilization, methane production, and milk performance // *Journal of dairy science*. – 2018. – Vol. 101. – № 10. – P. 8916-8928.
97. Chesworth J.M., Stuchbury T., Scaife J.R. Digestion and Absorption in Ruminants and Non-Ruminants // *An Introduction to Agricultural Biochemistry*. – Springer, Dordrecht. - 1998. – P. 395-411.
98. Chikwanha O.C. et al. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing // *Food Research International*. – 2018. – Vol. 104. – P. 25-38.
99. Chiquette J. The role of probiotics in promoting dairy production // *30th Western Nutrition Conference*. – 2009. – P. 2.
100. Chittenden L.W. Ovine pancreatic amylase response to form of carbohydrate // *Nutr. Rep. Int.* – 1984. – Vol. 29. – P. 1051-1060.
101. Choi S.J., Oh J.M., Choy J.H. Biocompatible nanoparticles intercalated with anticancer drug for target delivery: Pharmacokinetic and biodistribution study // *J Nanosci Nanotechnol.* – 2010. Vol.10. P. 2913-6.

102. Cholewińska P., Górniak W., Wojnarowski K. Impact of selected environmental factors on microbiome of the digestive tract of ruminants // *BMC veterinary research*. – 2021. – Vol. 17. – № 1. – P. 1-10.
103. Choudhury P.K. et al. Rumen microbiology: An overview // *Rumen microbiology: from evolution to revolution*. – 2015. – P. 3-16.
104. Clary J.J. et al. Pancreatic amylase activity from ruminants fed different rations // *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. – 1969. – T. 47. – № 2. – C. 161-164.
105. Colmenero J.J.O., Broderick G.A. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows // *Journal of dairy science*. – 2006. – Vol. 89. – № 5. – P. 1694-1703.
106. Contreras H., Chim N., Credali A., Goulding C.W. Heme uptake in bacterial pathogens // *Curr. Opin. Chem. Biol.* 2014. – Vol. 34-41. doi: 10.1016/j.cbpa.2013.12.014
107. Corring T. The adaptation of digestive enzymes to the diet: its physiological significance // *Reprod Nutr Dev.* - 1980. – Vol.20(4B). - P.1217-35. doi: 10.1051/rnd:19800713.
108. Cremonesi P. et al. Evaluation of the effects of different diets on microbiome diversity and fatty acid composition of rumen liquor in dairy goat // *Animal*. – 2018. – Vol. 12. – № 9. – P. 1856-1866.
109. Da Silva L.D. et al. Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle // *Animal Feed Science and Technology*. – 2016. – Vol. 220. – P. 22-33.
110. Dauncey M.J., Katsumata M., White P. Nutrition, hormone receptor expression and gene interactions: implications for development and disease. In: Pas MFW, Evertes ME, Haagsman HP, editors. *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality* // Wallingford: CABI – 2004. Vol. 419.

111. Dawson R.M.C., Hemington N., Hazlewood G.P. On the role of higher plant and microbial lipases in the ruminal hydrolysis of grass lipids // *British Journal of Nutrition*. – 1977. – Vol. 38. – № 2. – P. 225-232.
112. Dehority B.A. *Rumen Microbiology*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 2003.
113. Dehority B.A., Orpin C.G. Development of, and natural fluctuations in, rumen microbial population. In "The Rumen Microbial Ecosystem", P.N. Hobson (ed.). - 1988. - P 151-183.
114. Dhiman A., Srikant K., Rajesh J., Sangha S.P.S. Proceedings: International tropical animal nutrition conference. Abstract MV. 2007. - 21. - P. 314-315.
115. Dian N. et al. Palm oil and palm kernel oil: Versatile ingredients for food applications // *Journal of Oil Palm Research*. – 2017. – Vol. 29. – №. 4. – P. 487-511.
116. Doreau M., Chilliard Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals // *British Journal of Nutrition*. – 1997. – Vol. 78. – № 1. – P. S15-S35.
117. Dos Santos N.J.A. et al. Performance, Digestibility, Nitrogen Balance and Ingestive Behavior of Young Feedlot Bulls Supplemented with Palm Kernel Oil // *Animals*. – 2022. – Vol. 12. – № 4. – P. 429.
118. Ellis C, Ramzy A, Kieffer TJ. Regenerative medicine and cell-based approaches to restore pancreatic function. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2017. - 14(10). P. 612-628. doi: 10.1038/nrgastro.2017.93
119. Enjalbert F., Combes S., Zened A., Meynadier A. Integrating data from spontaneous and induced trans-10 shift of ruminal biohydrogenation reveals discriminant bacterial community changes at the OTU level. *Frontiers in Microbiology*. 2023. - 13. - 1012341. 10.3389/fmicb.2022.1012341.
120. Enjalbert F., Combes S., Zened A., Meynadier A. Rumen microbiota and dietary fat: A mutual shaping // *Journal of applied microbiology*. - 2017. - 123. - 10.1111/jam.13501.

121. Eugène M., Archimède H., Sauvant D. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants // *Livestock Production Science*. – 2004. – Vol. 85. – № 1. – P. 81-97.
122. Faciola A.P., Broderick G.A. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows // *Journal of Dairy Science*. – 2014. – Vol. 97. – № 8. – P. 5088-5100.
123. Fell B.F. et al. Observations on the pancreas of cattle deficient in copper // *Journal of comparative pathology*. – 1985. – T. 95. – № 4. – P. 573-590.
124. Ferlay A. et al. Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review // *Biochimie*. – 2017. – T. 141. – P. 107-120.
125. Fiorentini G. et al. Digestibility, fermentation and rumen microbiota of crossbred heifers fed diets with different soybean oil availabilities in the rumen // *Animal Feed Science and Technology*. – 2013. – T. 181. – № 1-4. – P. 26-34.
126. Firkins J.L. et al. Kinetics of microbial methionine metabolism in continuous cultures administered different methionine sources // *Journal of Dairy Science*. – 2015. – T. 98. – № 2. – P. 1178-1194.
127. Fisinin V.I., Egorov I.A., Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Lenkova T.N., Manukyan V.A., Egorova T.A. Activity of digestive enzymes in duodenal chymus and blood in broilers of parental lines and the meat cross depending on dietary bioactive additives *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* [Agricultural Biology]. 2017. - Vol. 52. - № 6. - P. 1226-1233 doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226eng
128. Fonty G. et al. Establishment of ciliate protozoa in the rumen of conventional and conventionalized lambs: influence of diet and management conditions // *Canadian journal of microbiology*. – 1988. – T. 34. – № 3. – P. 235-241.

129. Freeman C.P. Properties of fatty acids in dispersions of emulsified lipid and bile salt and the significance of these properties in fat absorption in the pig and the sheep // *British Journal of Nutrition*. – 1969. – T. 23. – № 2. – P. 249-263.
130. Galyean M.L., Goetsch A.L. Utilization of forage fiber by ruminants // *Forage cell wall structure and digestibility*. – 1993. – P. 33-71.
131. Garton G.A., Lough A.K., Vioque E. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen content // *J. Gen. Microbiol.* – 1961. Vol. 25. P. 215-225.
132. Giger-Reverdin S. Characterisation of feedstuffs for ruminants using some physical parameters // *Animal Feed Science and Technology*. – 2000. – Vol. 86. – № 1-2. – P. 53-69.
133. Golder H., Denman S., McSweeney C., Celi P., Lean I. Ruminal bacterial community shifts in grain-, sugar-, and histidine-challenged dairy heifers // *J. Dairy Sci.* – 2014. Vol. 97. P.5131–5150.
134. Gonzales-Eguia A. Fu C, Lu F, Lien T. Effects of nanocopper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets // *Livest Sci.* – 2009. Vol.126. P.122-9.
135. Guidera J. et al. The effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of fresh and frozen lamb meat // *Meat science*. – 1997. – Vol. 45. – № 1. – P. 33-43.
136. Guo L., Yao J., Cao Y. Regulation of pancreatic exocrine in ruminants and the related mechanism: The signal transduction and more // *Animal Nutrition*. 2021. - 7. – P. 10.1016/j.aninu.2021.09.004.
137. Hackmann T.J., Firkins J.L. Maximizing efficiency of rumen microbial protein production. *Frontiers in microbiology*. - 2015. –Vol. 6. - P. 465. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00465>.
138. Haldar S. et al. Effects of dietary chromium supplementation on glucose tolerance and primary antibody response against peste des petits ruminants in dwarf Bengal goats (*Capra hircus*) // *Animal*. – 2009. – Vol. 3. – № 2. – P. 209-217.

139. Harada E., Kato S. Effect of short-chain fatty acids on the secretory response of the ovine exocrine pancreas // *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. – 1983. – Vol. 244. – № 3. – P. G284-G290.
140. Harfoot C.G. et al. The rumen microbial ecosystem // eds. Hobson PN and Stewart CS, Chapman & Hall, London. – 1997. – P. 382-426.
141. Harmon D.L. Impact of nutrition on pancreatic exocrine and endocrine secretion in ruminants: a review // *Journal of Animal Science*. – 1992. – Vol. 70. – № 4. – P. 1290-1301.
142. Harmon D.L. Nutritional regulation of postruminal digestive enzymes in ruminants // *Journal of dairy science*. – 1993. – Vol. 76. – № 7. – P. 2102-2111.
143. Harmon D.L., Swanson K.C. Nutritional regulation of intestinal starch and protein assimilation in ruminants // *Animal*. – 2020. – Vol. 14. – № S1. – P. s17-s28.
144. Harmon D.L., Swanson K.C. Review: nutritional regulation of intestinal starch and protein assimilation in ruminants. *Animal*. 2020. – 14. – P. 17e28.
145. Harmon D.L., Yamka R.M., Elam N.A. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review // *Canadian Journal of Animal Science*. – 2004. – Vol. 84. – № 3. – P. 309-318.
146. Harvatine K.J., Allen M.S. Effects of fatty acid supplements on feed intake, and feeding and chewing behavior of lactating dairy cows // *Journal of dairy science*. – 2006. – Vol. 89. – № 3. – P. 1104-1112.
147. Hassan A., Ahl R. *Nanom. Nanocomp. Applic. in Vet. Med.* - 2021.
148. He Y. et al. Effects of dietary protein levels and calcium salts of long-chain fatty acids on nitrogen mobilization, rumen microbiota and plasma fatty acid composition in Holstein bulls // *Animal Feed Science and Technology*. – 2018. – Vol. 246. – P. 1-10.
149. Hendawy A.O. et al. Effects of selenium supplementation on rumen microbiota, rumen fermentation, and apparent nutrient digestibility of ruminant animals: A review // *Fermentation*. – 2021. – Vol. 8. – № 1. – P. 4.

150. Herbein J.H. et al. Rumen propionate and blood glucose kinetics in growing cattle fed isoenergetic diets //The Journal of nutrition. – 1978. – Vol. 108. – № 6. – P. 994-1001.

151. Hespell R.B., D.E. Akin, B.A. Dehority. Bacteria, fungi, and protozoa of the rumen. In: Mackie, R. I., B. A. White & R. E. Isaacson (eds) Gastrointestinal Microbiology, vol. 2. Chapman and Hall, New York, - 1997. - P.59-141.

152. Hofer D., Asan E., Drenckhahn D. Chemosensory perception in the gut // News Physiol. Sci. - 1999. - V. 14. - № 1. - P. 18–23.

153. Honeyman M.C., Coulson B.S., Stone N.L. et al. Association between rotavirus infection and pancreatic islet autoimmunity in children at risk of developing type 1 diabetes // Diabetes. - 2000. - V. 49. - № 8. - P. 1319–1324.

154. Hristov A.N. et al. Effects of lauric and myristic acids on ruminal fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. – 2011. – Vol. 94. – № 1. – P. 382-395.

155. Hu R. et al. Dietary energy levels affect rumen bacterial populations that influence the intramuscular fat fatty acids of fattening yaks (*Bos grunniens*) // Animals. – 2020. – Vol. 10. – № 9. – P. 1474.

156. Huang R.L., Yin Y.L., Wu G.Y. Effect of dietary oligochitosan supplementation on ileal digestibility of nutrients and performance in broilers.// Poultry Sci. – 2005. Vol. 84(9). – P.1383-1388.

157. Huang Y, Li. R., Coulter J.A., Zhang Z., Nan Z. Comparative grain chemical composition, ruminal degradation in vivo, and intestinal digestibility in vitro of *Vicia sativa* L. varieties grown on the Tibetan Plateau // Animals. – 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9050212>.

Klevenhusen F., Petri R.M., Kleefisch M.T., Khiaosa-Ard R., Metzler-Zebeli B.U., Zebeli Q. Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount // FEMS Microbiol Ecol. – 2017. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix100>.

158. Huang Y. et al. Comparative grain chemical composition, ruminal degradation in vivo, and intestinal digestibility in vitro of *Vicia sativa* L. varieties grown on the Tibetan Plateau // *Animals*. – 2019. – Vol. 9. – № 5. – P. 212.
159. Hungate R.E. *The Rumen and Its Microbes // Chemistry, Biology*. – 1966. DOI:10.1016/c2013-0-12555-x.
160. Huntington G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk // *Journal of animal science*. – 1997. – Vol. 75. – № 3. – P. 852-867.
161. Huntington G.B., Prior R.L. Digestion and absorption of nutrients by beef heifers fed a high concentrate diet // *The Journal of nutrition*. – 1983. – Vol. 113. – № 11. – P. 2280-2288.
162. Huws S.A. et al. Addressing global ruminant agricultural challenges through understanding the rumen microbiome: past, present, and future // *Frontiers in microbiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 2161.
163. Ibrahim N.A. et al. Effects of vegetable oil supplementation on rumen fermentation and microbial population in ruminant: A review // *Tropical animal health and production*. – 2021. – Vol. 53. – № 4. – P. 1-11.
164. Ichikawa S., Iwamoto S., Watanabe J. Formation of biocompatible nanoparticles by self-assembly of enzymatic hydrolysates of chitosan and carboxymethyl cellulose. *Biosci Biotechnol Biochem*. – 2005. Vol. 69. – P.1637-42.
165. Imaizumi H. et al. Replacing soybean meal for cottonseed meal on performance of lactating dairy cows // *Tropical animal health and production*. – 2016. – Vol. 48. – № 1. – P. 139-144.
166. Innis S.M. Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain // *Brain research*. – 2008. – Vol. 1237. – P. 35-43.
167. Isenman L., Liebow C., Rothman S. The endocrine secretion of mammalian digestive enzymes by exocrine glands // *Am J Physiol* . – 1999. – Vol. 276. – P.223-232.
168. Jamilian M., Modarres S.Z., Siavashani M.A., et al. The influences of chromium supplementation on glycemic control, markers of cardio-metabolic risk,

and oxidative stress in infertile polycystic ovary syndrome women candidate for in vitro fertilization: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial // *Biol Trace Elem Res.* – 2018. – Vol.185. P. 48-55.

169. Janes A.N., Weekes T.E.C., Armstrong D.G. Carbohydrase activity in the pancreatic tissue and small intestine mucosa of sheep fed dried-grass or ground maize-based diets // *The Journal of Agricultural Science.* – 1985. – Vol. 104. – № 2. – P. 435-443.

170. Jenstad M., Chaudhry F.A. The amino acid transporters of the glutamate/GABA-glutamine cycle and their impact on insulin and glucagon secretion // *Frontiers in endocrinology.* – 2013. – Vol. 4. – P. 199.

171. Jiang Q. et al. Metagenomic insights into the microbe-mediated B and K2 vitamin biosynthesis in the gastrointestinal microbiome of ruminants // *Microbiome.* – 2022. – Vol. 10. – № 1. – P. 1-16.

172. Jimenez P., Masson S., Quitral R. Chemical composition of chia seed, flaxseed and rosehip and its contribution in fatty acids omega-3 // *Revista chilena de Nutrición.* – 2013. – Vol. 40. – № 2. – P. 155-160.

173. Johnson D.D. et al. Pancreatic amylase, plasma glucose, and insulin responses to propionate or monensin in sheep // *Journal of Dairy Science.* – 1986. – Vol. 69. – № 1. – P. 52-57.

174. Jouany J.P. Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants // *The Journal of nutrition.* – 1996. – Vol. 126. – № suppl_4. – P. 1335S-1346S.

175. Kalyani D.C. et al. A homodimeric bacterial exo- β -1, 3-glucanase derived from moose rumen microbiome shows a structural framework similar to yeast exo- β -1, 3-glucanases // *Enzyme and microbial technology.* – 2021. – Vol. 143. – P. 109723.

176. Kang S. et al. Using krabok (*Irvingia malayana*) seed oil and *Flemingia macrophylla* leaf meal as a rumen enhancer in an in vitro gas production system // *Animal Production Science.* – 2016. – Vol. 57. – № 2. – P. 327-333.

177. Kasim H. Some physiological effect of Different Protein Sources in Ruminants Ration: A Comparative Review // Journal of Applied Veterinary Sciences. 2023.- Vol.8. 10.21608/jav.2023.182063.1203.
178. Katoh K., Tsuda T. Effects of acetylcholine and short-chain fatty acids on acinar cells of the exocrine pancreas in sheep // The Journal of Physiology. – 1984. – Vol. 356. – № 1. – P. 479-489.
179. Kellens M.J., Goderis H.L., Tobback P.P. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids by a mixed culture of rumen microorganisms // Biotechnology and bioengineering. – 1986. – Vol. 28. – № 8. – P. 1268-1276.
180. Kelsey A.J., Colpoys J.D. Effects of dietary probiotics on beef cattle performance and stress // Journal of Veterinary Behavior. – 2018. – Vol. 27. – P. 8-14.
181. Kemp P., Lander D.J., Holman R.T. The hydrogenation of the series of methylene-interrupted cis, cis-octadecadienoic acids by pure cultures of six rumen bacteria // British journal of nutrition. – 1984. – Vol. 52. – № 1. – P. 171-177.
182. Khorasani G.R. et al. Digestion of soybean meal and canola meal protein and amino acids in the digestive tract of young ruminants // Journal of animal science. – 1990. – Vol. 68. – № 10. – P. 3421-3428.
183. Kim M., Morrison M., Yu Z. Status of the phylogenetic diversity census of ruminal microbiomes // FEMS Microbiol. Ecol. – 2011. – Vol.76. – P.49-63.
184. Kim M., Wells J.E. A meta-analysis of bacterial diversity in the feces of cattle // Curr Microbiol. – 2016. – Vol.72. – P.145–151.
185. Klevenhusen F. et al. Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount // FEMS Microbiology Ecology. – 2017. – Vol. 93. – № 9.
186. Konturek S.J. et al. Neuroendocrinology of the pancreas; role of brain-gut axis in pancreatic secretion //European journal of pharmacology. – 2003. – Vol. 481. – № 1. – P. 1-14.

187. Kośła T., Lasocka I., Kołnierzak M. Chromium Mammals and Birds as Bioindicators of Trace Element Contaminations in Terrestrial Environments. In: Kalisinska E (Ed), Springer, Cham. – 2019. – P.57-124.
188. Kozloski G.V., de Moraes Flores E.M., Martins A.F. Use of chromium oxide in digestibility studies: variations of the results as a function of the measurement method // *J Sci Food Agric.* – 1998. – Vol.76. – P.373-376.
189. Krehbiel C.R. Invited review: Applied nutrition of ruminants: Fermentation and digestive physiology // *The Professional Animal Scientist.* – 2014. – Vol. 30. – № 2. – P. 129-139.
190. Kreikemeier, K.K., D.L. Harmon, J.P. Peters, K.L. Gross, C.K. Armendariz, and C. R. Krehbiel. Influence of dietary forage and feed intake on carbohydrase activities and small intestinal morphology of calves. *J. Anim. Sci.* – 1990. – Vol.68. – P.2916.
191. Kulkarni N.A., Chethan H.S. Ruminant probiotics-An overview // *Intas Polivet.* – 2020. – Vol. 21. – № 2. – P.333-335.
192. Laake I. et al. A prospective study of intake of trans-fatty acids from ruminant fat, partially hydrogenated vegetable oils, and marine oils and mortality from CVD // *British Journal of Nutrition.* – 2012. – Vol. 108. – № 4. – P. 743-754.
193. Lahaie R.G. Dietary regulation of protein synthesis in the exocrine pancreas // *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition.* – 1984. – Vol. 3. – P. S43-50.
194. Lalhriatpuii M., Chatterjee A., Das A., Satapathy D., Dutta, T., Patra A. Influence of Dietary Supplementation of Inorganic and Organic Chromium on Body Conformation, Carcass Traits, and Nutrient Composition in Muscle and Internal Organs of Black Bengal Goats // *Biological Trace Element Research.* 2023. - 10.1007/s12011-023-03811-z.
195. Lalhriatpuii M., Chatterjee A., Satapathy D., Mohammad A., Rai S., Bhakat C., Mandal D., Dutta T., Patra A. Effect of dietary inorganic and organic chromium on nutrient utilization and growth performance in Black Bengal goats

(*Capra hircus*) // Small Ruminant Research. 2022. - 10. - 1016/j.smallrumres.2022.106797.

196. Lashkari S., Habibian M., Jensen S. A Review on the Role of Chromium Supplementation in Ruminant Nutrition—Effects on Productive Performance, Blood Metabolites, Antioxidant Status, and Immunocompetence // Biological Trace Element Research. 2018. - 186. - 305–321. 10.1007/s12011-018-1310-5.

197. Lashkari S., Habibian M., Jensen, S. A Review on the Role of Chromium Supplementation in Ruminant Nutrition—Effects on Productive Performance, Blood Metabolites, Antioxidant Status, and Immunocompetence // Biological Trace Element Research. 2018. - Vol.186. – P.305–321. 10.1007/s12011-018-1310-5.

198. Lebedev S.V., Gavrish I.A., Shejda E.V., Miroshnikov I.S., Ryazanov V.A., Gubajdullina I.Z., Makaeva A.M. Effect of various fats on digestibility of nutrients in diet of calves // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol.341. - 012066 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/341/1/012066.

199. Lebedev S.V., Kvan O.V., Gubajdullina I.Z., et al. Effect of chromium nanoparticles on digestive enzymes activity and morphological and biochemical parameters of calf blood // Anim Husb Fodder Prod. – 2018. – Vol.101. – P.136-142.

200. Lebedev S.V., Sheida E., Vertiprakhov V., Gavrish I., Kvan O., Gubaidullina I., Ryazanov V., Miroshnikov I. A study of the exocrinous function of the cattle pancreas after the introduction of feed with various protein source in rations // Bioscience Research. - 2019. - Vol. 16. - № 3. - P. 2553-2562.

201. Lee B. H. et al. Contribution of the individual small intestinal α -glucosidases to digestion of unusual α -linked glycemic disaccharides // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2016. – Vol. 64. – № 33. – P. 6487-6494.

202. Leedle J.A.Z., M.P. Bryant and R.B. Hespell. Diurnal variations in bacterial numbers and fluid parameters in ruminal contents of animals fed low- or

high-forage diets // *Applied and Environmental Microbiology*. - 1982. - Vol.44. - P.402-412.

203. Li Z. et al. Dynamics of methanogenesis, ruminal fermentation and fiber digestibility in ruminants following elimination of protozoa: a meta-analysis // *Journal of animal science and biotechnology*. – 2018. – Vol. 9. – № 1. – P. 1-9.

204. Liang J. et al. Promising biological conversion of lignocellulosic biomass to renewable energy with rumen microorganisms: A comprehensive review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2020. – Vol. 134. – P. 110335.

205. Lieu P.T., Heiskala M., Peterson P.A., Yang Y. The roles of iron in health and disease // *Mol Aspects Med*. – 2001. Vol. 22. – P.1-87. pmid:11207374

206. Liu K. et al. Ruminal microbiota–host interaction and its effect on nutrient metabolism // *Animal Nutrition*. – 2021. – Vol. 7. – № 1. – P.49-55.

207. Liu K., Shen J., Cao Y., Cai C., Yao J. Duodenal infusions of isoleucine influence pancreatic exocrine function in dairy heifers // *Arch Anim Nutr*. –n 2018. – Vol.72(1). – P.31-41. doi: 10.1080/1745039X.2017.1396144.

208. Lock A.L. et al. Concepts in fat and fatty acid digestion in ruminants // *Proc. Intermountain Nutr. Conf*. – 2006. – P. 85-100.

209. Magee D.F. Investigation into the external secretion of the pancreas in sheep // *The Journal of Physiology*. – 1961. – Vol. 158. – № 1. – P. 132.

210. Mahesh M.S., Mohanta R.K., Patra A.K. Probiotics in livestock and poultry nutrition and health // *Advances in Probiotics for Sustainable Food and Medicine*. – Springer, Singapore. - 2021. – P. 149-179.

211. Maia M.R.G. et al. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen // *Antonie Van Leeuwenhoek*. – 2007. – Vol. 91. – № 4. – P. 303-314.

212. Majewska M.P., Kowalik B. Growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and blood biochemical parameters of lamb fed diet with the addition of lingonberry leaves and oak bark // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2020. – Vol. 122. – № 2. – P. 1900273.

213. Makmur M. et al. Modulatory effects of dietary tannins on polyunsaturated fatty acid biohydrogenation in the rumen: A meta-analysis // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8. – № 7. – P. e09828.

214. Mallard B.A. et al. Immunomodulatory effects of chromium (III) in ruminants: A review of potential health benefits and effects on production and milk quality // *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine: The Official Publication of the International Society for Trace Element Research in Humans*. – 1999. – Vol. 12. – № 2. – P. 131-140.

215. Malmuthuge N., Guan L. Gut microbiome and omics: A new definition to ruminant production and health. *Animal Frontiers*. 2016. – Vol.6. – P.8. 10.2527/af.2016-0017.

216. Manoukian M., Delcurto T., Kluth J., Carlisle T., Davis N., Nack M., Wyffels S., Scheaffer A., Van Emon M. Impacts of Rumen Degradable or Undegradable Protein Supplementation with or without Salt on Nutrient Digestion, and V.F.A. Concentrations // *Animals: an open access journal from MDPI*. - 2021. – Vol.11(11). – P.3011. <https://doi.org/10.3390/ani11113011> .

217. Martinez-Guryn K., Hubert N., Frazier K., Urlass S., Musch M.W., Ojeda P., Pierre J.F., Miyoshi J., Sontag T.J., Cham C.M., Reardon C.A., Leone V., Reardon C.A. Small intestine microbiota regulate host digestive and absorptive adaptive responses to dietary lipids // *Cell host & microbe*. – 2018. – Vol. 23(4). – P.458-469.

218. Mateescu R. It is possible to genetically change the nutrient profile of beef. In: Beef Improvement Federation, editor. Beef improvement Federation Research Symposium & Annual Meeting. Lincoln, Nebraska. - 2014. – P.87–92. Available: <http://www.bifconference.com/bif2014/newsroom.html>.

219. Matthews C., Crispie F., Lewis E., Reid M., O'Toole P.W., Cotter P.D. The rumen microbiome: a crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency // *Gut Microbes*. – 2019. – Vol.10(2). – P.115-132. doi: 10.1080/19490976.2018.1505176.

220. Mc.Donald I. Ph.D.Thesis, Cambridge University. – 1948.

221. Mc.Donald I. // Biochem.J. – 1952. – Vol.51. – P.86.
222. McCarthy Jr R.D. et al. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows // Journal of Dairy Science. – 1989. – Vol. 72. – № 8. – P. 2002-2016.
223. McCormick R.J., Stewart W.E. Pancreatic secretion in the bovine calf // Journal of Dairy Science. – 1967. – Vol. 50. – № 4. – P. 568-571.
224. McKain N., Shingfield K.J., Wallace R.J. Metabolism of conjugated linoleic acids and 18: 1 fatty acids by ruminal bacteria: products and mechanisms // Microbiology. – 2010. – Vol. 156. – № 2. – P. 579-588.
225. Mei N. Interstitial Chemosensitivity // Physiol. Rev. 1985. - Vol. 65. - №2. - P.211–237.
226. Mertens D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows // Journal of dairy science. – 1997. – Vol. 80. – № 7. – P. 1463-1481.
227. Mertens D.R., Collaborators: Allen M Carmany J Clegg J Davidowicz A Drouches M Frank K Gambin D Garkie M Gildemeister B Jeffress D Jeon CS Jones D Kaplan D Kim GN Kobata S Main D Moua X Paul B Robertson J Taysom D Thiex N Williams J Wolf M. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study // Journal of AOAC international. – 2002. – Vol. 85. – № 6. – P. 1217-1240.
228. Mertens D.R., Grant R.J. Digestibility and intake // Forages: the science of grassland agriculture. – 2020. – Vol. 2. – P. 609-631. In: Forages: The Science of Grassland Agriculture, II, 7TH Edition.
229. Mertz W., Roginski E. The effect of trivalent chromium on galactose entry in rat epididymal fat tissue // J Biol Chem. – 1963. – Vol. 238. – P.868-872.
230. Messana J.D. et al. Rumen fermentation and rumen microbes in Nellore steers receiving diets with different lipid contents // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2013. – Vol. 42. – P. 204-212.
231. Meyer J. H. F., Van der Walt S.I., Schwartz H.M. The influence of diet and protozoal numbers on the breakdown and synthesis of protein in the rumen of sheep // Journal of Animal Science. – 1986. – Vol. 62. – № 2. – P. 509-520.

232. Mi H. et al. Effects of different protein sources on nutrient disappearance, rumen fermentation parameters and microbiota in dual-flow continuous culture system // *AMB Express*. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 1-10.
233. Mizrahi I., Jami E.: Review: The compositional variation of the rumen microbiome and its effect on host performance and methane emission // *Animal*. – 2018. – Vol.12(2). – P.s220–s232. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001957>.
234. Mizrahi I., Wallace R.J., Morais S. The rumen microbiome: balancing food security and environmental impacts // *Nature Reviews Microbiology*. – 2021. – Vol. 19. – № 9. – P.553-566.
235. Moallem U. Invited review: Roles of dietary n-3 fatty acids in performance, milk fat composition, and reproductive and immune systems in dairy cattle // *Journal of dairy science*. – 2018. – Vol. 101. – № 10. – P. 8641-8661.
236. Mohammed S.F., Mahmood F.A., Abas E.R. A review on effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as feed additives in ruminants performance // *J. Entomol. Zool. Stud*. – 2018. – Vol. 6. – P. 629-635.
237. Mohd Azmi A.F. et al. Effects of concentrate and bypass fat supplementations on growth performance, blood profile, and rearing cost of feedlot buffaloes // *Animals*. – 2021. – Vol. 11. – № 7. – P. 2105.
238. Mondal S., Samanta S., Haldar S., Gosh T.K. Proceedings: International tropical animal nutrition conference. Abstract MV. - 2007. – Vol. 21. – P.303.
239. Mooney K.W., Cromwell G.L. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine // *J Anim Sci*. – 1995. – Vol.73. – P.3351-3157.
240. Mooney K.W., Cromwell G.L. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine // *J Anim Sci*. – 1997. – Vol.75. – P.2661-2671.
241. Morais J.S. et al. Production, composition, fatty acid profile and sensory analysis of goat milk in goats fed buriti oil // *Journal of animal science*. – 2017. – Vol. 95. – № 1. – P.395-406.

242. Moraïs S., Mizrahi I. The road not taken: the rumen microbiome, functional groups, and community states // *Trends in Microbiology*. – 2019. – Vol. 27. – № 6. – P. 538-549.
243. Mostaghni K. Exocrine pancreatic secretion in conscious sheep // *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A*. – 1979. – Vol. 26. – № 6. – P. 458-463.
244. Nafikov R. A., Beitz D. C. Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals // *The Journal of nutrition*. – 2007. – Vol. 137. – № 3. – P.702-705.
245. Naik P. K. et al. Bypass fat in dairy ration-a review // *Anim. Nutr. Feed Technol*. – 2013. – Vol. 13. – P.147-163.
246. Naranjo J.A. et al. Effect of age on the exocrine pancreatic secretion of the preruminant milk-fed goat // *Archives of physiology and biochemistry*. – 1997. – Vol. 105. – № 2. – P. 144-150.
247. Natnael D.A. et al. Effects of physically effective fiber on rumen and milk parameters in dairy cows: A review // *Indian Journal of Animal Research*. – 2020. – Vol. 54. – № 11. – P. 1317-1323.
248. Nitbani F.O. et al. Antimicrobial properties of lauric acid and monolaurin in virgin coconut oil: A review // *ChemBioEng Reviews*. – 2022.
249. Niu W. et al. Effects of replacing *Leymus chinensis* with whole-crop wheat hay on Holstein bull apparent digestibility, plasma parameters, rumen fermentation, and microbiota // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7. – № 1. – P. 1-12.
250. NRC. Agricultural Research Council Nutrient requirements of ruminant Livestock // *Commonwealth / Aerial Bureau Slangh England*. - 1980.
251. Nur Atikah I., Alimon A.R., Yaakub H., Abdullah N., Jahromi M.F., Ivan M., Samsudin A.A. Profiling of rumen fermentation, microbial population and digestibility in goats fed with dietary oils containing different fatty acids // *B.M.C. veterinary research*. - 2018. – Vol.14(1). - P. 344. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1672-0>.

252. Nur Atikah I. et al. Profiling of rumen fermentation, microbial population and digestibility in goats fed with dietary oils containing different fatty acids // BMC veterinary research. – 2018. – Vol. 14. – № 1. – P. 1-9.
253. Ognik K., Stępniewska A., Cholewińska E., Kozłowski K. The effect of administration of copper nanoparticles to chickens in drinking water on estimated intestinal absorption of iron, zinc, and calcium // Poultry Sci. – 2016. – Vol. 95(9). – P.2045-2051. doi: 10.3382/ps/pew200.
254. Oh M.R. et al. Effects of physically effective neutral detergent fiber content on intake, digestibility, and chewing activity in fattening heifer fed total mixed ration // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2016. – Vol. 29. – № 12. – P. 1719.
255. Ohbo M., Katoh K., Sasaki Y. Effects of short-, medium-, and long-chain fatty acid on amylase release from pancreatic segments of rats // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 1989. – Vol. 2. – № 3. – P. 193-194.
256. Oliveira R. et al. Fatty acid profile of milk and cheese from dairy cows supplemented a diet with palm kernel cake // Molecules. – 2015. – Vol. 20. – № 8. – P. 15434-15448.
257. Ovuru S.S., Berepubo N.A., Nodu M.B. Biochemical blood parameters in semi-adult rabbits experimentally fed crude oil contaminated diets // Afric J Biotechnol. – 2004. – Vol.3(6). – P.343-345.
258. Owens F.N., Bergen W.G. Nitrogen metabolism of ruminant animals: historical perspective, current understanding and future implications // Journal of animal science. – 1983. – Vol. 57. – № suppl_2. – P. 498-518.
259. Oyetayo V.O., Oyetayo F.L. Potential of probiotics as biotherapeutic agents targeting the innate immune system // African Journal of biotechnology. – 2005. – Vol. 4. – № 2. – P. 123-127.
260. Pang J. et al. Systematic analysis of Escherichia coli isolates from sheep and cattle suggests adaption to the rumen niche // Applied and environmental microbiology. – 2020. – Vol. 86. – № 20. – P. e01417-20.

261. Parhofer K.G. The Treatment of Disorders of Lipid Metabolism // *Deutsches Arzteblatt International*. – 2016. – Vol.113(15). – P.261–268.
262. Patra A., Lalhriatpuii M. Progress and Prospect of Essential Mineral Nanoparticles in Poultry Nutrition and Feeding—a Review. *Biological Trace Element Research*. 2020. – Vol.197. – P. 1-21. 10.1007/s12011-019-01959-1.
263. Patra A.K. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis // *Livestock science*. – 2013. – Vol. 155. – № 2-3. – P. 244-254.
264. Paula E.M. et al. Effects of replacing soybean meal with canola meal differing in rumen-undegradable protein content on ruminal fermentation and gas production kinetics using 2 in vitro systems // *Journal of dairy science*. – 2017. – Vol. 100. – № 7. – P. 5281-5292.
265. Paula E.M., Broderick G.A., Faciola A.P. Effects of replacing soybean meal with canola meal for lactating dairy cows fed 3 different ratios of alfalfa to corn silage // *Journal of dairy science*. – 2020. – Vol. 103. – №. 2. – P. 1463-1471.
266. Pereira D.I., Mergler B.I., Faria N. Caco-2 cell acquisition of dietary iron (III) invokes a nanoparticle at endocytic pathway. *PLoS ONE*. 2013. – Vol. 8. – P.81250. doi: 10.1371/journal.pone.0081250.
267. Pérez-Barbería F.J. et al. The evolution of phylogenetic differences in the efficiency of digestion in ruminants // *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. – 2004. – Vol. 271. – № 1543. – P. 1081-1090.
268. Pierzynowski S.G. Secretion of pancreatic juice in sheep in different feeding treatments // *Archivum Veterinarium Polonicum*. – 1986.
269. Pierzynowski S.G. The effect of fasting and subsequent long-term intraduodenal glucose infusion on the exocrine pancreas secretion in cattle // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. – 1990. – Vol. 63. – № 1-5. – P.198-203.
270. Pogorzelska-Nowicka E. et al. Bioactive compounds in functional meat products // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23. – № 2. – P.307.

271. Pollard G.V. et al. Effects of organic chromium on protein synthesis and glucose uptake in ruminants // *The Professional Animal Scientist*. – 2001. – Vol. 17. – № 4. – P.261-266.
272. Raabis S., Li W., Cersosimo L. Effects and immune responses of probiotic treatment in ruminants // *Veterinary immunology and immunopathology*. – 2019. – Vol. 208. – P.58-66.
273. Ren Z., Yao R., Liu Q., Deng Y., Shen L., Deng H., Zuo Z., Wang Y., Deng J., Cui H., Hu Y., Ma X., Fang J. Effects of antibacterial peptides on rumen fermentation function and rumen microorganisms in goats // *PloS one*. 2019. – Vol.14(8). – P.e0221815. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221815>
274. Reuben R.C. et al. Influence of microbial probiotics on ruminant health and nutrition: sources, mode of action and implications // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2022. – Vol. 102. – № 4. – P. 1319-1340.
275. Ribeiro G.O., Gruninger R.J., Jones D.R., Beauchemin K.A., Yang W.Z., Wang Y., Abbott D.W., Tsang A., Mcallister T.A. Effect of ammonia fiber expansion-treated wheat straw and a recombinant fibrolytic enzyme on rumen microbiota and fermentation parameters, total tract digestibility, and performance of lambs // *Journal of animal science*. 2020. – Vol.98(5). – P.116. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa116>.
276. Rocha T.C. et al. Performance, nitrogen balance and microbial efficiency of beef cattle under concentrate supplementation strategies in intensive management of a tropical pasture // *Tropical animal health and production*. – 2016. – Vol. 48. – № 3. – P. 673-681.
277. Romero-Huelva M. et al. Can by-products replace conventional ingredients in concentrate of dairy goat diet? // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100. – № 6. – P. 4500-4512.
278. Russell J.B., Muck R.E., Weimer P.J. Quantitative analysis of cellulose degradation and growth of cellulolytic bacteria in the rumen // *FEMS microbiology ecology*. – 2009. – Vol. 67. – № 2. – P. 183-197.

279. Russell J.B., Sniffen C.J., Van Soest P.J. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria // *Journal of Dairy Science*. – 1983. – Vol. 66. – № 4. – P. 763-775.
280. Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health).
281. Rutkowska J. et al. Effects of replacing extracted soybean meal with rapeseed cake in corn grass silage-based diet for dairy cows // *Journal of Dairy Research*. – 2015. – Vol. 82. – № 2. – P. 161-168.
282. Saleem M.U., Majeed K.A. Chilling systems and effect of temperature on tenderness and appearance of meat post slaughter: A Review // *Inter. J. Adv. Res.* – 2014. – Vol. 2. – P. 129-135.
283. Salnikow K., Zhitkovich A. (2008) Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and cocarcinogenesis: nickel, arsenic, and chromium // *Chem Res Toxicol*. – 2008. – Vol.21. – P.28-44.
284. Sánchez-Duarte J.I. et al. Performance of dairy cows fed diets formulated at 2 starch concentrations with either canola meal or soybean meal as the protein supplement // *Journal of dairy science*. – 2019. – Vol. 102. – № 9. – P. 7970-7979.
285. Santana M.C. A. et al. Source and frequency of dry season lipid supplementation of grazing, finishing cattle // *Animal Production Science*. – 2014. – Vol. 55. – № 6. – P.745-751.
286. Sattler S.E., Cheng Z., DellaPenna D. From Arabidopsis to agriculture: engineering improved vitamin E content in soybean // *Trends in plant science*. – 2004. – Vol. 9. – № 8. – P.365-367.
287. Schmidely P., Ghazal S., Berthelot V. Effect of rumen-protected conjugated linoleic acid on ruminal biohydrogenation and transfer of fatty acids to milk in dairy goats // *Livestock Science*. – 2017. – Vol. 199. – P.7-13.
288. Schmidt S.P., Keith R.K. Effects of diet and energy intake on kinetics of glucose metabolism in steers // *The Journal of nutrition*. – 1983. – Vol. 113. – № 11. – P.2155-2163.

289. Scott T.W., Ashes J.R. Dietary lipids for ruminants: protection, utilization and effects on remodelling of skeletal muscle phospholipids // Australian Journal of Agricultural Research. – 1993. – Vol. 44. – № 3. – P.495-508.
290. Sears A. et al. Effect of feeding a palmitic acid–enriched supplement on production responses and nitrogen metabolism of mid-lactating Holstein and Jersey cows // Journal of dairy science. – 2020. – Vol.103. – № 10. – P.8898-8909.
291. Selinger L.B., Forsberg C.W., Cheng K.J. The rumen: a unique source of enzymes for enhancing livestock production // Anaerobe. – 1996. – Vol. 2. – № 5. – P.263-284.
292. Seo J.K. et al. Direct-fed microbials for ruminant animals //Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2010. – Vol. 23. – № 12. – P.1657-1667.
293. Sheida E.V., Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Atlanderova K.N., Grechkina V.V.Strategies for reducing ruminant methane emissions // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol.42. – P.01014
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201014>
294. Shi Y. et al. Peptide-lipid interaction sites affect vesicles' responses to antimicrobial peptides // Biophysical journal. – 2018. – Vol. 115. – № 8. – P.1518-1529.
295. Shim M., Kam N.W.S., Chen R.J., Li Y., Dai H. Functionalization of carbonnanotubes for biocompatibility and biomolecular recognition // Nano Lett.-2002. – Vol.2. – P.285-288.
296. Shingfield K.J., Vanhatalo A., Huhtanen P. Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal as protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets // Animal Science. – 2003. – Vol. 77. – № 2. – P.305-317.
297. Silbergeld EK, Graham J, Price LB. Industrial food animal production,antimicrobial resistance, and human health // Annu Rev Public Health. – 2008. – Vol.29. – P.151-169.
298. Sinclair L.A. et al. The partial replacement of soyabean meal and rapeseed meal with feed grade urea or a slow-release urea and its effect on the

performance, metabolism and digestibility in dairy cows // *Animal*. – 2012. – Vol. 6. – № 6. – P.920-927.

299. Sizova E.A., Miroshnikov S.A., Lebedev S.V., Levakhin Y.I., Babicheva I.A., Kosilov V.I. Comparative tests of ultradisperse alloy, salts and organic forms of Cu and Zn as sources of trace elements in the feeding of broiler chickens // *Agricultural Biology*. – 2018. – Vol.53(2). – P.393-403. doi: 10.15389/agrobiology.2018.2.393eng.

300. Smith B.L., Embling P.P. Effect of oral doses of zinc oxide on the secretion of pancreatic juice and bile in sheep // *Research in Veterinary Science*. – 1984. – Vol. 37. – № 1. – P.58-62.

301. Stearns D.M., Wise Sr.J.P., Patierno S.R., et al. Chromium (III) picolinate produces chromosome damage in Chinese hamster ovary cells // *FASEB J*. 1995. – Vol.9. – P.1643-1648.

302. Stepniowska A., Juśkiewicz J., Tutaj K., Fotschki J., Fotschki B., Katarzyna O. Effect of Chromium Picolinate and Chromium Nanoparticles Added to Low- or High-Fat Diets on Chromium Biodistribution and the Blood Level of Selected Minerals in Rats. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2022. - 72. – P. 229-238. 10.31883/pjfns/151750.

303. Stewart R.D., Auffret M.D., Warr A. et al. Assembly of microbial genomes from metagenomic sequencing of the cow rumen // *Nat Commun*. – 2018. – Vol.9(1). – P.870.

304. Stokes S. R. et al. Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein // *Journal of Dairy Science*. – 1991. – Vol. 74. – №. 3. – P. 871-881.

305. Sun F., Aguerre M.J., Wattiaux M.A. Starch and dextrose at 2 levels of rumen-degradable protein in iso-nitrogenous diets: Effects on lactation performance, ruminal measurements, methane emission, digestibility, and nitrogen balance of dairy cows // *Journal of dairy science*. – 2019. – Vol. 102. – № 2. – P.1281-1293.

306. Sutton J.D., Morant S.V. A review of the potential of nutrition to modify milk fat and protein // *Livestock Production Science*. – 1989. – Vol. 23. – № 3-4. – P.219-237.

307. Svyatoslav V. Lebedev, Elena V. Sheida, Vladimir G. Vertiprakhov, Irina A. Gavrish, Olga V. Kvan, Ilmira Z. Gubaidullina, Vitaly A. Ryazanov, Ivan S. Miroshnikov A study of the exocrinous function of the cattle pancreas after the introduction of feed with a various protein source in rations // *BIOSCIENCE RESEARCH*. – 2019. – Vol.16(3). – P.2553-2562.

308. Swift C.L. et al. Cocultivation of Anaerobic Fungi with Rumen Bacteria Establishes an Antagonistic Relationship // *Mbio*. – 2021. – Vol. 12. – № 4. – P.e01442-21.

309. Taylor R.B. Pancreatic secretion in the sheep // *Research in Veterinary Science*. – 1962. – Vol. 3. – № 1. – P.63-77.

310. Taylor T.M., Davidson P.M. Liposomal nanocapsules in food science and agriculture // *Crit Rev Food Sci Nutr*. – 2005. – Vol.45. – P.587-605.

311. *The Guide for Care and Use of Laboratory Animals* (National Academy Press Washington, D.C. - 1996.

312. Thoetkiattikul H., Mhuantong W., Laothanachareon T., Tangphatsornruang S., Pattarajinda V., Eurwilaichitr L., Champreda V. Comparative analysis of microbial profiles in cow rumen fed with different dietary fiber by tagged 16S rRNA gene pyrosequencing // *Curr. Microbiol*. – 2013. – Vol.67. – P.130–137.

313. Thornton R.F., Minson D.J. The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake, and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep // *Australian Journal of Agricultural Research*. – 1973. – Vol. 24. – № 6. – P.889-898.

314. Tian Y. et al. Protein molecular structure, degradation and availability of canola, rapeseed and soybean meals in dairy cattle diets // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2019. – Vol. 32. – № 9. – P.1381.

315. Timmerman H.M. et al. Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88. – № 6. – P.2154-2165.
316. Toghdory A., Asadi M., Hatami M., Ghassemi Nejad J. The Effect of Feeding Fortified Milk with Organic Iron Supplementation on Performance, Diarrhea Status and Blood Parameters in Suckling Dalagh Lambs // *Research on Animal Production*. - 2022. – Vol.13. – P.66-73. 10.52547/rap.13.36.66.
317. Toral P.G. et al. Effect of dietary lipids and other nutrients on milk odd- and branched-chain fatty acid composition in dairy ewes // *Journal of dairy science*. – 2020. – Vol. 103. – № 12. – P.11413-11423.
318. Toral P.G. et al. Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities // *Animal*. – 2018. – Vol.12. – № 2. – P.272-281.
319. Travan A., Pelillo C., Donati I., Marsich E., Benincasa M., Scarpa T., et al. Non-cytotoxic silver nanoparticle-polysaccharide nanocomposites with antimicrobial activity // *Biomacromolecules*. – 2009. – Vol.10. – P.1429-1435.
320. Tremblay F., Marette A. Amino acid and insulin signaling via the mTOR/p70 S6 kinase pathway: a negative feedback mechanism leading to insulin resistance in skeletal muscle cells // *Journal of Biological Chemistry*. – 2001. – Vol. 276. – № 41. – P.38052-38060.
321. Tzirita M., Papanikolaou S., Chatzifragkou A., Quilty B. Waste fat biodegradation and biomodification by *Yarrowia lipolytica* and a bacterial consortium composed of *Bacillus* spp. and *Pseudomonas putida* // *Engineering in Life Sciences* - 2018. - P. 1-29.
322. Ulbrich M. Activity of pancreas lipase in growing sheep // *Arch. Tierernahr.* – 1981. – Vol. 31. – P.171-178.
323. Valdes M.G., Gonzalez A.C.V., Calzon J.A.G., Diaz-Garcia M.E. Analytical nanotechnology for food analysis // *MicrochimActa*. – 2009. – Vol.166. – P.1-19.

324. Van Ravenswaay R.O., Henry P.R., Ammerman C.B. Effects of time and dietary iron on tissue iron concentration as an estimate of relative bioavailability of supplemental iron sources for ruminants // *Animal feed science and technology*. – 2001. – Vol. 90. – № 3-4. – P.185-198.

325. Van Soest P.J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages // *Journal of animal Science*. – 1967. – Vol. 26. – № 1. – P.119-128.

326. Van Soest, Peter J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed., Cornell University Press, 1994. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctv5rf668>. Accessed 4 Nov. 2022.

327. Vargas J.E. et al. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10. – № 1. – P.1-9.

328. Vieira R.A. M. et al. The transit of external markers throughout the ruminant digestive tract: 2. The estimation of fiber digestibility, ruminoreticular fill, and related biases // *Animal Feed Science and Technology*. – 2020. – Vol. 261. – P.114420.

329. Visoná-Oliveira M. et al. Consumo e digestibilidade de nutrientes da torta de dendê na dieta de ovinos // *Ciência Animal Brasileira*. – 2015. – Vol. 16. – P.179-192.

330. Wadhwa D.R., Care A.D. The absorption of calcium ions from the ovine reticulo-rumen // *Journal of Comparative Physiology B*. - 2001. – Vol.170(8). – P.581-588. DOI:10.1007/s003600000137.

331. Wanderley A.M. et al. Ruminal degradation kinetics of diets with different lipid sources and its influence on intake and milk yield of early lactation crossbred Holstein× Gir cows // *Tropical Animal Health and Production*. – 2021. – Vol. 53. – № 5. – P.1-10.

332. Wang Y., Jin L., Wen Q.N., Kopparapu N.K., Liu J., Liu X.L., Zhang Y.G. Ruminal Degradability and Small Intestinal Digestibility of the Amino Acids

in Four Protein Asian-Australasian journal of animal sciences. 2016. – Vol.29(2). - P.241–249. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0342>.

333. Wang B.J., Cui Z.J. How does cholecystokinin stimulate exocrine pancreatic secretion? From birds, rodents, to humans // American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. – 2007. – Vol. 292. – № 2. – P.666-678.

334. Wang H.R. et al. Effects of dietary protein sources on the rumen microorganisms and fermentation of goats // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2009. – Vol. 8. – № 7. – P.1392-1401.

335. Wang L. et al. Bacterial community diversity associated with different utilization efficiencies of nitrogen in the gastrointestinal tract of goats // Frontiers in microbiology. – 2019. – Vol. 10. – P.239.

336. Wang Y., Jiang M., Zhang Z., Sun H. Effects of over- load iron on nutrient digestibility, haemato- biochemistry, rumen fermentation and bacterial communities in sheep // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. - 2019. - 104. -10.1111/jpn.13225.

337. Wąsowska I. et al. Influence of fish oil on ruminal biohydrogenation of C18 unsaturated fatty acids // British Journal of Nutrition. – 2006. – Vol. 95. – № 6. – P.1199-1211.

338. Wellison Jarles da Silva Diniz,Luiz Lehmann Coutinho,Polyana Cristine Tizioto,Aline Silva Mello Cesar,Caio Fernando Gromboni,Ana Rita Araújo Nogueira,Priscila Silva Neubern de Oliveira,Marcela Maria de Souza,Luciana Correia de Almeida Regitano/ Iron Content Affects Lipogenic Gene Expression in the Muscle of Nelore Beef Cattle. Published: August 17. - 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161160>.

339. Wells J.E. and J.B. Russell. Why do many ruminal bacteria die and lyse so quickly? // Journal of Dairy Science. - 1996. - Vol.79. - P.1487-1495.

340. Wessling- Resnick M. Iron: Basic nutritional aspects. In J. F.Collins (Ed.),Molecular, genetic, and nutritional aspects of major and trace minerals //

Amsterdam, Netherlands: Elsevier Inc. - 2017. - P.161-173.
<https://doi.org/10.1016/C2014-0-02224-1>

341. Willis S. The use of Soybean Meal and Full Fat Soybean Meal by the Animal Feed Industry. – 2003.

342. Wolin M.J., Miller T.L., Stewart C.S. Microbe-microbe interactions // The rumen microbial ecosystem // Springer, Dordrecht. - 1997. – P.467-491.

343. Woods V.B., Fearon A.M. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review // Livestock Science. – 2009. – Vol. 126. – № 1-3. – P.1-20.

344. Xin W., Xugang S., Xie C., Li J., Hu J., Yin Y.L., Deng Z.Y. The acute and chronic effects of monosodium l-glutamate on serum iron and total iron-binding capacity in the jugular artery and vein of pigs // Biol. Trace. Elem. Res. – 2013. – Vol.153. – P.191-195. doi: 10.1007/s12011-013-9668-x.

345. Xu M. et al. Influence of rumen escape starch on pancreatic exocrine secretion of goats // Journal of animal physiology and animal nutrition. – 2009. – Vol. 93. – № 1. – P.122-129.

346. Yanza Y.R. et al. The effects of dietary medium-chain fatty acids on ruminal methanogenesis and fermentation in vitro and in vivo: A meta-analysis // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2021. – Vol. 105. – № 5. – P.874-889.

347. Yea K. et al. Lysophosphatidylcholine activates adipocyte glucose uptake and lowers blood glucose levels in murine models of diabetes // Journal of Biological Chemistry. – 2009. – Vol.284. – № 49. – P.33833-33840.

348. Yong Z., Lan L., Peng-Fei Z., Xin-Qi L., Wei-Dong Z., Zhao-Peng D., Shi-Wen W., Wei S., Ling-Jiang M., Zhi-Hui H. Regulation of egg quality and lipids metabolism by zinc oxide nanoparticles // Poultry Sci. – 2016. – Vol.95(4). – P.920-933. doi:10.3382/ps/pev436.

349. Yoon B.K. et al. Antibacterial free fatty acids and monoglycerides: biological activities, experimental testing, and therapeutic applications // International journal of molecular sciences. – 2018. – Vol. 19. – № 4. – P. 1114.

350. Yu Z.P. et al. Leucine markedly regulates pancreatic exocrine secretion in goats // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. – 2014. – Vol. 98. – № 1. – P.169-177.
351. Zabielski R., Pierzynowski S.G. Development and regulation of pancreatic juice secretion in cattle. State-of-the-art // *Journal of Animal and Feed Sciences*. – 2001. – Vol. 10. – № 1. – P.25-46.
352. Zagorakis K. et al. Effects of replacing soybean meal with alternative sources of protein on nutrient digestibility and energy value of sheep diets // *South African Journal of Animal Science*. – 2018. – Vol. 48. – № 3. – P.489-496.
353. Zha L.Y., Zeng J.W., Chu X.W., Mao L.M., Luo H.J. Efficacy of trivalent chromium on growth performance, carcass characteristics and tissue chromium in heat-stressed broiler chicks // *J. Sci. Food Agric*. – 2009. – Vol.9. – P.1782-1786. doi:10.1002/jsfa.3656.
354. Zhang J., Kobert K., Flouri T., Stamatakis A. PEAR: A fast and accurate Illumina Paired-End reAd merger // *Bioinformatics*. – 2014. – Vol.30(5). – P.614-620 (doi: 10.1093/bioinformatics/btt593).
355. Zhang R., Zhang Z., Zhang H., Decker E.A., McClements D.J. Influence of lipid type on gastrointestinal fate of oil-in-water emulsions: In vitro digestion study // *Food Res Int*. – 2015. – Vol.75. – P.71-78.
356. Zhang T. et al. Determination of microbiological characteristics in the digestive tract of different ruminant species // *Microbiologyopen*. – 2019. – Vol. 8. – №. 6. – P. e00769.
357. Zhang X.L., Xu T., Wang X., Geng Y.Y., Zhao N., Hu L., Liu H., Kang S.P., Xu S.X. Effect of Dietary Protein Levels on Dynamic Changes and Interactions of Ruminal Microbiota and Metabolites in Yaks on the Qinghai-Tibetan Plateau // *Frontiers in Microbiology*. - 2021. – Vol.12. – P.10. 3389/fmicb.2021.684340.
358. Zhang X.X. et al. Reducing protein content in the diet of growing goats: implications for nitrogen balance, intestinal nutrient digestion and absorption, and rumen microbiota // *Animal*. – 2020. – Vol. 14. – № 10. – P.2063-2073.

359. Zhong C., Long R., Stewart G.S. Role rumen epithelial urea transport proteins in urea nitrogen salvage: Review // *Animal*. - 2022. – Vol.9. - P.304–313. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.01.008>.
360. Zhou J., Wang Y., Wang L., Tu J., Yang L., Yang G., Zeng X., Qiao S. Compromised Hindgut Microbial Digestion, Rather Than Chemical Digestion in the Foregut, Leads to Decreased Nutrient Digestibility in Pigs Fed Low-Protein Diets // *Nutrients*. - 2022. – Vol.14(14). – P. 2793. doi: 10.3390/nu14142793
361. Zhou K., Bao Y., Zhao G. Effects of dietary crude protein and tannic acid on rumen fermentation, rumen microbiota and nutrient digestion in beef cattle // *Archives of animal nutrition*. – 2019. – Vol. 73. – № 1. – P.30-43.
362. Zhou X. et al. The effect of saturated fatty acids on methanogenesis and cell viability of *Methanobrevibacter ruminantium* // *Archaea*. – 2013. – P.2013.
363. Zhou X., Wang Y. Influence of dietary nano elemental selenium on growth performance, tissue selenium distribution, meat quality, and glutathione peroxidase activity in Guangxi Yellow chicken // *Poultry Sci*. – 2011. – Vol.90(3). – P.680-686. doi: 10.3382/ps.2010-00977.
364. Zoetendal E.G., C.T. Collier, S. Koike, R.I. Mackie and H.R. Gaskins. Molecular ecological analysis of the gastrointestinal microbiota: A review // *Journal of Nutrition*. - 2004. - Vol.134. - P.465-472.

ПРИЛОЖЕНИЯ

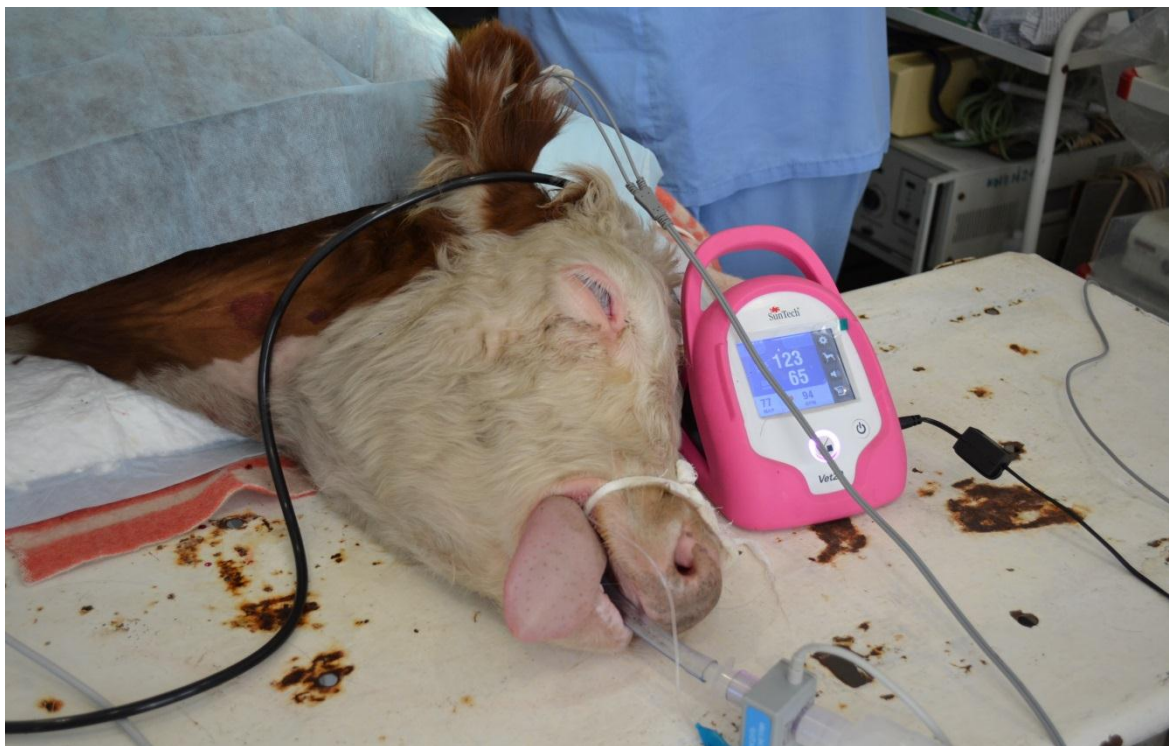
Приложение 1. **Основной состав и питательность основного рациона,**
кг

Показатели	Основной рацион
Сено луговое разнотравное, кг	8,0
Смесь концентратов (пшеница/ячмень), кг	1,5
Патока кормовая, кг	0,1
Премикс ПК-60, г	0,06
Соль, г	0,04
Итого, кг	9,7
В рационе содержится	
Сухое вещество, кг	8,42
Сырая клетчатка, г	2560
Сырой жир, г	244,0
Сырой протеин, г	719,0
Органическое вещество, г	8890
БЭВ, г	5375
Кальций, г	45,0
Фосфор, г	23,0
Магний, г	19,0
Калий, г	60,0
Сера, г	16,0
Железо, мг	510,0
Медь, мг	20,0
Цинк, мг	185,0
Кобальт, мг	5,1
Марганец, мг	340,0
Свинец, мг	0,09
Кадмий, мг	0,01
Каротин, мг	140,0
Витамин D, тыс. МЕ	6,0
Витамин E, мг	185,0
ОЭ МДж	63,0

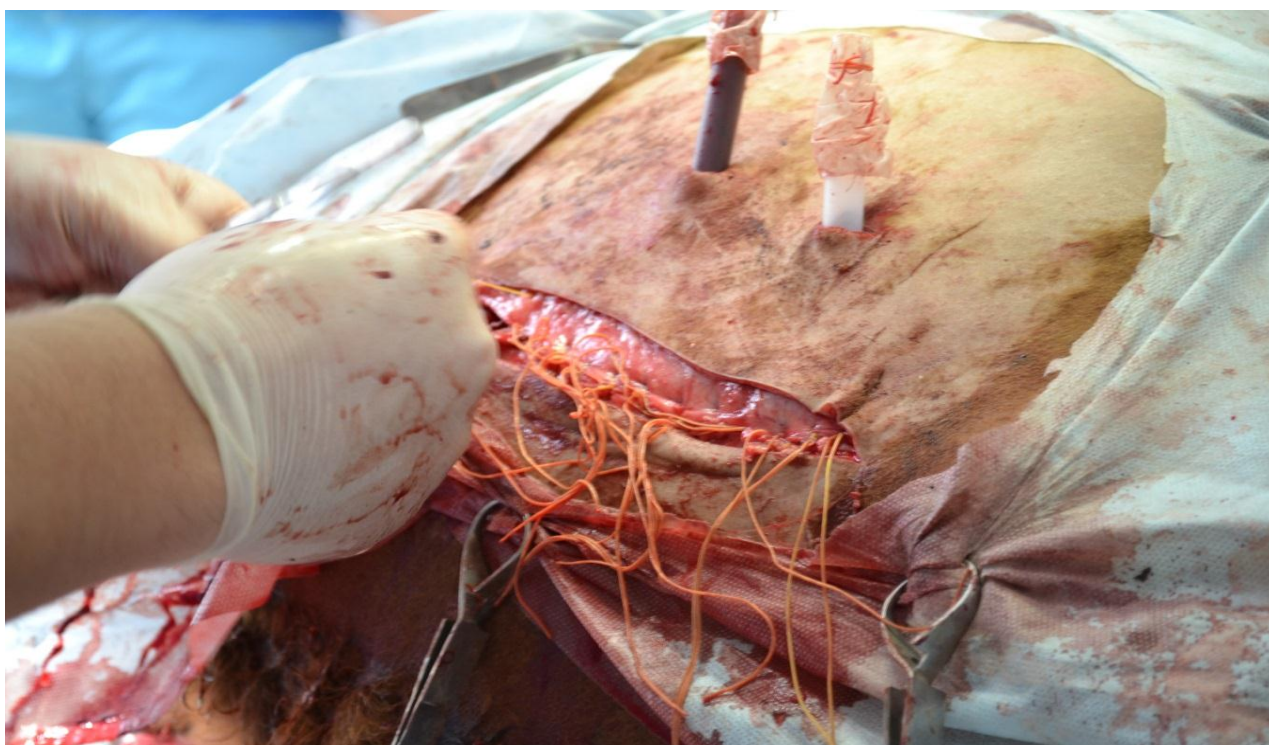
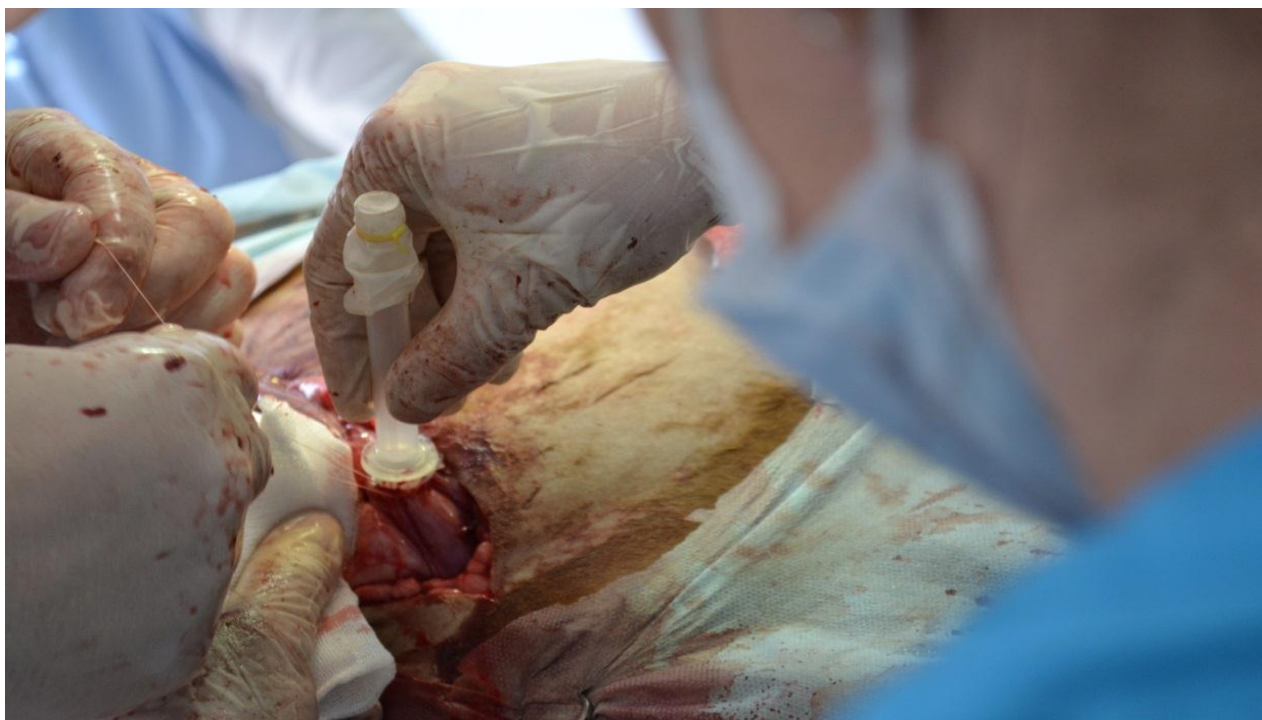
Приложение 2. Схема физиологических исследований

Опыт	Группа животных	Объект исследования	Продолжительность, дней	Состав рациона
1	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес. n=10	121	ОР
	I			Соевый шрот
	II			Подсолнечный жмых
2	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 10-14 мес. n=10	121	ОР
	I			Соевое масло, 3 % от СВ рациона
	II			Подсолнечное масло, 3 % от СВ рациона
3	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 11-15 мес. n=10	121	ОР
	I			ОР+ хром 200 мкг/кг СВ
	II			ОР+ железо 1,4 мг/кг СВ
4	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес. n=10	121	ОР
	I			Соевый шрот+ хром 200 мкг/кг СВ
	II			Подсолнечный жмых+ хром 200 мкг/кг СВ
5	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес. n=10	121	ОР
	I			Соевый шрот+ железо 1,4 мг/кг СВ
	II			Подсолнечный жмых+ железо 1,4 мг/кг СВ
6	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 8-12 мес. n=10	121	ОР
	I			Соевое масло+ хром 200 мкг/кг СВ
	II			Подсолнечное масло+ хром 200 мкг/кг СВ
7	Контроль	Бычки казахской белоголовой породы, возраст 10-14 мес. n=10	121	ОР
	I			Подсолнечное масло+ железо 1,4 мг/кг СВ
	II			Соевое масло+ железо 1,4 мг/кг СВ

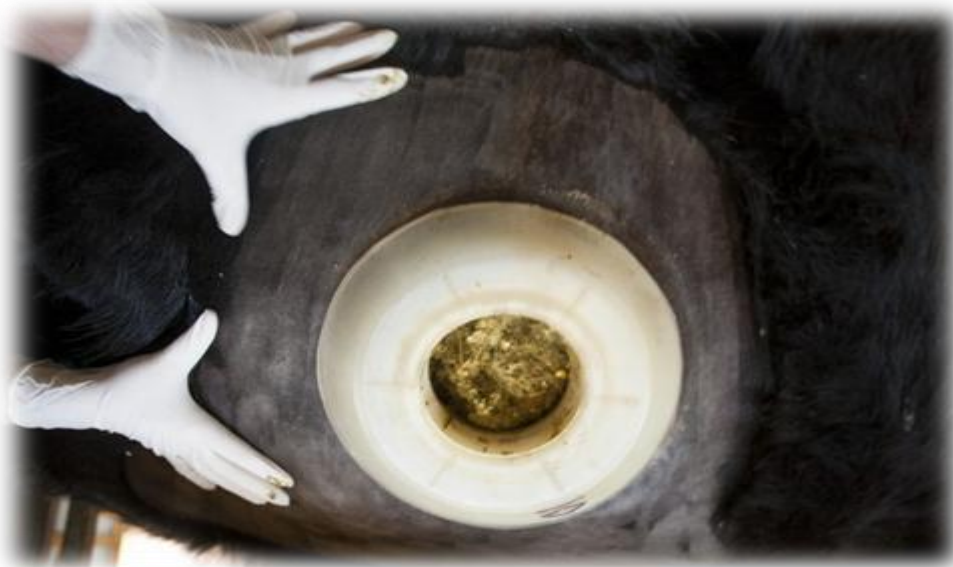
Приложение 3. Порядок проведения хирургической операции по наложению дуоденального анастомоза. Ингаляционный наркоз.



Приложение 4. Порядок проведения хирургической операции по наложению дуоденального анастомоза. Фиксация трубок фистулы в месте протока поджелудочной железы



Приложение 5. Животные с хроническими фистулами рубца (а) и протока поджелудочной железы (б) в период эксперимента



б



Приложение 6. Инкубатор *Ankom Daisy II* - изучение переваримости сухого вещества методом *in vitro* в лабораторных условиях



Приложение 7. Количество минеральных веществ, поступивших с кормом при различной нутриентной обеспеченности рационов, мкг/гол

	Контроль	Соевый шрот	Подсолнечный жмых	Соевое масло	Подсолнечное масло
Al	612,1	583,6	579,7	561,6	541,4
As	0,22	0,21	0,22	0,20	0,20
B	30,2	41,5	40,5	29,5	29,2
Ca	30164,2	30920,7	30977,2	29842,2	29713,4
Cd	0,23	0,23	0,45	0,23	0,23
Co	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6
Cr	3,7	3,6	3,7	3,5	3,4
Cu	46,6	50,5	53,2	44,5	43,7
Fe	943,7	970,0	992,0	905,0	889,5
Hg	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14
I	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1
K	63295,6	71946,1	66603,6	60728,1	59701,1
Li	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Mg	12452,5	13130,5	13973,5	11655,0	11336,0
Mn	651,6	653,8	653,0	639,5	634,7
Na	1426,2	1327,1	1337,9	1325,2	1284,8
Ni	7,3	11,3	15,1	6,9	6,7
P	20178,8	22242,8	22786,3	18801,3	18250,3
Pb	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3
Se	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Si	694,7	704,2	698,7	619,2	589,0
Sn	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
Sr	169,1	171,9	171,3	166,4	165,4
V	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9
Zn	290,6	296,2	308,8	279,1	274,6

Приложение 8. Количество минеральных веществ, выделенных с калом при различной нутриентной обеспеченности рационов, мкг/гол

	Контроль	Соевый шрот	Подсолнечный жмых	Соевое масло	Подсолнечное масло
Al	614,0	596,2	581,4	572,2	564,3
As	0,22	0,21	0,22	0,22	0,20
B	12,1	8,9	6,5	7,1	6,3
Ca	21000,5	20564,2	20248,2	19642,4	19245,2
Cd	0,24	0,25	0,51	0,26	0,34
Co	1,3	1,2	1,3	1,1	1,1
Cr	3,0	3,4	3,4	3,2	3,1
Cu	24,2	32,1	38,2	32,5	33,4
Fe	900,0	954,0	978,0	875,0	871,2
Hg	0,21	0,23	0,24	0,23	0,21
I	1,8	1,3	1,1	1,1	1,1
K	14000,0	13500,0	14000,0	14600,0	16800,0
Li	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Mg	10212,0	9912,0	9984,9	8547,6	8245,6
Mn	459,0	439,4	471,6	338,4	327,6
Na	544,2	428,8	442,3	398,4	354,5
Ni	6,4	8,4	11,2	5,2	5,0
P	9842,2	6232,8	6892,1	4366,7	4624,2
Pb	1,4	1,6	1,6	1,6	1,4
Se	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Si	410,0	354,0	416,0	320,0	282,0
Sn	24,2	25,4	24,4	25,8	25,0
Sr	197,2	201,3	203,4	194,4	194,1
V	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Zn	258,0	272,0	288,0	261,0	259,0

Приложение 9. Таксономическое разнообразие Archaea рубца крупного рогатого скота при использовании в рационе различных добавок, n=4

Группа	phylum	class	order	family	genus
Подсолнечное масло	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (7,33±0,64)	Methanobacteriales (7,33±0,64)	Methanobacteriaceae (7,33±0,64)	Methanobacterium (0,13±0,09)
					Methanobrevibacter (7,13±0,55)
					Methanosphaera (0,07±0,07)
		Methanomicrobia (0,47±0,16)	Methanomicrobiales (0,47±0,16)	Methanomicrobiaceae (0,47±0,16)	Methanomicrobium (0,47±0,16)
Thermoplasmata (92,20±0,65)	Methanomassiliicoccales (92,20±0,65)	Methanomassiliicoccaceae (92,20±0,65)	Methanomassiliicoccus (92,20±0,65)		
Подсолнечное масло + УДЧ железо	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (9,67±1,65)	Methanobacteriales (9,67±1,65)	Methanobacteriaceae (9,67±1,65)	Methanobacterium (0,07±0,04)
					Methanobrevibacter (9,40±1,62)
					Methanosphaera (0,20±0,08)
		Methanomicrobia (0,65±0,09)	Methanomicrobiales (0,65±0,09)	Methanomicrobiaceae (0,65±0,09)	Methanomicrobium (0,65±0,09)
Thermoplasmata (89,68±1,70)	Methanomassiliicoccales (89,68±1,70)	Methanomassiliicoccaceae (89,68±1,70)	Methanomassiliicoccus (89,68±1,70)		
Подсолнечное масло + УДЧ хром	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,03±0,03)	Haloferacales (0,03±0,03)	Haloferacaceae (0,03±0,03)	Haloquadratum (0,03±0,03)
		Methanobacteria (9,30±0,88)	Methanobacteriales (9,30±0,88)	Methanobacteriaceae (9,30±0,88)	Methanobacterium (0,26±0,12)
					Methanobrevibacter (8,97±0,87)
					Methanosphaera (0,07±0,07)
		Methanomicrobia (0,49±0,11)	Methanomicrobiales (0,49±0,11)	Methanomicrobiaceae (0,49±0,11)	Methanomicrobium (0,49±0,11)
Thermoplasmata (90,18±0,97)	Methanomassiliicoccales (90,18±0,97)	Methanomassiliicoccaceae (90,18±0,97)	Methanomassiliicoccus (90,18±0,97)		
Подсолнечный жмых	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (11,56±1,02)	Methanobacteriales (11,56±1,02)	Methanobacteriaceae (11,56±1,02)	Methanobacterium (0,00±0,00)
					Methanobrevibacter (11,03±1,08)
					Methanosphaera (0,53±0,09)
		Methanomicrobia (1,32±0,23)	Methanomicrobiales (1,32±0,23)	Methanomicrobiaceae (1,32±0,23)	Methanomicrobium (1,32±0,23)
Thermoplasmata (87,12±1,09)	Methanomassiliicoccales (87,12±1,09)	Methanomassiliicoccaceae (87,12±1,09)	Methanomassiliicoccus (87,12±1,09)		
Подсолнечный жмых+ УДЧ железо	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (11,62±0,44)	Methanobacteriales (11,62±0,44)	Methanobacteriaceae (11,62±0,44)	Methanobacterium (0,10±0,06)
					Methanobrevibacter (11,15±0,47)
					Methanosphaera (0,37±0,04)
		Methanomicrobia (0,78±0,26)	Methanomicrobiales (0,78±0,26)	Methanomicrobiaceae (0,78±0,26)	Methanomicrobium (0,78±0,26)
Thermoplasmata (87,60±0,56)	Methanomassiliicoccales (87,60±0,56)	Methanomassiliicoccaceae (87,60±0,56)	Methanomassiliicoccus (87,60±0,56)		
Подсолнечный жмых + УДЧ хром (Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (10,83±1,17)	Methanobacteriales (10,83±1,17)	Methanobacteriaceae (10,83±1,17)	Methanobacterium (0,13±0,05)
					Methanobrevibacter (10,39±1,12)
Methanosphaera (0,31±0,03)					

		Methanomicrobia (0,81±0,20)	Methanomicrobiales (0,81±0,20)	Methanomicrobiaceae (0,81±0,20)	Methanomicrobium (0,81±0,20)
		Thermoplasmata (88,35±1,28)	Methanomassiliococcales (88,35±1,28)	Methanomassiliococcaceae (88,35±1,28)	Methanomassiliococcus (88,35±1,28)
Основной рацион	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,04±0,04)	Haloferacales (0,04±0,04)	Haloferacaceae (0,04±0,04)	Haloquadratum (0,04±0,04)
		Methanobacteria (9,02±0,77)	Methanobacteriales (9,02±0,77)	Methanobacteriaceae (9,02±0,77)	Methanobacterium (0,11±0,07)
					Methanobrevibacter (8,69±0,80)
					Methanospaera (0,21±0,08)
		Methanomicrobia (0,72±0,10)	Methanomicrobiales (0,72±0,10)	Methanomicrobiaceae (0,72±0,10)	Methanomicrobium (0,72±0,10)
Thermoplasmata (90,23±0,80)	Methanomassiliococcales (90,23±0,80)	Methanomassiliococcaceae (90,23±0,80)	Methanomassiliococcus (90,23±0,80)		
Основной рацион+ УДЧ железо	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (7,97±0,45)	Methanobacteriales (7,97±0,45)	Methanobacteriaceae (7,97±0,45)	Methanobacterium (0,10±0,06)
					Methanobrevibacter (7,79±0,40)
					Methanospaera (0,08±0,04)
		Methanomicrobia (0,70±0,08)	Methanomicrobiales (0,70±0,08)	Methanomicrobiaceae (0,70±0,08)	Methanomicrobium (0,70±0,08)
Thermoplasmata (91,33±0,53)	Methanomassiliococcales (91,33±0,53)	Methanomassiliococcaceae (91,33±0,53)	Methanomassiliococcus (91,33±0,53)		
Основной рацион + УДЧ хром	Euryarchaeota (100,00±0,00)	Halobacteria (0,00±0,00)	Haloferacales (0,00±0,00)	Haloferacaceae (0,00±0,00)	Haloquadratum (0,00±0,00)
		Methanobacteria (8,44±2,36)	Methanobacteriales (8,44±2,36)	Methanobacteriaceae (8,44±2,36)	Methanobacterium (0,41±0,36)
					Methanobrevibacter (7,90±2,07)
					Methanospaera (0,13±0,07)
		Methanomicrobia (1,29±0,57)	Methanomicrobiales (1,29±0,57)	Methanomicrobiaceae (1,29±0,57)	Methanomicrobium (1,29±0,57)
Thermoplasmata (90,28±2,84)	Methanomassiliococcales (90,28±2,84)	Methanomassiliococcaceae (90,28±2,84)	Methanomassiliococcus (90,28±2,84)		

** $P \leq 0.05$ в сравнении с контролем



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2751961

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПЕРЕВАРИМОСТИ
ПИТАТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОРМА ПРИ
ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН КРУПНОГО РОГАТОГО
СКОТА УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА
ХРОМА**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (РУ)*

Авторы: *Шейда Елена Владимировна (РУ), Мирошников Сергей Александрович (РУ), Лебедев Святослав Валерьевич (РУ), Дускаев Галимжан Калиханович (РУ), Рахматуллин Шамиль Гафуллович (РУ), Рязанов Виталий Александрович (РУ), Кван Ольга Вилориевна (РУ), Колтаков Владимир Иванович (РУ), Шонина Оксана Вячеславовна (РУ)*

Заявка № 2020140350

Приоритет изобретения 07 декабря 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 21 июля 2021 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 07 декабря 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Налов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2751962

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ
БЕЛКОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Шейда Елена Владимировна (RU), Мирошников Сергей Александрович (RU), Лебедев Святослав Валерьевич (RU), Дускаев Галимжан Калыханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Кван Ольга Викторовна (RU), Колпаков Владимир Иванович (RU), Шошина Оксана Вячеславовна (RU)*

Заявка № 2020140351

Приоритет изобретения 07 декабря 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 21 июля 2021 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 07 декабря 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Иванов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2766683

**Способ увеличения доступности белковых рационов в
пищеварительном тракте крупного рогатого скота**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Шейда Елена Владимировна (RU), Лебедев Святослав Валерьевич (RU), Мирошников Сергей Александрович (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Гречкина Виктория Владимировна (RU), Кван Ольга Вилориевна (RU)*

Заявка № 2021119974

Приоритет изобретения 07 июля 2021 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 15 марта 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 07 июля 2041 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Госпатент России (ФИПС) (Федеральный научный центр интеллектуальной собственности)
Ивановы, Зубов, Юный Сергеевич
Должностной адрес: 125009, Москва, Россия

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2779830

**Способ получения кормовой добавки для крупного
рогатого скота на основе лузги подсолнечника**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный научный центр
биологических систем и агротехнологий" (RU)*

Авторы: *Мирошников Сергей Александрович (RU), Шейда Елена
Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU),
Быков Артем Владимирович (RU), Дускаев Галимжан
Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллович (RU),
Левахин Георгий Иванович (RU)*

Заявка № 2021131684
Принятая дата изобретения 28 октября 2021 г.
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 13 сентября 2022 г.
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 28 октября 2041 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Департамент патентной и инновационной политики
Служба по интеллектуальной собственности
Институт Юристы Юристы Сервис
Адрес: Москва, ул. Мясницкая, д. 26/28
Датировано: 13.09.2022

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2779884

Способ получения корма для крупного рогатого скота на основе лузги подсолнечника

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Мирошников Сергей Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Быков Артем Владимирович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Левахин Георгий Иванович (RU)*

Заявка № 2021131683

Приоритет изобретения 28 октября 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 14 сентября 2022 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 28 октября 2041 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Директор Федерального государственного научного центра интеллектуальной собственности
Сотникова Юлия Юрьевна
Инициалы: Ю.С. Зубов
Должность: Директор

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2780214

**Способ повышения переваримости лузги подсолнечника
в рубце крупного рогатого скота**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Мирошников Сергей Александрович (RU), Быков Артем Владимирович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Атландерова Ксения Николаевна (RU), Левахин Георгий Иванович (RU)*

Заявка № 2021130756

Приоритет изобретения **21 октября 2021 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **20 сентября 2022 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **21 октября 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Патентное ведомство Российской Федерации
Ивановы Зубов Сергей Сергеевич
Директор филиала - 10/10 05.05.2022

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2780832

Способ снижения концентрации метана в рубце жвачных животных

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Нуржанов Баер Серекпаевич (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU)*

Заказ № 2022106708

Приоритет изобретения 15 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 04 октября 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 15 марта 2042 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Средствами ФГУП «ФИПС»

Ю.С. Зубов



Директор ФГУП «ФИПС»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2781991

Способ повышения доступности труднорасщепляемых углеводов в рубце жвачных

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Мирошников Сергей Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Быков Артем Владимирович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллаович (RU), Левахин Георгий Иванович (RU)*

Заявка № 2021131908

Приоритет изобретения 01 ноября 2021 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 21 октября 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 01 ноября 2041 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Федеральное государственное бюджетное учреждение
"Федеральный научный центр интеллектуальной собственности"
Средствами государственного бюджета Российской Федерации
Выдано в г. Москва, ул. Серпуховская, д. 10
Дата выдачи: 21.10.2022

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2781992

Способ повышения продуктивных качеств крупного рогатого скота путем введения кормовой добавки

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (RU)*

Авторы: *Шейда Елена Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиуллинович (RU), Мирошников Иван Сергеевич (RU)*

Заявка № 2021131999

Приоритет изобретения 02 ноября 2021 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 21 октября 2022 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 02 ноября 2041 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Директор Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Степанов Ю.С. (И.О.Ф.И.О.)
Адрес: **Тулунский Сервис**
Директор: **Степанов Ю.С.**

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2023620710

Анализ бактериального разнообразия полигастричных животных при использовании в рационе биологически активных веществ

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Рязанов Виталий Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Юлдашбаев Юсунжан Артыкович (RU), Абдулмуслимов Абдулмуслим Мухудинович (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафуллович (RU)*

Заявка № 2023620469

Дата поступления 20 февраля 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Росстаре баз данных 27 февраля 2023 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук»

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620992

Оценка метаболических эффектов фитохимических веществ в условиях *in vitro*

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Рязанов Виталий Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафиулович (RU), Левахин Георгий Иванович (RU), Кондрашова Кристина Сергеевна (RU)*

Заявка № 2022620812

Дата поступления 12 апреля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 27 апреля 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ирина Викторовна
Домнина
Служба по интеллектуальной собственности
Ирина Викторовна Домнина
Департамент по патентным вопросам
Москва, Зубовский бульвар
Департамент по патентным вопросам
125080, Москва

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620832

Анализ таксономического состава микробиома рубца при использовании ультрадисперсной формы хрома

Правосубъект: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РУ)*

Авторы: *Мирошников Сергей Александрович (РУ), Шейда Елена Владимировна (РУ), Рязанов Виталий Александрович (РУ), Дускеев Галимжан Калиханович (РУ), Рахматуллин Шамиль Гафиулович (РУ)*



Заявка № 2022620533

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных 18 апреля 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Уполномоченный
подпись: И.С. Лубов
Служба по интеллектуальной собственности
Адрес: 125080, Москва, Сухбатова ул., д. 10
Департамент: 125080, Москва, Сухбатова ул., д. 10

И.С. Лубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620684

**Количественный и качественный состав
микроорганизмов рубцовой жидкости телят мясной
породы при использовании в рационе пищевых добавок**

Правонадлежителю: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Рязанов Виталий Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Дускеев Галимжан Калиханович (RU), Мирошников Сергей Александрович (RU), Рахматуллин Шамиль Гафулович (RU)*



Заявка № 2022620518

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 30 марта 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов
Должность: Руководитель
Подпись: Ю.С. Зубов
Дата: 30.03.2022

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620784

**Таксономический состав микробиома рубца телит
мисной породы при дополнительном включении в
жировую рацион ультрадисперсной формы хрома**

Привоебладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный центр
биологических систем и агротехнологий Российской
академии наук» (RU)*

Автор(ы): *Шейда Елена Владимировна (RU)*

Заявка № 2022620550

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 08 апреля 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Средствами ИСЗРП/ИСЗРП/ИСЗРП/ИСЗРП/ИСЗРП
Ирина Зубова
Департамент 1
117912, Москва

И.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620782

**Таксономический состав микробиома рубцовой
жидкости молодняка КРС при использовании в рационе
ультрадисперсных частиц железа**

Цивилкобыдатель: *Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Дускаев Галимжан Калиханович (RU), Шейда Елена
Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU),
Мирошников Сергей Александрович (RU), Рахматуллин Шамиль
Гафуллович (RU)*



Заявка № 2022620532

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных: 08 апреля 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Документ подписан квалифицированным
Сотрудником ФПСИ
Ивановым Андреем Сергеевичем
Должность: Руководитель отдела

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620708

**Таксономический состав микробиома рубцовой
жидкости телят мясной породы при дополнительном
включении в белковый рацион УДЧ хрома**

Привлечатель: *Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦБС)* (RU)

Авторы: *Рязанов Виталий Александрович (RU), Шейда Елена
Владимировна (RU), Дускелев Галимжан Калиханович (RU),
Мирошников Сергей Александрович (RU), Рахматуллин Шамиль
Гафуллович (RU)*



Заявка № 2022620539

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 31 марта 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Владимир Иванович Иванов
Служба по интеллектуальной собственности
и патентам Роспатент
Департамент по патентам и товарным знакам
Москва, ул. Вавилова, 29
Департамент 125993

И.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620672

**Таксономический состав микробиома рубцовой
жидкости телят мясной породы при дополнительном
включении в белковый рацион УДЧ железа**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный центр
биологических систем и агротехнологий Российской
академии наук» (RU)*

Автор(ы): *Шейда Елена Владимировна (RU)*



Заявка № 2022620530

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных 29 марта 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ирина Викторовна Гусева
Служба по интеллектуальной собственности
Москва, Лубянский проезд, 10
Департамент по интеллектуальной собственности
и патентному делу

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620699

Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе различных добавок

Привладелец: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (RU)*

Авторы: *Мирошников Сергей Александрович (RU), Шейда Елена Владимировна (RU), Рязанов Виталий Александрович (RU), Дускеев Газимжан Калиханович (RU), Рахматуллин Шамиль Гофиулович (RU)*



Заявка № 2022620520

Дата поступления 24 марта 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 31 марта 2022 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Александр Владимирович
Дюков
Исполнительный директор
Федеральной службы по интеллектуальной
собственности

А.С. Зубов