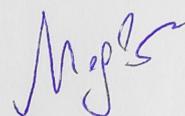


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий  
Российской академии наук»  
(ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН)**

На правах рукописи



**Медведев Сергей Анатольевич**

**Обмен веществ и продуктивность цыплят-бройлеров при  
использовании в рационе какаолузги**

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

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

Научный руководитель:  
доктор биологических наук  
**С.В. Лебедев**

**Оренбург – 2022**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	8
1.1 Способы получения и питательная ценность какао лузги.....	8
1.2 Использование какао лузги в кормлении животных и птицы.....	17
<b>2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	41
2.1 Материалы и методы исследований.....	41
2.2 Результаты I лабораторного исследования «in vitro».....	49
2.2.1 Определение оптимальной дозировки щелочи при обработке какао лузги .....	49
2.3. Результаты II лабораторного исследования «in vitro».....	57
2.3.1 Оценка влияния экструзии на питательность и химический состав какао лузги.....	57
2.4 Результаты экспериментальных исследований на цыплятах-бройлерах.....	62
2.4.1 Результаты I эксперимента на цыплятах-бройлерах.....	62
2.4.1.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров.....	63
2.4.1.2 Динамика живой массы подопытных цыплят.....	65
2.5 Результаты II экспериментального исследования на птице .....	67
2.5.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров.....	67
2.5.2 Переваримость питательных веществ корма цыплятами бройлерами.....	68
2.5.3 Рост подопытных бройлеров.....	71
2.5.4 Морфологические и биохимические показатели крови подопытной птицы.....	73
2.5.5 Убойные качества, морфологический и химический состав тела подопытной птицы.....	79
2.5.6 Химический состав тела птиц.....	81

2.5.7 Оценка качества мяса подопытной птицы.....	82
2.5.8 Особенности обмена энергии в организме цыплят-бройлеров.....	83
2.5.9 Обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров.....	85
2.5.10 Скорость накопления и эффективность конверсии химических элементов из корма в продукцию цыплят-бройлеров.....	92
2.6 Результаты научно-производственного эксперимента на цыплятах-бройлерах.....	100
<b>ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....</b>	<b>103</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>112</b>
<b>ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....</b>	<b>114</b>
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....</b>	<b>115</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>116</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>140</b>

## ВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Решение проблемы использования органических отходов находится в режиме поиска методов их вторичного использования как питательной составляющей в кормлении животных (Вервейко Б.Н., 2013; Егоров И.А., 2014; Бачкова Р.С., 2016; Астраханцев А.А., 2018; Zhu, J., 2012; Barbosa O., 2014; Ayodele S.O., 2016; Egbunike G.N., 2019). Из многочисленного перечня нетрадиционным для российского производства являются отходы какао, которые образуют три вида побочных продуктов: шелуха стручков какао, скорлупа какао-бобов (Дерендяев Г.П., 2014; Кокорева Л.А., 2014; Modi A.A., 2014; Nunes L.R., 2014; Ofori-Boateng C., 2019). Мировое производство какао-бобов в 2017-2020 годах достигло почти 3,7 млн тонн. Объем производства в России к 2019 году увеличился на 3% и составил 74 тыс. тонн.

Скорлупа какао, главным образом богата важными биологически активными соединениями и может стать желательным сырьем для широкого спектра функциональных, фармацевтических или косметических продуктов, а также для производства энергии или биотоплива в ближайшем будущем (Беззубцева М.М., 2009; Абашкина Е.М., 2018; Goyal A.K., 2014; Tu C., 2016; Emtenani S., 2017; Ogunsipe M.H., 2017; Ooshima T., 2019). Ценность продукта заключается в содержании пектина (10%), аминокислот, протеина (27%) (Chung V.Y., 2003), жира (1,5-8,5%) (Gajana C.S. et.al., 2011) и непереваримыми фракциями (пищевыми волокнами) (Byoung J.A., 2014).

Таким образом, дальнейшее совершенствование подходов к применению отходов какао должно проходить с учетом накопленной информации о методах обработки и продуктивном действии какао лузги в рационах сельскохозяйственных животных и птиц.

**Степень разработанности темы.**

В доступной литературе, практических рекомендациях и результатах исследованиях представлена информация описывающая разнополярное действие отхода какао производства – какао лузги на обмен веществ и продуктивность животных. Определены как положительные, так и отрицательные стороны (Околелова Т.М., 2015; Фисинин В.И., 2016). Ценность продукта заключается в содержании пектина (10%), аминокислот, протеина (27%) (Chung B.Y., 2003), жира (1,5-8,5%) (Gajana C.S. et.al., 2011) и непереваримыми фракциями (пищевыми волокнами). Для качественного использования отходов какао лузги (40 млн. тонн/год) необходим поиск специальных методов подготовки какао лузги к скармливанию с целью снижения антипитательных веществ и увеличения биодоступности (Темираев Р.Б., 2011). При этом очевидно, что выбор способа подготовки какао лузги является ключевым фактором (Oloruntova et.al., 2018; Adeyeye S.A., 2018), что расширит спектр применения в составе комбикормов. Вышеизложенное является основой для проведения настоящей работы.

#### **Цель и задачи исследований.**

Целью исследований выполняемой в соответствии с «Программой фундаментальных научных государственных академий наук на 2013-2018 гг., ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (госрегистрация АААА-А18-118042090039-1, №0761-2018-0005) являлась сравнительная оценка методов подготовки отхода какао производства (какао лузги) в составе рациона на метаболизм и продуктивность цыплят-бройлеров.

#### **Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

1. Установить в исследованиях «in vitro» оптимальную дозировку щелочи при экструдировании какао лузги на переваримость и содержание энергии корма.
2. Изучить обмен веществ и продуктивность при включении в рацион цыплят-бройлеров какао лузги в различной дозировке;

3. Изучить морфологические и биохимические показатели крови при использовании в рационе цыплят-бройлеров какао лузги в различной дозировке и при обработке щелочью;

4. Установить действие какао лузги при различных вариациях обработки на обмен веществ, энергии и продуктивность, и элементный состав организма цыплят-бройлеров;

5. Дать экономическое обоснование использования какао лузги в кормлении цыплят-бройлеров.

**Научная новизна.** Впервые, на основании проведенных комплексных исследований установлена допустимая дозировка, подобран оптимальный способ подготовки какао лузги для включения в состав рациона цыплят бройлеров при замене 5% зерновой части. Биологическое действие какао лузги после обработки щелочью в дозе 45 г/кг и последующей экструзией определяется комплексом полученных экспериментальных данных о действии субстрата на обмен веществ, гематологические показатели и содержание 25 химических элементов в организме цыплят-бройлеров.

**Теоретическая значимость работы** состоит в описании механизма действия какао лузги на рост, развитие и метаболизм цыплят-бройлеров в зависимости от интенсивности минерального обмена и эффективности использования химических элементов в организме.

**Практическая значимость работы** состоит в разработке новых решений увеличения питательной ценности отхода какао производства для включения в рацион цыплят бройлеров. Замена зерновой части (пшеницы) на какао лузгу после щелочной обработки и экструдирования позволит сохранить питательную ценность рациона, повысить обмен веществ и рентабельность производства мяса птицы на 0,6 %.

**Методология и методы исследований.** Для выполнения поставленных задач в ходе проведения научных исследований использовались зоотехнические, физиологические, биохимические, физико-химические методы исследований с применением современного сертифицированного

оборудования. Полученный материал Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, «StatSoft Inc.», США) и Microsoft Excel.

**Основные положения работы, выносимые на защиту:**

- использование какао лузги в различных дозах и способах подготовки к скармливанию отличается избирательным действием на обмен веществ, рост и продуктивность цыплят бройлеров.

- включение какао лузги после обработки щелочью и с последующей экструзионной обработкой оказывает протекторное действие на морфо-биохимические показатели крови, синтез протеина, жира и элементный состав организма бройлеров.

- специальная подготовка какао лузги не снижает питательную ценность рациона и позволяет сохранить экономическую эффективность производства продукции птицеводства.

**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». Основные материалы диссертационной работы доложены на научно-практических конференциях «Актуальные проблемы ветеринарной медицины и зоотехнии» (Оренбург, 2012-2022 гг.), Всероссийской научно-практической конференции «Роль ветеринарной и зоотехнической науки на современном этапе развития животноводства» (Ижевск, 2021 г.), IOP: Earth and Environmental Science (Красноярск, 2021).

**Реализация результатов исследований.** Основные научные результаты и положения диссертации внедрены в производство в ОАО «Птицефабрика Оренбургская», а также используются в учебном процессе при подготовке специалистов по направлениям: «Продукты питания животного происхождения» и «Зоотехния» при чтении курса лекций по кормлению сельскохозяйственных животных.

**Публикации результатов исследований:** по теме диссертационной работы опубликовано 10 научных работ, из них 4 – в изданиях рекомендованных ВАК РФ, 2 – в изданиях, входящих в БД Scopus.

## **1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Способы получения и питательная ценность какао лузги**

Отходы пищевой промышленности без дополнительной переработки вызывают огромные экономические проблемы из-за загрязнения окружающей среды. Учитывая рост мирового населения и недостаток сырья, а также реальную угрозу сокращения источников питания, неудивительно, что растет необходимость сохранения и повторного использования продуктов, которые рассматриваются как отходы (Ravindran R., Jaiswal A.K., 2016).

Какао лузга - лишь один из примеров побочных продуктов с ценными биологически активными компонентами и хорошей пищевой ценностью, который долгое время утилизировался, хотя его можно было бы повторно использовать в разных направлениях (Panzanaro S., et al., 2010).

Основным сырьем для производства всех видов какао-продуктов являются сушеные и ферментированные какао-бобы, а какао-скорлупа является одним из побочных продуктов какао-бобов, получаемых в шоколадной промышленности. Какао лузга составляет около 10-15 процентов от массы боба (Кокорева Л.А., и др., 2014).

Технология производства шоколада была сформирована к началу 20 века и включала очистку какао-бобов от сторонних примесей в специальном оборудовании с плоскими или цилиндрическими ситами. Бобы очищают и сортируют, а затем обжаривают на цилиндрических или шаровых аппаратах. Какао лузгу с обжаренных бобов очищают в дробильно-очистительных машинах (Антипова Л.В., и др., 2012).

В настоящее время технологическая схема производства шоколада состоит из 5 стадий: первичная переработка бобов какао, получение какао-

масла и тёртого какао, производство шоколадной массы, формование шоколада, завертывание и упаковка (Скокленко М.В., и др., 2014).

Известно около двадцати видов какао (*Theobroma cacao*), и три самых популярных вида (*Criollo*, *Forastero* и *Trinitario*) составляют 95% от общего мирового производства какао. Мировое производство какао-бобов в 2017/2018 году достигло почти 3,7 миллиона тонн (ICCO-International Cocoa Organization Annual Report 2017/2018). Какао лузга является основным побочным продуктом какао, отделяемым от семядолей во время процесса предварительной обжарки или после процесса обжарки (Munawai S.S., 2014).

При переработке какао есть три типа побочных продуктов: шелуха плода какао, скорлупа какао-бобов и слизь какао. Эти побочные продукты обычно рассматриваются как «отходы» и оставляются гнить на плантации какао, что может вызвать экологические проблемы, такие как появление неприятного запаха или распространение болезней (Martínez R. и др., 2012).

Примерный состав какаовеллы включает белки, жиры, сахара, влагу и золу и, как было описано, аналогичен составу какао-бобов (Talekar S., 2012).

Однако какао лузга содержит гораздо более низкий процент жиров по сравнению с какао-бобами, которые заменены гораздо большим количеством волокон, а также имеет более высокое содержание белков, жиров и углеводов по сравнению с другими побочными продуктами какао, такими как стручки какао (Parvin N., 2010).

Однако приблизительный состав какаовеллы может значительно варьироваться, поскольку, как растительный продукт, его состав подвергается воздействию нескольких переменных факторов, таких как климатические условия сельскохозяйственных угодий, сорт какао, условия обработки (ферментация, сушка, температура обжарки) и другие (Dwevedi A., et al., 2009).

Значения влажности в какаовелле варьируются от 3,60% до 13,13%, что сильно зависит от того, обжарена она или нет, а также является приемлемым диапазоном для стабильного хранения. Тем не менее, оболочка шелухи боба

какао, как сообщается, значительно гигроскопична, и, следовательно, плесень может появиться при хранении при более высоких уровнях влажности (Osawa, K., et al., 2011).

Было установлено, что содержание золы составляет от 5,96 до 11,42 г в 100 г, на которое снова влияет процесс обжарки, который увеличивает это значение примерно на 15% согласно исследованиям Adamafo N.A., в 2004 году.

По данным ВОЗ (Quality Control Methods for Herbal Materials. WHO; Geneva, Switzerland: 2011) основными компонентами золы являются натрий и калий (7,2 г и 3,1 г на 100 г золы соответственно). Из общего количества золы 30,4% будет водорастворимой золой, а около 38,4% - нерастворимой в кислоте золой (в основном производные диоксида кремния).

Что касается содержания белка, в изученной литературе установлено, что белки составляют от 10,30 до 27,40% от сухой массы какаоовеллы. Это выдающееся количество, поэтому некоторые исследователи рассматривают этот побочный продукт как источник ценного белка (Vyoung J.A., 2014).

Однако было показано, что процесс обжарки обычно неблагоприятно влияет на это количество, снижая содержание сырого протеина с 27,43% до 25,07% после обжарки. Белки оболочки шелухи обладают усвояемостью до 78,04%. Какао лужга содержит все незаменимые аминокислоты, что составляет 44,7% от общего количества аминокислот (Chung B.Y. и др., 2003).

Небольшой процент от общего количества аминокислот составляют D-аминокислоты, и их относительное количество по отношению к L-аминокислотам увеличивается во время фазы обжарки. D-аминокислоты обладают низкой питательной ценностью, поскольку они не перевариваются, как их хиральные аналоги. Тем не менее, они по-прежнему способствуют формированию аромата во время ферментации и обжарки (Спесивцев А.С. 2018).

Содержание жира составляет от 1,50% до 8,49% и поэтому считается второстепенным компонентом побочного продукта по сравнению с

содержанием жира приблизительно 50% в какао-бобах. Как и в отношении содержания белка, процесс обжарки может также повлечь за собой уменьшение содержания жира примерно на 36% (Gajana C.S., et al., 2011).

Поскольку жир в каковелле является очень кислым и более богатым неомыляемым веществом, чем жир какао-бобов, он часто не считается какао-маслом. Действительно, некоторые жирные соединения значительно отличаются от таковых в какао-масле, и в некоторых случаях эти различия использовались для оценки содержания скорлупы какао-порошка или какао-масла (Emiola I.A., et al., 2011).

Олеиновая, пальмитиновая, каприновая и стеариновая кислоты являются основными жирными кислотами как в каковелле, так и в жирах какао, если рассматривать омыляемую фракцию. Эта фракция состоит на 34,7% из ненасыщенных жирных кислот и на 64% из насыщенных жирных кислот для неферментированной шелухи боба какао, и что эти процентные содержания изменяются до 51,2% и 48%, соответственно, после ферментации. Эти значения соответствуют массовому соотношению ненасыщенных к насыщенным веществам равному 0,66-0,74 (Фаритов Т.А. 2015).

Согласно литературным данным, углеводы составляют от 7,85% до 70,25% от сухой массы каковеллы. Эти значения значительно различаются в зависимости от того, учитывается ли содержание клетчатки или нет, а также потому, что они часто вычисляются путем вычитания, что влечет за собой дополнительную изменчивость. Что касается усвояемых углеводов, шелуха не содержит крахмала или содержит небольшое количество крахмала и очень небольшое количество растворимых сахаров, которые в некоторых исследованиях считаются незначительными (Усова Т.В. и др., 2017).

Неперевариваемая фракция образована пектиновыми полисахаридами (45%), гемицеллюлозой (20%) и целлюлозой (35%) и является пищевыми волокнами. Глюкоза является основным моносахаридом в каковелле и составляет почти половину углеводной фракции, за ней следуют галактоза,

манноза, рамноза, арабиноза и ксилоза в порядке убывания (Тухбатов И.А. и др., 2014).

Пищевые волокна существенно влияют на минеральный обмен в организме, изменения которого могут как положительно повлиять на повышение продуктивности животных и птицы, так и привести к широкому спектру нарушений (Темираев Р.Б., 2011; Манаенков В.В., 2013; Рябуха Л.А., 2015; Никитин А.Ю., и др., 2019).

Пищевые волокна состоят из структурных углеводов, также известных как некрахмальные полисахариды. Он состоит из остатков стенок растительных клеток и не усваивается организмом; следовательно, он не дает энергетической ценности (Bonvehí J.S., Venería M.A., 1998; Castillejo G., 2006; Arentoft B.W., 2013).

Пищевые волокна обладают несколькими другими биофункциями, такими как снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний за счет снижения уровней холестерина и триацилглицерина или уменьшение эффекта от диабета за счет замедления абсорбции глюкозы. С другой стороны, пищевые волокна также адсорбируют основные концентрации полифенолов, которые могут придавать им антиоксидантные свойства и способствовать снижению окислительного стресса и воспалительных процессов в кишечнике (Фисинин В.И., 2013; Симоненков Д.А., 2017; Chan S.Y., 2013).

Значения общего количества пищевых волокон (TDF), растворимых пищевых волокон (SDF) и нерастворимых пищевых волокон (IDF) имеют большое значение в каковелле. Заметные различия в этих значениях связаны с тем, как волокна CBS определялись в различных исследованиях. Гравиметрические методы, которые обычно используются для анализа волокон, включают как фракцию некрахмального полисахарида, так и фракцию, известную как фракция лигнин Класона, которая в некоторых случаях образована не только лигнином, но также продуктами и комплексами Майяра, образованными танином. и белковые взаимодействия. Также было обнаружено, что на волокно, определенное гравиметрическим методом

(включая фракцию Класона), приходится 63,6% высушенного веса какао-бобов, в то время как на волокно, определенное как общее количество полисахаридов, будет всего 38,2% (Rade I., 2008).

Расчеты долей различаются у разных авторов, однако IDF всегда является наиболее распространенным, с соотношением IDF / SDF в диапазоне от 2,2 до 4. По сравнению с другими побочными продуктами какао, такими как стручки какао, какао-бобы обладают эквивалентными количествами общего количества пищевых волокон, но с более высоким процентным содержанием SDF, который обеспечивает лучшие биофункциональные свойства (Симонян А.В., 2011; Abdelmoez W., 2013).

Пектиновая фракция волокна, образованная в основном галактуроновой кислотой, привлекла внимание многих исследователей, в основном из-за ее интересных гелеобразующих свойств, которые очень полезны в таких областях, как пищевая, фармацевтическая или косметическая промышленность (Околелова Т.М., 2016; Нуралиев Е.Р., 2017; Chen J.C., 2000; Barazarte H., 2008).

Пектины присутствуют как в SDF, так и в IDF в форме пектинов с высоким содержанием метоксильных групп для первых и пектинов с низким содержанием метоксильных групп для последних. Пектин какао-бобов иногда считается «пектином низкого качества» по сравнению с другими коммерческими пектинами и присутствует в более низких концентрациях, чем у цитрусовых или яблок (около 9% против 15% и 30% сухого веса, соответственно) (Nsor-Atindana J., 2012).

Вместе с клетчаткой полифенолы являются наиболее интересными и изученными соединениями в какао-бобах и основными соединениями, отвечающими за биофункциональные свойства, приписываемые этому побочному продукту какао. Эти соединения присутствуют во всех пищевых продуктах растительного происхождения, и, как известно, они обладают несколькими биологическими активностями. Особую группу полифенолов

составляют флавоноиды, среди которых флаванолы являются основной группой в какао (Лукичева А.В., 1999; Манукян В.А., 2017; Wang M., 2011).

Они не важны для кратковременного благополучия, но появляется все больше свидетельств того, что умеренное долгосрочное потребление полифенолов может дать несколько преимуществ для здоровья, поскольку они обладают антиоксидантными свойствами, действуют как поглотители свободных радикалов и снижают окислительный стресс. Они могут принимать участие в противовоспалительных процессах, проявлять антидиабетические свойства или снижать риск некоторых заболеваний, таких как рак, хронические заболевания, сердечно-сосудистые заболевания или даже нейродегенеративные расстройства (Sanchez-Silva L., 2012; Rodrigues R.C., 2014).

Общее содержание фенолов (TPC; выражено в мг эквивалентов галловой кислоты / г высушенной какаоеллы), общее содержание флавоноидов (TFC; выражено в мг эквивалентов катехина / г высушенной какаоеллы) и общее содержание танина (TTC; выражено в мг эквивалентов катехина / г высушенной какаоеллы) и колеблются между 6,04-94,95, 1,65-40,72 и 1,70-25,30 соответственно (Zhengang L., 2014).

Макропористые смолы были использованы для увеличения общего содержания полифенолов экстракта от 2,23% до 62,87%. Было продемонстрировано, что содержание полифенолов значительно варьируется в зависимости от географического происхождения, разновидности, генотипа растений и даже сезона сбора урожая. Более высокое содержание полифенолов наблюдается при стрессовых ситуациях, возникающих при выращивании какао-дерева (Aubastier Ö., et al., 2010).

Другими факторами, влияющими на количество полифенолов, могут быть тип ферментации и время ферментации, которые дают оптимальные значения TPC через 24 часа, а затем уменьшаются впоследствии (Lv, G.Y., et al., 2008).

Под воздействием света и при высоких температурах процессы производства какао, такие как сушка на солнце или процесс обжарки, могут вызывать разложение полифенолов. Чтобы минимизировать этот вид деградации и поддерживать полифенольную целостность и активность, были предложены стратегии, такие как инкапсуляция экстракта (Percival R.S., et al., 2006).

По сравнению с какао-бобами, значения ТРС какаоеллы аналогичны значениям между 5,77 и 49,56 мг эквивалента галловой кислоты / г какао-бобов. Что касается других типов побочных продуктов какао, было обнаружено, что значения ТРС для стручков какао немного выше, в то время как значения ТФС почти в 2 раза выше для какаоеллы, чем для стручков какао (Karkania V., et al., 2012).

Антиоксидантная активность также коррелирует с общим содержанием фенолов в побочном продукте, и эта активность в основном обусловлена содержанием флавоноидов в какаоелле, на которое также влияет температура во время обработки какао. Однако ТРС, ТФС, ТТС и антиоксидантная активность – это значения, полученные путем скрининга спектрофотометрических методов с несколькими интерференциями, которые могут изменять полученные величины, что также может быть причиной огромных диапазонов найденных значений (Garcia-Galan C., et al., 2011).

Основными метилксантинами, содержащимися в какаоелле, являются теобромин (3,7-диметилксантин) и кофеин (1,3,7-диметилксантин). Оба являются алкалоидами, характерными для какао, хотя теофиллин также был обнаружен, однако в основном в виде следов (Jimoh A.A., et al., 2018).

Теобромин и кофеин известны тем, что действуют на центральную нервную систему. Оба метилксантина были связаны с несколькими полезными эффектами на здоровье организма, такими как действие как мочегонное, антиканцерогенное или средство против ожирения, среди других эффектов (Hernandez K., et al., 2011).

Теобромин является метаболитом кофеина, не имеет цвета и запаха, имеет слегка горький вкус, характерный для шоколада. Теобромин оказывает гораздо более слабое действие на центральную нервную систему, поскольку сродство к аденозиновым рецепторам у него в 2-3 раза ниже, чем у кофеина. Теобромин также обладает миорелаксантами свойствами и свойствами стимуляции сердца и использовался в качестве расширителя коронарных артерий или бронходилататора при лечении астмы (Bhardwaj K., 2001).

Метилксантины в основном синтезируются через семядоли какао-бобов и мигрируют в оболочку во время ферментации какао (Hwang E.T., et al., 2013).

Было обнаружено, что концентрации теобромина в сырых какао-бобах и сырой какаоелле составляет 18,07 мг / г семядолей и 3,90 мг / г какаоеллы, соответственно, в то время как концентрации на их ферментированных аналогах составляли 9,79 мг / г и 12,00 мг / г соответственно. Количество теобромина в шелузе боба какао в 5-7 раз выше, чем в кофеине. Конкретно, эти значения составляли 0,39-1,83 мг / 100 г высушенной какаоеллы для теобромина и 0,04-0,42 мг / 100 г высушенной какаоеллы для кофеина (Hartati I., et al., 2010).

По этим причинам, а также принимая во внимание умеренную концентрацию кофеина, метилксантины, содержащиеся в какаоелле, также могут оказывать интересную биоактивность на здоровье и повышают ценность как биофункционального ингредиента. Более того, сообщалось о взаимодействии между флаванолами какао и метилксантинами, где метилксантины помогают повысить уровень эпикатехина в плазме, усиливая сосудистые эффекты флаванолов (Sanchez M.L., et al., 2017).

Ожидается, что какао лужга будет богата минералами из-за большого количества золы, которая представляет собой показатель содержания минералов в образцах растений. Обнаруженные количества минералов для CBS составляет калий, магний, кальций и фосфор являются наиболее распространенными минералами, содержащимися в побочных продуктах, за

ними следуют, среди прочего, меньшие количества натрия и железа. Эти элементы имеют тенденцию накапливаться во внешних частях какао-бобов, и поэтому они содержатся в гораздо больших количествах, чем в ядрах какао-бобов (Вяйзенен Г.Н., 2016; Caballero V.E., 2011).

Содержание минералов может сильно варьироваться, что в основном связано с географическим происхождением какао, поскольку поглощение минералов растением сильно зависит от наличия минералов в почве и, следовательно, зависит от типа почвы и качества местности (Игнатович Л.С., 2016; Turcotte V., et al., 2009).

Какао лузга является источником витамина D, обнаруженного в количестве до 21 МЕ (международных единиц) на грамм (эквивалент 0,53 мкг / г какаовеллы), что в 20-30 раз превышает действенность сливочного масла, но только если они были получены из ферментированного и высушенного на солнце какао-боба, на основании чего были сделаны выводы, что витамин D, вероятно, образуется световой активацией предшественника, присутствующего в формах для брожения, а именно эргостерола (Sukha D.A., 2003; Vriesmann L.C., et al., 2012).

В какаовелле были обнаружены значительные количества витаминов B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub>, что близко к 15% рекомендованной нормы диеты (Мацерушка А.Р., 2015; Barazarte H., 2008).

## **1.2 Использование какао лузги в кормлении животных и птицы**

Нетрадиционные корма, такие, как какао лузга могут помочь в решении проблемы эффективности животноводческой отрасли благодаря их способности обогатить основной рацион недостающими питательными веществами (Кундышев П.П., 2013; Зяблицева М.А., Белооков А.А., 2017).

Исследование токсичности муки из шелухи какао для бройлеров показали, что добавление в муку какао-скорлупу в количестве 1, 2, 4 и 6% и

оказывают значительное влияние на снижение живой массы бройлеров (Околелова Т.М., 2015; Фисинин В.И., 2016).

Увеличение потребления высушенной на солнце какаовеллы с 0 до 30% привело к снижению среднесуточного потребления корма и продуктивности яиц, а также к снижению веса селезенки, почек и яичников у кур, получавших рацион, содержащий 25 и 30% её из-за повышенного потребления теобромона. Однако, какао лужга, сваренная в течение 15 минут, может использоваться в корме для кур-несушек до 20% без влияния на яйценоскость и конверсию корма (Olubamiwa O. и др., 2006).

Козы обладают способностью использовать некоторые лигноцеллюлозные материалы, получаемые из муки из листьев *Leucaena*, кожуры ямса и какаовеллы, которые вместе составляют 92% от общего рациона. Эта экспериментальная диета дала впечатляющие результаты по набору веса коз; 122 и 139 г / сут. Эффективность корма составила 170 г прироста веса на 1 кг съеденного корма для самок и 200 г прироста веса на 1 кг корма для кастратов (Adamafio N.A., 2013).

Результаты кормления мальков африканского клариевого сома показали, что замена до 20% кукурузы на шелуху боба какао может благоприятно поддержать рост. Однако горький вкус был одним из основных факторов, ограничивающих ее использование (Adebowale B.A., Olubamiwa O., 2008).

Существует исследование мальков нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*), питающейся какаовеллой. Анализ стоимости рационов показал значительное снижение себестоимости производства одного килограмма рыбы, а эффективность корма и удержания питательных веществ показывает, что шелуха какао, по-видимому, является отличной частью источником диетического белка (Poumogne V., et al., 1997).

Экономичность использования шелухи какао в качестве пищевой добавки для кроликов была изучена и показана, что необработанная какао-скорлупа может использоваться в количестве 100 г / кг для включения в корм для кроликов, в то время как обработанная горячая вода какао-скорлупа может

быть включена в корм для кроликов в количестве до 200 г / кг, для оптимальных показателей роста и максимального соотношения затрат и выгод (Ayinde O.E., et al., 2010).

Использование какаоеллы в кормлении свиней может положительно сказаться на балансе микробной экосистемы кишечника. Кормление какао-оболочкой в течение трех недель увеличивало микробные популяции группы *Bacteroides Prevotella* и *Faecalibacterium prausnitzii*, которые продуцируют короткоцепочечные жирные кислоты, в частности бутират, который положительно влияет на рост и дифференциацию энтероцитов, оказывает противовоспалительное действие, тем самым снижая заболеваемость широкого спектра воспалительных заболеваний кишечника. Несмотря на снижение количества лактобацилл, кормление какаоеллой улучшило соотношение между основными типами бактерий желудочно-кишечного тракта, что может помочь снизить риск чрезмерного откорма, который считается пагубным для качества конечных продуктов (Magistrelli D. и др., 2016).

При исследовании количества добавляемой какао лузги в рацион свиней было обнаружено, что 20% было оптимальным биологическим уровнем в качестве энергетического заменителя кукурузы в рационе свиней (Ogunsipe M.H., et al., 2017).

Шелуха стручков какао (CPH) – это побочный продукт производства какао, полученный после удаления бобов из плодов. Анализ ХПХ показал, что он содержит большое количество белка. Данное исследование направлено на использование этого источника белка в производстве фермента гидролазы. В этом исследовании семь гидролазных ферментов (амилаза, фруктозилтрансфераза, маннаназа, глюкозидаза, глюканаза, липаза и протеаза) были впервые экранированы из CPH для возможного промышленного производства. Среди этих гидролаз для следующих этапов экспериментов была выбрана липаза, так как она имеет много применений в различных отраслях промышленности. Экстракция высокоактивной липазы из ХПХ

проводилась в оптимальных условиях. Условие, которое было оптимальным для трех основных факторов, было достигнуто с использованием лицевой центрированной центральной композитной конструкции (FCCCD) с методикой поверхности отклика (RSM) для получения самой высокой ферментативной активности сырой липазы из СРН. Оптимальное состояние экстракции используется для получения сшитого ферментного агрегата (CLEA). Для получения иммобилизованного биокатализатора методика CLEA рассматривается как эффективная методика его промышленного применения. привлекательные преимущества. Согласно результатам ОФАТ, КЛЕА-липаза была получена в наилучшем состоянии в присутствии 30 мМ сульфата аммония, 70 мМ глутарового альдегида с добавкой 0,23 мМ бычьего сывороточного альбумина. Иммобилизация эффективно улучшала устойчивость липазы к различным органическим растворителям (Okeh C.O., et al., 2014).

Проблема низкого потребления животного белка (8-15 г в день) в большинстве африканских и тихоокеанских стран (Ogunsipe et al., 2017) была связана с ростом стоимости животного белка выше доступного уровня для людей в этих регионах (Oloruntola D.A., et al., 2017).

Рост цен на традиционные кормовые ингредиенты является основной причиной роста себестоимости производства кормов для животных и последующей наблюдаемой высокой и недоступной стоимости животного белка (Adeyeye et al., 2018).

По данным Mollea C., (2018), затраты на кормление покрывают от 60 до 70% от общей себестоимости продукции моногастральных животных. Таким образом, замена одного или нескольких основных традиционных кормовых ингредиентов дешевыми и доступными нетрадиционными кормовыми ингредиентами окажет снижающее влияние на себестоимость производства кормов для животных.

Сообщалось об использовании агроотходов, таких как кожура маниоки и скорлупа какао-бобов, в моногастральном животноводстве (Андрианова Е.Н.,

2018; Белооков А.А., 2018; Eghosa O.U., et al. 2010; Okiyama D.G., et al. 2017; Oloruntola O.D., et al. 2018).

Оксидативный стресс был также идентифицирован как еще один важный фактор, влияющий на производство птицы во всем мире (Akbarian A., et al., 2016), а тепловой стресс был признан одним из наиболее важных стрессоров в тропических странах (Jimoh et al., 2018). Когда переменные среды отражают наличие теплового стресса, происходит накопление активных форм кислорода в биологической системе и последующее снижение эндогенной ферментативной антиоксидантной продукции и общей антиоксидантной активности. Скармливание птице фитохимических препаратов (продуктов, полученных из растительного сырья, например, высушенного растительного сырья, эфирного масла, чистого изолированного соединения или экстракта, содержащих вторичные растительные метаболиты) является надежным средством борьбы с негативным воздействием окислительного стресса у теплонапряженной птицы (Akbarian et al., 2016).

Шелуха стручков какао – это типичные недоиспользуемые агроотходы коммерческой какао-фермы, которые могут обеспечить питательные преимущества для моногастрального животноводства. Какао стручок, шелуха образует около 70% (Вт/Вт) всего зрелые плоды какао; имеет низкий уровень сырого протеина (9.14%), высокая сырая клетчатка (35.78%) (Eghosa и соавт. 2010) и анти-питательные факторы, такие как theobromine (2.64%) и танин (0.91%), кофеин (1.14%) и клетчаткой (Покровская Ю.С., 2004; Adeyeye S.A., et al., 2018).

Однако сообщалось также, что оптимальному использованию агроотходов в моногастральном животноводстве препятствуют антипитательные факторы, которые вызывают инактивацию некоторых питательных веществ, снижение метаболической утилизации пищи или процесс переваривания пищи (Guauque M., 2014).

Поэтому различные процедуры, такие как ферментация (Азимов Д.С., 2014; Ahmad F., et al. 2013; Bentil J.A., et al. 2015), обработка золой (Adamafio

et al. 2013), добавление ферментов (Oloruntola et al. 2018), замачивание и сушка на солнце среди прочих были использованы для повышения питательной ценности агроотходов. В частности, сообщалось также, что сочетание обработки золой с ферментацией улучшает питательную ценность муки из шелухи стручков какао и ее пригодность для моногастрального животноводства (Adeyeye S.A., et al. 2018). Сообщалось, что включение в рацион обработанной муки из шелухи стручков какао до 150 г/кг поддерживает нормальные показатели роста, характеристики туши и относительную массу внутренних органов кроликов.

Возможно, существуют различия в реакции различных видов животных на нетрадиционные кормовые ингредиенты, и в настоящее время было сообщено относительно мало работ о влиянии пищевой обработанной шелухи какао-стручков на питание цыплят-бройлеров. Поэтому целью настоящего исследования является определение влияния включения в рацион питания муки из шелухи стручков какао, прошедшей два последующих способа обработки-обработку золой и ферментацию рубцового ликера у цыплят-бройлеров (Gottifredi J.C., 2005; Ahmad F., 2011; Akimov S.S., 2021).

Шелуха стручков какао (CPH) – это побочный продукт отходов какао-промышленности, получаемый после удаления какао-бобов из плодов. Приблизительно 52-76 % веса плодов какао составляет шелуха стручков (Donkoh et al. 1991).

На каждую тонну произведенных сухих бобов приходится десять тонн шелухи стручков какао, что представляет серьезную проблему для управления отходами (Syamsiro M., et al., 2012). Это может быть значительным источником инокуляции болезней, таких как черная стручковая гниль (Ruchi G., 2008; Barazarte H., et al., 2008; Stepankova V., et al., 2013).

В 90-х годах некоторые исследователи химический анализ ХФ показал высокий процент сырого протеина, от 70 до 90 г/кг (Donkoh A., et al., 1991; Vriesmann L.C., et al., 2018). С тех пор было признано, что извлечение белка из этого CPH имеет огромные экономические преимущества для стран-

производителей какао, а также может уменьшить некоторые экологические проблемы.

В ряде исследований изучалась возможность замены скорлупы какао частью обычного рациона животных и исследовалось ее влияние на животных, поскольку она содержит теобромин, который может оказывать негативное влияние на некоторые виды. В частности, какао-бобы содержат примерно 2-3% теобромину, который в процессе ферментации переходит из семян в скорлупу (Артюхов А.И., 2016; Астраханцев А.А., 2017; Collar C., 2009).

Наиболее частым методом оценки общего состояния питания или здоровья цыплят-бройлеров является определение общего прироста массы тела (Parvin N., et al., 2010). Стабильность соотношения прироста массы тела и конверсии корма у подопытных птиц при различных диетических обработках в данном исследовании свидетельствует о том, что ПЧМ демонстрирует сходные питательные качества с обычными и поддерживает нормальные показатели роста у цыплят-бройлеров. Это также предполагает, что РСНМ может быть подходящей заменой для некоторых обычных ингредиентов корма для скота. Этот результат согласуется с более ранними сообщениями Quanhong L., et al. (2005) и Raita M., et al. (2010) что обычные кормовые ингредиенты, такие как кукуруза, могут быть частично заменены маниоковой и сладкой картофельной мукой соответственно в бройлерах.

Reddy L., et al. (2008) также сообщили о поддержке обработанной муки из шелухи стручков какао для нормального роста растущих кроликов на уровне включения 15%. Большая доля цикла выращивания цыплят-бройлеров приходится на стартовый период. Рост потребления кормов в рационе питания 3 цыплят-бройлеров, наблюдаемый только на стартовой фазе, может означать, что существуют некоторые различия в факторах, влияющих на потребление кормов у цыплят-бройлеров на стартовой и стартовой фазах.

Сообщалось, что потребление корма различается в зависимости от качества/состава корма, скорости роста цыплят и условий содержания (Ferket P.R., 2006). Кроме того, цыплята регулируют потребление корма, чтобы

удовлетворить свои потребности в энергии для роста (Day E.J., 1984). Это может частично объяснить причину наблюдаемого увеличения потребления корма по всему рациону, поскольку существует незначительное снижение энергетического уровня корма с увеличением уровня включения ПЧМ по всем рационам в данном исследовании. Однако увеличение потребления корма на этой стартовой фазе не приводит к увеличению производительности роста. Это может быть связано с неблагоприятным воздействием фитохимикатов в ПЧМ. Например, сообщалось, что танин способен изменять скорость роста и эффективность корма у животных (Guzik U., 2014).

Питание оказывает заметное влияние на выход качественного мяса животных, а их относительная масса органов очень полезна при прогнозировании токсического действия исследуемых материалов или рационов (Hale S., et al., 2013; Grechkina V.V., et al., 2021). Кроме того, токсины, содержащиеся в рационе, могут всасываться и накапливаться в различных тканях или органах-мишенях и вызывать повреждение клеток и изменять их нормальную структуру или функцию. Сходство в чертах туши и относительной массе внутренних органов экспериментальных птиц, получавших различные уровни включения ПЧМ, имеет пользу для здоровья и указывает на то, что фитохимические вещества в ПЧМ находятся в пределах допустимого уровня и не оказывают вредного или фатального воздействия или что диетическое лечение в данном исследовании не представляло опасности для развития съедобной части экспериментальных птиц и нормальной общей анатомии их внутренних органов.

Эритрограмма является одним из показателей для оценки состояния питания и здоровья животных, и существует заметное влияние питания на гематологические особенности (Jozinović A., et al., 2017). Стабильность объема упакованных клеток, концентрации гемоглобина и эритроцитов птиц, скормливаемых рационами, содержащими различные уровни ПЧМ, также свидетельствует о том, что применяемая в данном исследовании диетотерапия не оказывала отрицательного влияния на нормальные кроветворные процессы

у подопытных птиц. Этот результат согласуется с Kalaivani S.S., et al. (2017), которые сообщили о сходных значениях гематологических показателей среди подопытных кроликов, получавших обработанную шелуху какао-стручков с включением муки в рацион. Оценка биохимических показателей также является еще одним важным методом оценки состояния здоровья животных (Mazzutti S., et al., 2018).

Отсутствие различий в значениях сывороточных биохимических показателей у цыплят-бройлеров, получавших экспериментальные рационы, также свидетельствует о том, что включение в рацион ПЧМ до 8% поддерживает нормальное здоровье цыплят-бройлеров. Это может быть продуктом деятельности фитохимикатов в ПЧМ. Например, потребление кофеина было связано с более низким риском повышения уровня аланинаминотрансферазы (Ribas M.C., 2014).

Сообщалось об использовании фитохимических веществ для смягчения негативных последствий теплового окислительного стресса у птиц (Sarkar P., et al. 2012). Эти фитохимические вещества, обладающие антиоксидантными свойствами, играют роль в снижении процесса окисления путем взаимодействия со свободными радикалами в процессе окисления (Tran T.N., 2017). Сыворотки GPx и САТ относятся к числу антиоксидантных ферментов, защищающих клетки от вредного воздействия активных форм кислорода (Matsumoto M., et al., 2004). GPx защищает клетки от повреждающего действия окисления, катализируя деградацию различных пероксидаз и окисляя глутатион (Venkatesh Babu N.S., et al., 2011), в то время как ингибирует или предотвращает клеточное перекисное окисление липидов водорода и токсичность перекиси.

Более высокая концентрация GPx и САТ в сыворотке крови, регистрируемая у цыплят-бройлеров, получавших ПЧМ-инклюзивный рацион, по сравнению с теми, кто получал контрольный рацион, свидетельствует о том, что ПЧМ содержат антиоксидантные свойства. Это подтверждается более ранним докладом Dong T., et al. (2010), что активные ингредиенты растений

оказывают антиоксидантное действие за счет повышения концентрации антиоксидантных ферментов.

Сердце функционирует в основном как насос для движения крови по телу. Сообщалось о влиянии основных вторичных метаболитов какао-растений-кофеина и теобромина-на сердце (Barbosa-Pereira L., et al., 2018). Потребление кофеина было связано с более низкой распространенностью сердечно-сосудистой смерти (Limousy L., et al., 2013), в то время как теобромин используется в качестве вспомогательного средства при мочеиспускании, в качестве сосудорасширяющего средства и в качестве стимулятора сердца (Biehl and Ziegler, 2003). Сходные гистологические проявления клеток миокарда, наблюдаемые в данном исследовании у птиц, получавших контрольную диету и включающие ПЧМ диеты, еще раз демонстрируют полезность этого тестируемого ингредиента и его пригодность для производства цыплят-бройлеров.

Печень выполняет множество функций, среди которых фильтрация крови, поступающей из пищеварительного тракта до ее прохождения в остальной организм, детоксикация химических веществ и метаболизм лекарственных средств. Гистологическое исследование экспериментальной печени цыплят-бройлеров показывает, что исследуемый ингредиент (т.е. ПЧМ) может содержать некоторые компоненты, которые вызывают некоторые гистологические изменения, такие как сосудистый затор, периваскулярная воспалительная клеточная инфильтрация в ткани печени, выраженная инфильтрация полиморфноядерных клеток вокруг сосудов и активация печеночного макрофага, клеток Купфера. Этот результат не согласуется с более ранними сообщениями о том, что кофеин (один из компонентов ПЧМ) и, в частности, его основной метаболит паразантин могут подавлять синтез фактора роста соединительной ткани (CTGF) и впоследствии замедлять прогрессирование повреждений печени (Mancini G., et al., 2016). Поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы действительно установить конкретное соединение, ответственное за эти гистологические изменения.

Токсичность муки из скорлупы какао для бройлеров была исследована компанией Day&Dilworth. Они добавили к шроту какао-скорлупу в количестве 1, 2, 4 и 6% и пришли к выводу, что 4 и 6% оказывают значительное влияние на снижение массы тела бройлеров. В последующем эксперименте они добавили точно такое же количество чистого теобромина, какое было в скорлупе какао, которое было в предыдущих приемах пищи, но вес бройлеров был резко снижен. Чистый теобромин был более токсичен, чем мука из скорлупы какао (Mansur D., 2014).

Martin-Cabrejas M.A., et al., (1994) подтвердили, что увеличение потребления высушенной на солнце скорлупы какао с 0 до 30% привело к снижению среднесуточного потребления корма и яйценоскости, а также снижению массы селезенки, почек и яичников у кур, получавших рацион, содержащий 25 и 30% скорлупы какао, из-за увеличения потребления теобромина.

Ramos S., et al. (2008), однако, утверждали, что кокосовые скорлупы, которые кипятят в течение 15 мин, могут быть использованы в кормах для кур-несушек до 20% без влияния на производство яиц и конверсию кормов.

Сван Д., (2015) оценил способность птицы использовать некоторые лигноцеллюлозные материалы, состоящие из муки из листьев лейкены, кожуры ямса и скорлупы какао-бобов, которые вместе составляют 92% от общего рациона. Этот экспериментальный рацион имел впечатляющие результаты по прибавке веса: 122 и 139 г/сут. Конверсия кормов составила 170 г прироста массы на кг корма для цыплят и 200 г прироста массы на кг корма для несушек.

Arlorio M., et al., (2005) исследовали влияние скорлупы какао на рост молоди *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. Полученные результаты показали, что замена до 20% кукурузы скорлупой какао может благоприятно поддержать ростовые показатели вышеназванных рыб. Однако горький вкус скорлупы какао был одним из основных факторов, ограничивавших ее использование.

Есть и другие опубликованные статьи об использовании скорлупы какао в рыбных диетах. В целом, есть несколько других выводов для ювенильных нильских тилапий (*Oreochromis niloticus*), питающихся скорлупой какао. Анализ затрат на рационы показал значительное снижение себестоимости производства одного килограмма рыбы, а эффективность удержания корма и питательных веществ показала, что шелуха какао является жизнеспособным частичным источником диетического белка (Saucier C., 2015; Tu C., 2016).

Экономическая эффективность использования скорлупы какао в качестве пищевой добавки для кроликов была изучена Vītola V., et al., (2016) авторы пришли к выводу, что необработанная скорлупа какао может быть использована при включении 100 г/кг в корм кроликам, в то время как обработанная горячей водой скорлупа какао может быть включена до 200 г/кг в корм кроликам для достижения оптимальных показателей роста и наибольшего соотношения затрат и выгод.

Последние исследования были ориентированы на выращивание свиней. Magistrelli D., et al., (2016) показали, что использование скорлупы какао в питании свиней может положительно влиять на баланс микробной экосистемы кишечника. Кормление скорлупой какао в течение трех недель увеличивало микробные популяции группы *Bacteroides-Prevotella* и *Faecalibacterium prausnitzii*, которые продуцируют короткоцепочечные жирные кислоты, в частности бутират, который положительно влияет на рост и дифференцировку энтероцитов, а также оказывает противовоспалительное действие, тем самым снижая частоту широкого спектра воспалительных заболеваний кишечника. Несмотря на снижение лактобацилл, скармливание какао лузги улучшило соотношение между основными типами кишечной экосистемы, что может способствовать снижению риска чрезмерного откорма, который считается вредным для качества конечных продуктов.

Liu Q., et al., (2011) также исследовали добавление скорлупы какао в рацион свиней и обнаружили, что 20% является оптимальным биологическим

уровнем скорлупы какао в качестве энергетического заменителя кукурузы в рационе свиней.

Рост мирового спроса на энергию, глобальное потепление и усиление энергетической политики во всем мире активизировали исследования в области альтернативных энергетических технологий, способных использовать возобновляемые ресурсы, такие как ветер, солнечная радиация или биомасса. Биомасса из широкого разнообразия сельскохозяйственных остатков является основным источником возобновляемых источников энергии, занимая около 10% от общего объема потребляемой в мире энергии (Lopez-Serrano P., 2002; Lebedev S., et al., 2021).

Биомасса классифицируется как традиционная и современная; она также может быть использована многими технологиями конверсии, такими как прямое сжигание, термохимические, биохимические и агрохимические процессы (Malaták J., 2014). Традиционная биомасса, такая как древесина, используемая в основном для отопления и приготовления пищи, обеспечивает 9,3% конечного потребления энергии во всем мире (REN21, 2013). С другой стороны, современная биомасса, состоящая из нескольких производных и биотоплива, полученного из биомассы, т. е. биоэтанола, биодизеля, синтез-газа.

Поскольку ископаемое топливо представляет собой проблему для будущих поколений, существует потребность в некоторых альтернативных источниках топлива. Этанол из лигноцеллюлозной биомассы, такой как сельскохозяйственные отходы, является одной из важных альтернатив.

В своем исследовании Falay A.E., et al. (1990) исследовали производство этанола из скорлупы какао с использованием кислотного гидролиза и *Saccharomyces cerevisiae*. Результат показал, что pH оказывает наибольшее влияние на выход этанола из скорлупы какао, за которым следует время ферментации и концентрация дрожжей; что скорлупа какао является отличным источником для такого производства; и что методология поверхности отклика является многообещающим инструментом в

оптимизации производства этанола. Кроме того, скорлупа какао показала хороший потенциал для производства биогаза с кумулятивным выходом метана (Фисинин В.И., 2007; Fioresi F., 2017).

Чугунова О.В., и др. (2014) исследовали использование смесей отходов для энергетических целей в небольших устройствах для сжигания. Они оценили энергетическое использование твердых биотоплив (пшеничной и рапсовой соломы) и их смесей с подходящими добавками (какао лузги, бурый уголь и угольный шлам). Результаты термоэмиссионных измерений показывают, что все образцы соответствуют требованиям Директивы № 13-2006 для монооксида углерода, но средние концентрации выбросов оксидов азота превышают предельные значения выбросов. Это происходит из-за высокой температуры в камере сгорания и увеличения коэффициента избытка воздуха.

В Akinfala E.O., et al. (2002) с использованием одношнекового экструдера были получены биоволокна на основе отходов скорлупы какао и биоразлагаемого поли ( $\epsilon$ -капролактона, они необходимы) (PCL). Используя эту простую и не содержащую растворителей технологию изготовления, однородно структурированные отходы какао-скорлупы могут быть получены очень воспроизводимым способом и использованы в 3D-печати различных объектов с потенциальным бытовым и биомедицинским применением.

Существует также исследование, которое показывает, что пигмент скорлупы какао имеет потенциальное применение в качестве натурального красителя для окрашивания тканей и в производстве УФ-защитной хлопчатобумажной ткани (Gotor-Fernández V., 2006).

Доля клетчатки в скорлупе какао зависит от того, обжарены они или нет. Сообщалось, что в обжаренных семенах и скорлупе образование соединений Майяра увеличивает содержание клетчатки. Оптимальная методика экстракции пектинов была предложена Hasan F., et al., (2013) они рекомендовали горячую кислотную экстракцию с точки зрения выхода экстракции, с рН 2,5 и временем экстракции 1 ч. Другое исследование

показывает, что самый высокий выход пектина (7,62%) был получен при использовании лимонной кислоты при pH 2,5 [1:25 (мас.)] при 95 °C в течение 3 ч. Самое высокое содержание уроновой кислоты (65,20%) в пектине было получено при использовании воды [1:25 (вт/в)] при 95 °C в течение 3 ч ().

Khanahmadi S., et al., (2015) сообщили значение 50% для общего количества пищевых волокон, в то время как Бонвехи и Бенерия определили, что общее количество пищевых волокон составляет 57%. В каждой из этих работ сообщалось, что основными составляющими нерастворимого волокна являются глюкоза и уроновая кислота с меньшим количеством галактозы, арабинозы, ксилозы и маннозы. Эти сахара указывают на то, что полисахариды клеточной стенки в какаоелле являются преимущественно целлюлозой, с меньшим количеством пектина и гемицеллюлозы также присутствует.

Redgwell R., et al. (2013) опубликовали, что общее содержание пищевых волокон составляло примерно 40%, что не так высоко, как в предыдущих отчетах. Xu D.Y., et al. (2011) обнаружили, что в 100 г скорлупы какао содержится 26,38 г лигнина, 24,24 г целлюлозы и 8,72 г гемицеллюлозы.

Хотя диета, богатая клетчаткой, рекомендуется для профилактики и лечения запоров, эффективность пищевых добавок с клетчаткой не была проверена в достаточной степени. Исследование Kim K.H., et al. (2004) подтверждает благотворное влияние добавки какао-скорлупы, богатой пищевыми волокнами (39,6 г общей клетчатки и 13,6 г  $\beta$ -фруктозанов на 100 г продукта), на хронические идиопатические запоры у детей.

Скорлупа какао также потенциально влияет на высокий уровень холестерина. Это подтверждается Rangabhashiyam S., et. al. (2013) которые сообщили, что какао-продукт, полученный после ферментативной обработки скорлупы какао, богатый растворимыми пищевыми волокнами и с заметным количеством антиоксидантных полифенолов, вызывал замечательные гипохолестеринемические и гипотриглицеридемические реакции у крыс, получавших атерогенную диету. Он также снижает перекисное окисление

липидов, тем самым уменьшая ряд факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Также показано, что скорлупа какао оказывает питательное действие, уменьшая потребление пищи и увеличение массы тела. Другое исследование, которое показывает хороший потенциал растворимых пищевых волокон, представлено Serra J., et al. (1999) они экспериментировали на крысах, где дополняли свой рацион растворимым какао-волокном (SCF) (5%). Полученные результаты показывают, что СКФ может модулировать параметры, которые кажутся измененными при метаболическом синдроме, такие как масса тела, гликемия, инсулинемия, липиды и кровяное давление. Все эти результаты показывают, что разработка нового источника натуральных волокон из отходов шоколадной промышленности, таких как скорлупа какао, может предложить ценный и дешевый источник пищевых волокон и обеспечить широкое применение в пищевой промышленности.

Мульчу из шелухи какао можно использовать для подавления сорняков в многолетних плодовых культурах, садах, городских ландшафтах, а иногда и в овощных культурах в системах органического производства (Фицев А.И., 2003; Остроумов Л.А., 2007).

Османян А.К., и др. (2018) исследовали разницу между мульчей какао и мульчей коры в подавлении роста сорняков. Какао-мульча была более эффективной, потому что по сравнению с корой мульчи, более тонкий слой какао-мульчи был необходим, чтобы уменьшить процент зеленых пикселей на 50% или 90% по отношению к контрольным участкам.

Продуктивность сельского хозяйства во многих районах мира снижается в результате плохих природных условий и потери дополнительных питательных веществ, необходимых для роста растений. Andrade I.O., et al. (2010) исследовали сорбцию и десорбцию фосфата-Р, аммония-N и нитрата-N в биочарах какао лузги и кукурузного початка. Авторы подтвердили, что биочар может добавлять и медленно высвобождать необходимые питательные вещества в почву для улучшения сельскохозяйственных свойств, так как

используемые здесь биочары реального мира способны высвободить  $PO^{43}$ -P и слабо обмениваться  $NH^{4+}$ -N. ()).

Awolu O.O., et al. (2015) производили кукурузные снеки, обогащенные скорлупой какао. Они добавляли измельченные оболочки к кукурузной крупе в 5%, 10% и 15% d.m. и экструдировали в лабораторном одношнековом экструдере (рис. 3). Авторы пришли к выводу, что он может быть успешно использован в качестве питательного фортификационного средства. Plaza-Recobert M., et al. (2017) использовали муку из скорлупы какао для производства кексов и печенья.

Скорлупа какао также может быть использована в качестве сырья для производства экстрактов, богатых волокнами, полифенолами, антиоксидантами и т. д., которые затем могут быть использованы для дальнейших применений (Бухтиярова Т.И., 2007; Shad M.A., 2013).

Поскольку скорлупа какао содержит определенную долю фенольных компонентов, которые хранятся в семядолях семян какао, считается, что они мигрируют из семядолей какао-бобов в различных процессах производства шоколада, таких как ферментация, обжарка и подщелачивание. Это уменьшает количество полифенолов в какао-бобах и дает обогащенную полифенолами какао-скорлупу. Наиболее распространенными соединениями являются флаванолы: эпикатехин, катехин и процианидины. Существует несколько способов получения обогащенных полифенолами экстрактов из скорлупы какао. Как правило, более высокие выходы полифенолов ожидаются от неферментированных оболочек по сравнению с ферментированными, а также от обжаренных оболочек по сравнению с необжаренными оболочками (Stergiou P.Y., et al., 2013).

Большинство опубликованных работ связано с классической экстракцией скорлупы какао с использованием различных органических растворителей. Например, Yu C.Y., et al. (2013) сравнили пять различных методов экстракции какао лузги. В первом способе какао лузгу экстрагировали раствором метанол/вода (80:20) при 70 °C в течение 1 ч.

Вторую экстракцию проводили этанолом/подкисленной водой с HCl при pH 3 (30:70) в/в перемешиванием в течение 2 ч при комнатной температуре с последующей фильтрацией и экстракцией еще раз, но уже другим раствором (ацетон/вода, 70:30, в/в третью экстракцию проводили дважды дистиллированной водой, перемешивая при 70 °C в течение 1 ч. Четвертую экстракцию проводили метанолом/подкисленной водой, аналогично второму способу экстракции, а пятую-подкисленной водой, аналогично третьему способу экстракции. Экстракция метанолом/подкисленной водой показала самые высокие результаты по содержанию флавоноидов.

Как правило, традиционные методы экстракции очень трудоемки и требуют большого количества растворителей и нагрева, и в результате растет спрос на новые экологически чистые методы экстракции, которые дают лучшее качество экстракта и сокращают время экстракции и расход растворителя. Vriesmann L.C., et al. (2016) использовали импульсную экстракцию с помощью электрического поля для получения экстрактов с 20% более высоким извлечением полифенолов (с эпикатехином в качестве основного фенольного соединения) и метилксантинов, чем обычная экстракция. Sheldon R.A., et al. (2011) использовал интегрированные зеленые процессы, сочетающие сверхкритический CO<sub>2</sub> и жидкостную экстракцию под давлением с этанолом. Экстракты с наибольшим содержанием фенола были получены, когда скорлупу какао предварительно обезжиривали с использованием сверхкритического CO<sub>2</sub> при давлении 20 МПа и температуре 40 °C, а затем подвергали жидкостной экстракции под давлением при температуре 10 МПа и 70 °C. Сверхкритический CO<sub>2</sub> в качестве растворителя восстанавливает в основном липиды, аналогично соклету с гексаном, а содержание фенола увеличивается в обезжиренных образцах. Поэтому при сочетании этих двух экстракций образуется сверхкритический CO<sub>2</sub> и жидкостная экстракция под давлением, с этанолом, может быть перспективной технологией для получения двух важных фракций из какао

лузги, первых липидных обогащенных экстрактов из SC-CO<sub>2</sub> и фенольных богатых экстрактов с использованием жидкостной экстракции под давлением.

Есть несколько исследований, показывающих, что экстракты какао лузги, богатые полифенолами, могут быть использованы в уходе за полостью рта, потому что эти полифенолы проявляют антиглюкозилтрансферазную активность. В связи с этим было изучено влияние скорлупы какао на кариес индуцирующие свойства мутантных стрептококков *in vitro*, а также на экспериментальный кариес зубов у специфических патогенных крыс, инфицированных мутантными стрептококками. Полученные результаты свидетельствуют о том, что экстракт скорлупы какао обладает мощным антикариогенным потенциалом. Osawa K. et al. (2011) выделяют кариостатические вещества из какао лузги; полифенольные соединения с более высокой молекулярной массой; и ненасыщенные свободные жирные кислоты, такие как олеиновая и линолевая кислоты. Полифенольные соединения с высокой молекулярной массой проявляли антиглюкозилтрансферазную активность (ГТФ), а ненасыщенные свободные жирные кислоты проявляли антибактериальную активность против *S. mutans*.

Firatligil-Durmus E., et al. (2010) запатентовали процесс производства ингибиторов глюкозилтрансферазы из скорлупы какао. Той же группой авторов найдены оптимальные условия для восстановления какао снаряды с высокой анти-ГПЗ активности, а также высокой полифенол содержащего определяли в экстрактах, полученных с 50% водным ацетоном раствора при 60 °C в течение 4 ч, с последующим фракционированием с 50% - ный водный раствор этанола с использованием Стирола на основе смолы.

Aravindan R., et al. (2007) исследовали ингибирующее действие экстракта скорлупы какао на образование зубного налета *in vitro* и *in vivo*. Они показали, что скорлупа какао значительно снижает адгезию *Streptococcus mutans* к покрытому слюной гидроксиапатиту, образование искусственных зубных бляшек *S. mutans* количество *S. mutans*. в бляшке *in vitro*. Кроме того, при использовании в качестве ополаскивателя для рта экстракт значительно

ингибировал отложения зубного налета на поверхности зубов человека. Авторы пришли к выводу, что какао-скорлупа может быть полезна для контроля образования зубного налета и последующего развития кариеса у человека.

Данные Штеле А.Л. и др. (2015) показывают, что полифенолы какао могут ингибировать образование биопленок и выработку кислот *S. mutans*. Хамелин К. и др. (2016) сравнили антимикробную эффективность хлоргексидина и экстракта какао-скорлупы для полоскания рта у детей. Наблюдалось значительное снижение количества мутантов *Streptococcus mutans* в слюне на всех интервалах наблюдения для обеих групп полоскания рта, но не было существенной разницы в снижении количества мутантов *Streptococcus mutans*. количество в слюне между группой полоскания рта хлоргексидином и группой полоскания рта экстрактом какао-скорлупы. Следовательно, можно сделать вывод, что ополаскиватель для рта экстрактом скорлупы какао может быть использован у детей в качестве альтернативы ополаскивателю для рта хлоргексидином, так как он обладает сходными антимикробными свойствами и избегает побочных эффектов последнего.

Adamafo N.A., et al. (2013) исследовали, могут ли флавоноиды какао-скорлупы ингибировать цитопатические эффекты вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) в культуре клеток. Они показали, что пигмент какао-скорлупы ингибирует репликацию ВИЧ в двух различных системах анализа, но активность пигмента какао-скорлупы была выражена максимально, когда пигмент какао-скорлупы добавлялся одновременно с адсорбцией вируса. Пигмент скорлупы какао устойчив к рН и теплу и не токсичен после перорального приема, что является причиной его лекарственного потенциала, особенно в качестве противовирусного препарата.

При переработке какао - бобов, в стадии ферментации, метилксантины мигрируют из боба в скорлупу. Теобромин - самый распространенный метилксантин в скорлупе какао, за ним следуют кофеин и теofilлин. Теобромин – это белый порошок, резкий и не имеющий запаха компонент,

который может быть стимулятором в умеренных количествах, в то время как в больших количествах он может быть ядовитым. Он характеризуется важными фармакологическими функциями, такими как противоопухолевые, мочегонные, гладкомышечные релаксанты и сердечные стимуляторы (Nunes L.R., 2014). Теобромин придает горечь какао и шоколадным изделиям. Теобромин также обладает некоторыми антиоксидантными свойствами (Фицев А.И., 2005).

Басова Е.А., и др. (2017) сообщили о содержании 13 г/кг теобромина в высушенной скорлупе какао. Согласно большинству исследований, теофиллин обнаруживается в таких низких концентрациях, что его присутствие можно игнорировать.

Использование скорлупы какао в качестве корма для животных стало сомнительным из-за высокого содержания теобромина. Этот компонент может оказывать вредное воздействие на животных, если употреблять его в больших количествах, как описано ранее в тексте. Теобромин может быть удален из скорлупы какао экстракционными методами, такими как сверхкритическая экстракция  $\text{CO}_2$ . С помощью сверхкритического  $\text{CO}_2$  можно полностью удалить теобромин из оболочек и получить экстракты, богатые этим компонентом. Обработка горячей водой также доказала свою способность снижать содержание теобромина (Буряков Н.П., 2018).

Barbosa O., et al. (2014) запатентовали производство двух различных экстрактов из какао лузги; теоброминовой фракции и полифенольной обогащенной фракции. Обезжиренные какао лузги можно экстрагировать раствором ацетона/воды, после чего ацетон нужно отделить, оставив только водный раствор. Затем материал концентрируется с последующей гелевой фильтрацией. Теоброминовую фракцию можно промыть водой, после чего полифенольную фракцию можно промыть через колонку с низкомолекулярным растворителем.

При переработке сырья в шоколадной промышленности образуется определенное количество побочных продуктов, которые не обязательно

должны быть “отходами”, а побочным продуктом или ценным сырьем для разработки новых продуктов. Этот обзор показывает, что скорлупа какао представляет собой ценный побочный продукт пищевой промышленности. Какао - скорлупа является богатым источником пищевых волокон и белка, а также ценных биологически активных соединений (теобромин, кофеин, флавоноиды и др.), и благодаря своему составу они могут быть использованы для дальнейшего применения в качестве ингредиента в пищевой промышленности – или в других отраслях промышленности, таких как фармацевтическая, косметическая или сельскохозяйственная промышленность – с постоянным увеличением новых применений. Кроме того, извлечение какао лузги имеет высокую экономическую ценность, поскольку является дешевым сырьем для извлечения различных компонентов и может использоваться в качестве биотоплива. Однако безопасность скорлупы какао следует исследовать более тщательно, поскольку она обрабатывается различными пестицидами и может содержать тяжелые металлы и афлатоксины (Колодина Е.Н., 2018; Лебедев С.В., 2019).

Рост спроса на энергию во всем мире, рост цен на ископаемое топливо и сильная экологическая политика являются одними из причин роста индустрии древесных гранул. Однако есть и другое сырье, которое может быть уплотнено для производства энергии. Учитывая различные варианты, использование смешанных гранул из биомассы стало благоприятным вариантом, хотя необходимы дальнейшие исследования для улучшения механических свойств гранул. Это исследование направлено на определение влияния размера частиц на механические свойства гранул из опилок и угля, когда оболочка какао используется в качестве добавки. Раковины какао имеют состав, похожий на опилки, и меньше содержания серы и азота, чем уголь. Таким образом, использование этой добавки может уменьшить воздействие на окружающую среду при сжигании угольных гранул. Результаты показывают привлекательный потенциал для производства гранул с молотым какао, увеличение долговечности гранул уголь, смешанный с этим сырьем и

аналогичный выход среди гранул какао и опилок. Степень сжатия, прочность на сжатие и удар варьировались линейно с добавлением какао-оболочки (Нестеров Д.В., 2010; Колчина В.Л., 2014).

В результате этих преимуществ коммерциализация древесных гранул в последние годы выросла в геометрической прогрессии, увеличившись с 2 до 22,4 миллиона тонн в период с 2000 по 2012 год (REN21, 2013). Древесные гранулы в основном производятся из остатков лесной промышленности, тем не менее, быстрый рост спроса создает необходимость в поиске нового сырья для производства твердого биотоплива.

По данным Норбабаева С.Т. (2015), смешанные гранулы из биомассы (МБР) обладают высоким потенциалом в расширении использования биомассы для преобразования энергии, особенно в странах Центральной и Южной Европы. С исчерпанием остатков биомассы для производства древесных гранул (особенно опилок) производство МБР вызывает растущую озабоченность у разработчиков проектов и производителей биомассы.

Поэтому ряд авторов сосредоточились на анализе альтернативного сырья для производства окатышей, изучении их механических свойств и поведения в процессах термохимической конверсии. Недопёкина С.В., и др. (2018) обобщили результаты, полученные после использования древесно-кукурузных и древесно-хлопковых смесей. LHV для этих гранул находились в диапазоне от 14 до 15 MJkg<sup>-1</sup>.

Martínez-Cervera S. (2011) проанализировали поведение уплотнения кукурузного стовера и сорняков; они изучили влияние условий сжатия/уплотнения (размер частиц, содержание влаги и температура предварительного нагрева) на параметры модели. Mancini G., et al. (2016) охарактеризовали гранулы, изготовленные из твердых отходов производства масличных пальм. Они использовали пустую фруктовую гроздь масличной пальмы, листья масличной пальмы, скорлупу масличной пальмы и мезокарпию масличной пальмы; кроме того, они сообщили об адекватных условиях для производства гранул биомассы с использованием этих ресурсов.

Корнен Н.Н., и др. (2016) провели исследование с использованием гранул, изготовленных из отработанной кофейной гущи, смешанной с сосновыми опилками в котле. Результаты показали хорошую эффективность сгорания; кроме того, использование смешанных гранул может стать ценной альтернативой для замены чистых гранул из опилок.

Yadav A.S., et al. (2016) провели анализ состояния моделей сжигания смешанных гранул биомассы. Они подчеркнули возможность получения смешанного твердого топлива из биомассы с достаточной твердостью и механической прочностью, а также теплотворной способностью, близкой к теплотворной способности древесных гранул.

Шелуха стручков какао образует около 70% плодов какао; шелуха образуется после открытия стручка для удаления какао-бобов. Как правило, эти отходы не используются и рассматриваются как проблема удаления. Они остаются гнить на плантации какао, производя неприятные запахи и распространяя такие болезни, как черная гниль стручков (Беззубцева М.М., и др., 2021).

Были осуществлены проекты, направленные на создание альтернатив для увеличения стоимости этих остатков. Некоторые ученые проанализировали использование шелухи стручков какао в качестве катализаторов на зеленой твердой основе для переэтерификации масел, в качестве источника белков, пектинов или других полезных химических веществ и в качестве сырья для процесса уплотнения (Фёдоров М.В., 2004). Эта работа направлена на выявление влияния использования шелухи стручков какао в качестве добавки к опилкам и угольным гранулам, а также влияния размера частиц на механические свойства изготовленных гранул из смешанной биомассы.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Материалы и методы исследований

Исследования проводили в период с 2014-2020 год в отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» (с 22 декабря переименован в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» и экспериментально-биологической клиники ФГБОУ «Оренбургский государственный университет». Экспериментальная часть работы включала три эксперимента и один научно-хозяйственный. Лабораторные исследования выполнены в Центре коллективного пользования «Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Производственные испытания были проведены в ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» Оренбургской области. Объектами исследований были какао-велла и цыплята-бройлеры кросса «Арбор-Айкрес».

На первоначальном этапе было проведено лабораторное исследование «in vitro» с целью определения влияния химической обработки различными дозами NaOH на питательную ценность какао-лузги в условиях «in vitro» по схеме представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема первого лабораторного исследования «in vitro»

Объект исследования	Группа	Концентрация NaOH, г
Какао-лузга	I	15 г лузги без химической обработки
	II	какао-велла+30 г/кг NaOH г

	III	какао лузга+45 г NaOH г
	IV	какао лузга+60 г NaOH г

Первоначально NaOH растворяли в дистиллированной воде до определенной концентрации и вводили в отруби до достижения влажности 30 %. Химический состав какао лузги представлен в приложении 1.

Методика определения переваримости *in vitro* выполнялась по ГОСТ 24230-80. Навески измельченной воздушно-сухой какао лузги массой 0,5 г и исследуемые кормовые добавки соответствующих дозировок помещали в пробирки, предварительно высушенные до постоянной массы, заливали 50 см рубцовой жидкости с фосфатным буфером в соотношении 1:4, закрывали пробками и выдерживали в термостате при  $t=+39$  °С. После 3 и 6 часов надосадочную жидкость удаляли и промывали остаток дистиллированной водой, пробирки центрифугировали в течение 5 мин с частотой вращения 2500 об./мин и снова удаляли надосадочную жидкость. Пробирки с непереваренными остатками помещали в сушильный шкаф, высушивали при температуре  $+100\pm 5$  °С до постоянной массы.

Определение химического состава и питательную ценность какао лузги до и после химической обработки щёлочью проводилось путем оценки сырого протеина ГОСТ 13496.4-93, сырого жира ГОСТ 13496.15-97, сырой клетчатки ГОСТ 31675-2012, сырой золы ГОСТ 26226-95.

Для расчета ОЭ в кормах и рационах определяли содержание клетчатки, сырого протеина, крахмала, сахара и т.д. По разнице между сухим веществом и золой определяли органическое вещество корма (рациона), которое имеет усредненную энергетическую ценность 20 МДж на 1 кг. Вместе с тем в большинстве кормов и рационов минеральная часть составляет 7-10 %, поэтому заранее дать оценку валовой энергии усредненного корма (рациона) можно только с учетом содержания в нем сухого вещества. Для большинства кормов (рационов) валовая энергия (ВЭ) органических веществ составляет 18 МДж на 1 кг СВ.

$$OЭ = 17,48пП+31,23пЖ+13,85пК+14,78пБЭВ,$$

где OЭ - обменная энергия, МДж/кг; пП - переваримый протеин, г; пЖ - переваримый жир, г; пК - переваримая клетчатка, г; пБЭВ - переваримые безазотистые экстрактивные вещества, г.

Анализ проводился в Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации RA. RU.21ПФ59 от 02.12.15). Оборудование: баня водяная LOIP LB (г. Санкт-Петербург, Россия), анализатор микропланшетный Infinite PRO F200 (TECAN, Австрия), термостат ТС-1/80 СПУ (ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», Россия), центрифуга лабораторная медицинская ОПн-8 (п/я В-2331, Россия), сушильный шкаф ШС SUP-4 WAMED (Польша), весы (BM 153 (ООО «ОКБ Веста», Россия).

Во втором лабораторном исследовании проводилась оценка влияния экструзии на питательность и химический состав какао лузги «in vitro» (табл. 2).

Таблица 2 – Схема второго лабораторного исследования на искусственном рубце «in vitro»

Объект исследования	Группа	Виды обработки исследуемого субстрата
Какао лузга	I	нативном виде
	II	экструдированная
	III	обработанная NaOH-45 г/кг
	IV	обработанная NaOH-45 г/кг и экструдированная

Методика определения переваримости «in vitro» выполнялась по ГОСТ 24230-80. Переваримость сухого вещества кормов «in vitro» определяли по разности массы образца корма вместе с мешочком и после двухстадийной инкубации и высушивания до постоянной массы при температуре +60 °С.

Определение химического состава и питательную ценность какао лузги до и после химической обработки щёлочью проводилось путем оценки сырого протеина ГОСТ 13496.4-93, сырого жира ГОСТ 13496.15-97, сырой клетчатки ГОСТ 31675-2012, сырой золы ГОСТ 26226-95.

Далее были проведены экспериментальные исследования на цыплятах-бройлерах. На первом этапе исследований была проведена оценка различного процентного ввода какао лузги в рацион цыплят-бройлеров по следующей логической схеме (табл. 3).

Исследования были выполнены условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) Оренбургского государственного университета.

Таблица 3 – Схема первого эксперимента на цыплятах-бройлерах

Объект исследования	Группа	Период опыта, дней	
		подготовительный	учётный
		7-14	15-42
Цыплята-бройлеры кросса «Арбор-Айкрес»	контрольная	ОР	ОР
	I		ОР+2,5% какао лузга
	II		ОР+5% какао лузга
	III		ОР+7,5% какао лузга

Для проведения исследования из недельных цыплят-бройлеров, по принципу пар-аналогов было сформировано 4 группы (n=30), до 15-дневного возраста птица находилась на подготовительном периоде. Начиная с 15-дневного возраста, вся подопытная птица, была переведена на основной учетный период. Контрольная группа получала основной рацион, I, II и III опытные группы – основной рацион с заменой 2,5; 5,0 и 7,5% зерновой части (пшеница) на нативную лузгу какао, соответственно. Комбикорма, используемые для кормления подопытных цыплят-бройлеров, были составлены исходя из рекомендаций ВНИТИП. Стартовый комбикорм контрольной группы состоял из пшеницы полновесной – 31,1 %; жмыха подсолнечного 35,0 – 18,4 %; ячменя не шелушенного – 1,0 %; шрота соевого 40 – 20,0 %; рыбной муки 58 – 4,0 %; кукурузы – 16,3 %; масла растительного – 6,0 %; отрубей пшеничных – 1,0 %, известняка – 1,0 %, соли поваренной – 0,2 % и премикса – 1,0 %. Содержание в одном килограмме обменной энергии составило 13,2 МДж, сырого протеина – 222,1 г и сырой клетчатки – 47,8 г. В

одном килограмме опытных стартовых рационов содержалось 13,0-13,1 МДж обменной энергии, 223,0-224,0 г, протеина и 52,7-62,7 г сырой клетчатки.

Ростовая композиция контрольной группы формировалась из пшеницы полновесной – 18,2 %, жмыха подсолнечного 35,0 – 18,0 %, ячменя не шелушенного – 4,1 %, шрота соевого 40 – 7,5 %, рыбной муки 58 – 4,5 %, кукурузы – 40,0 %, масла растительного – 4,5 %, отрубей пшеничных – 1,0 %, известняка – 1,0 %, соли поваренной – 0,2 % и премикса – 1,0 %, и содержала в одном килограмме 13,5 МДж обменной энергии, 183,6 г сырого протеина и 42,2 г сырой клетчатки. В одном килограмме ростового комбикорма опытных групп содержалось 13,4-13,5 МДж обменной энергии, сырого протеина – 186,6 – 191,6 г и 46,0-53,6 г сырой клетчатки. Балансирование по витаминному, аминокислотному и минеральному составу осуществлялось с помощью премикса. Кормление опытной птицы проводилось 2 раза в сутки, учет поедаемых кормов – раз в сутки. Поение осуществлялось вволю. Микроклимат в помещении соответствовал требованиям промышленного птицеводства. Контроль над ростом и развитием особей осуществлялся путем взвешивания каждой головы, утром до кормления. Для определения переваримости, усвоения питательных веществ в возрастных периодах с 21 по 28 и с 35-42 дни были проведены балансовые опыты.

На основании установленного процентного ввода и положительного дозозависимого эффекта щелочной обработки отходов какао был проведен третий эксперимент по схеме, представленной в таблице 4.

Таблица 4 – Схема второго эксперимента на птице

Объект исследования	Группа	Период опыта, дней	
		подготовительный	учётный
		7-14	15-42
Цыплята-бройлеры кросса «Арбор-Айкрес»	контрольная	ОР	ОР
	I		ОР <sub>1</sub>
	II		ОР <sub>2</sub>
	III		ОР <sub>3</sub>

Примечание: ОР<sub>1</sub> - Какао лузга, в нативной форме, ОР<sub>2</sub> - какао лузга, после химической обработки NaOH 45 г/кг, ОР<sub>3</sub> - какао лузга, обработанная гидроксидом натрия 45 г/кг и прошедшая экструзивную обработку

Для проведения эксперимента было сформировано 4 группы 7-суточных цыплят: одна контрольная и 3 опытные по 30 голов в каждой группе, до 15-дневного возраста птица находилась на подготовительном периоде. Начиная с 15-дневного возраста, вся подопытная птица, была переведена на основной учетный период. Контрольная группа получала основной рацион, I – какао лузгу в нативной форме, II какао лузгу обработанную NaOH и III опытная группа – какао лузгу, обработанная гидроксидом натрия 45 г/кг и прошедшая экструзивную обработку. Комбикорма, используемые для кормления подопытных цыплят-бройлеров, были составлены исходя из рекомендаций ВНИТИП. Количество питательных веществ поступивших в организм цыплят рассчитывался по учёту ежесуточного потребления корма и химическому составу основного комбикорма. Среднюю пробу формировали после отделения её от гравия и пера. Средние образцы отбирались за сутки и при их перемешивании составляли среднюю пробу за неделю.

В опытный период ежедневно, в одно и то же время (утром и вечером), собирали помёт с последующим взвешиванием и растиранием в ступке. При каждом сборе в банку с притёртой крышкой набирали, приблизительно 7-10 % гомогенизированной массы помёта от общего объема. Фиксация азота помёта производилась 0,1н. раствором щавелевой кислоты из расчета: 4 мл – на 100 г помета. Количество добавленной щавелевой кислоты учитывали при расчете первоначальной влаги в помете.

Собранные порции помёта хранили при температуре 2-5 °С. После окончания опытного (учетного) периода, для определения первоначальной влаги, отбирали пробы помета, которые высушивали при температуре 60-70°С. Полученную воздушно-сухую массу тщательно размалывали, помещали в банку с притёртой пробкой.

Физиологические исследования проводились по общепринятой методике (Овсянников А.И., 1976; Томмэ М.Ф., 1949).

Переваримость питательных веществ изучалась в ходе балансовых опытов, по методикам ВНИТИПа (В.И. Фисинин, 2010). Сбор, взвешивание помета и формирование средней пробы проводилось ежедневно в одно и то же время. Формирование средней пробы включало отделение от помета пера, гомогенизацию и отбора в количестве 10 % от общей массы экскрементов. Фиксацию аммиака осуществляли 0,1 н раствором щавелевой кислоты (4 мл на 100 г помета). По завершению балансового опыта отбирали 10 % от общей массы и высушивали при температуре 60-70 °С и хранили в емкости с притертой крышкой. По данным ежесуточного учета массы помета и его состава рассчитывалась потеря веществ, за вычетом которых находилось усвоенное количество корма.

После проведения балансовых опытов и выполнения анализов установлен баланс отдельных питательных веществ в организме и их переваримость. Для этого определяли фактическое среднесуточное потребление питательных веществ корма и выделение их с помётом в расчете на одну голову.

После окончания учетного периода, при оценке переваримости корма и формировании баланса веществ, учитывали количество питательных веществ в остатках несъеденного корма. Как правило, содержание питательных веществ в остатках корма не соответствовало их содержанию в заданном корме, поэтому производили лабораторный анализ остатков корма.

Подготовка корма к скармливанию осуществлялась путем барогидротермической обработки на экструдере ЭТР-500/30-КО, производительностью 45 кг/ч, с частотой вращения шнека  $n=160$  об/мин. В процессе экструдирования создается давление 10 мПа и температура не выше 120 °С при влажности готовой смеси 30% (Холодилина Т.Н., 2006; Дроздова Е.А. 2007).

Для проведения ультразвуковой обработки использовали лабораторную ультразвуковую установку И100-6/1 мощностью 700 Вт с рабочей частотой  $22\pm 10$  % кГц и амплитудой ультразвуковых колебаний торце ультразвукового

преобразователя 40 мкм. Кавитация продолжалась в течение 15 минут при частоте 22 кГц.

Биохимический и морфологический анализ крови. Для оценки биохимических и морфологических показателей забор крови у птиц осуществлялся утром на 21 и 42-суточном возрасте из подкрыльцовой вены. Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, (URIT Medial Electronic Co., Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). Определяли морфологические показатели: эритроциты, концентрация гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроците (МСН), тромбоциты, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты, гематокрит. Биохимические параметры: определение общего белка, альбумина, креатинина, креатинкиназы, мочевины, билирубина (общего, прямого), щелочной фосфатазы, холестерина, глюкозы, триглицеридов, железа, магния, кальция, фосфора проводилось спектрофотометрическим методом на Stat fax 1904 Plus.

Элементный анализ проводили методами атомно-эмиссионной спектрометрии (Optima 2000 V, «Per556 kin Elmer», США) и масс-спектрометрии (Elan 9000, «Perkin Elmer», США) согласно рекомендациям производителя.

Минеральные анализы были определены с использованием методов АОАС (2005) с незначительными изменениями. Около 0,5 г образца взвешивали в мензурке объемом 250 мл. Добавляли 25 мл концентрированной азотной кислоты и мензурку накрывали часовым стеклом. Образец переваривали с большой осторожностью на горячей плите в дымовой камере до тех пор, пока раствор не становился бледно-желтым. Раствор охлаждают и 1 мл хлорной кислоты (70%  $\text{HClO}_4$ ) добавлено. Переваривание продолжалось до тех пор, пока раствор не становился бесцветным или почти бесцветным

(оценка густых белых испарений считалась показателем удаления азотной кислоты). Когда переваривание было завершено, раствор слегка охлаждали и добавляли 30 мл дистиллированной воды. Смесь доводили до кипения около 10 мин и горячим способом фильтровали в мерную колбу объемом 100 мл с использованием фильтровальной бумаги Whatman № 4. Затем раствор доводили до метки дистиллированной водой.

Скорость накопления химических элементов рассчитывалась исходя из анализов содержания элементов в корме и теле цыплят-бройлеров по формуле:

$$(\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_n) / ((M_k + M_n) / 2 * W^{0,75}) / K_c,$$

где:  $\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_n$  – содержание химических элементов в теле в начале и в конце эксперимента, мг/гол;  $M_k + M_n$  – живая масса в конце и начале эксперимента соответственно, кг;  $K_c$  – количество суток эксперимента;  $W^{0,75}$  - коэффициент перевода в живую массу.

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  $p \leq 0,05$ . Все сравнения проводили как отношение с результатами контрольной группы.

## **2.2 Результаты I лабораторного исследования «in vitro»**

### **2.2.1 Определение оптимальной дозировки щелочи при обработке какао лузги**

В настоящее время практический интерес представляет разработка технологий для удешевления стоимости корма для животных и птицы. Применение в птицеводстве какао лузги как отхода пищевого производства, может заменить по своим питательным свойствам пшеничные отруби. К числу

таковых относится лузга какао бобов (какао лузга), которая по своей питательности не уступает пшеничным отрубям (рис. 1,2).

Результаты анализа показали, что сырого протеина какао лузга содержит 16,23 %, что сопоставимо с показателями отрубей. Содержание сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ в лузге какао – 21,5 и 38,6 % против 7,3 и 60,1 % соответственно, в отрубях, снижает её питательную ценность, по сравнению с последними. Однако к положительным характеристикам какао лузги можно отнести её насыщенность макро и микроэлементами.

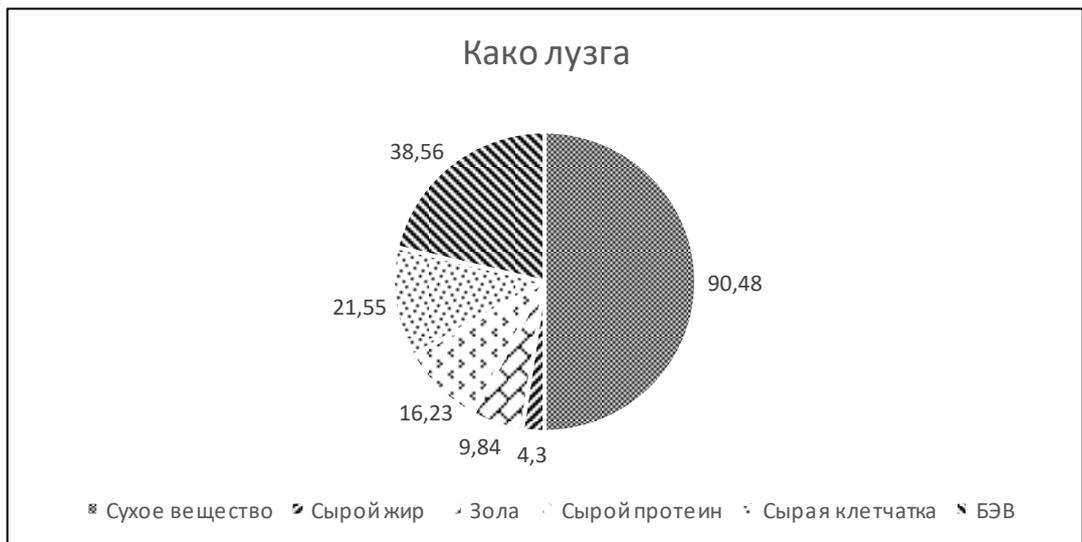


Рисунок 1 – Питательная ценность какао лузги, %



Рисунок 2 – Показатель питательности пшеничных отрубей, %

При этом возникает ряд вопросов связанных с использованием отходов кондитерского производства на корм скоту и птицы, которые связаны с наличием большого количества трудно усвояемых углеводов (лигнинцеллюлозным комплексом), что, в свою очередь снижает степень усвоения питательных веществ.

Физическим барьером, который не дает ферментам пищеварительных соков действовать на перевариваемую целлюлозу является лигнификация. Только разрушение связи лигнин-целлюлоза может увеличить питательные свойства какао лузги. Этот эффект можно достигнуть с помощью химических реагентов, которые не будут оказывать вреда здоровью цыплят.

Обработка какао лузги щелочью различной концентрации частично разрушает жесткую поверхность лузги, она набухает, становится мягкой, исходный химический состав изменяется. С увеличением количества вводимой щелочи происходит заметное снижение содержания клетчатки, по сравнению с исходным продуктом с 21,5 до 10,5%, при этом возрастает количество протеина с 16,2 до 18,7% и безазотистого экстрактивного вещества с 38,6 до 48,5% в лузге обработанной щелочью в количестве 60 г/кг, по сравнению с исходным продуктом. На содержание золы, сырого жира и органического вещества обработка не оказала существенного влияния (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание питательных веществ в сухом веществе лузги, обработанной различным количеством NaOH с отлежкой в течение 24 часов

Образец	Содержание в %						
	Сухое вещество	Сырой жир	Зола	Сырой протеин	Сырая клетчатка	БЭВ	Органическое вещество
I	90,5±5,21	4,30±0,23	9,84±0,89	16,23±1,05	21,5±2,02	38,6±2,09	80,6±3,09
II	90,9±4,98 *	3,25±0,12	9,78±0,56	18,44±1,36	12,5±1,98 *	46,9±2,36	81,1±2,97*
III	90,4±5,62	3,02±0,15	9,26±0,67	18,96±1,02	10,8±1,52	48,3±2,87	81,1±3,23
IV	90,7±4,74	3,54±0,19	9,36±0,98	18,71±1,32	10,5±1,32	48,5±2,54	81,3±3,06*

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

После обработки щелочью изменяется не только химический состав, но и переваримость какао лузги (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние химической обработки на химический состав лузги какао «in vitro»

Образец	Содержание в %						
	Сухое вещество	Сырой жир	Зола	Сырой протеин	Сырая клетчатка	БЭВ	Органическое вещество
I	21,3±3,4	13,9±1,5	14,4±2,3	16,6±1,7	16,1±1,8	20,6±1,8	25,2±1,4
II	41,1±5,1	25,4±3,2	17,9±2,1*	38,7±5,1	30,2±4,1	44,6±5,2	48,3±5,1
III	58,9±6,2	37,5±4,3	20,9±3,1	56,4±6,2	44,6±4,5	66,7±7,2	60,3±7,4
IV	59,7±6,0*	43,5±5,1	21,8±1,6	57,9±4,5*	44,8±4,8	67,9±7,5	61,6±6,3*

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

По результатам «in vitro» было установлено, что количество сухого вещества исходного субстрата составляет 21,3%, при обработке гидроксидом натрия в количестве 30 г/кг – до 41,1 %, 45 и 60 г/кг – до 58,9 и 59,7 % соответственно (рис. 3), то есть переваримость сухого вещества увеличилась на 93 – 180 % после проведения химической обработки, в зависимости от концентрации щелочи.

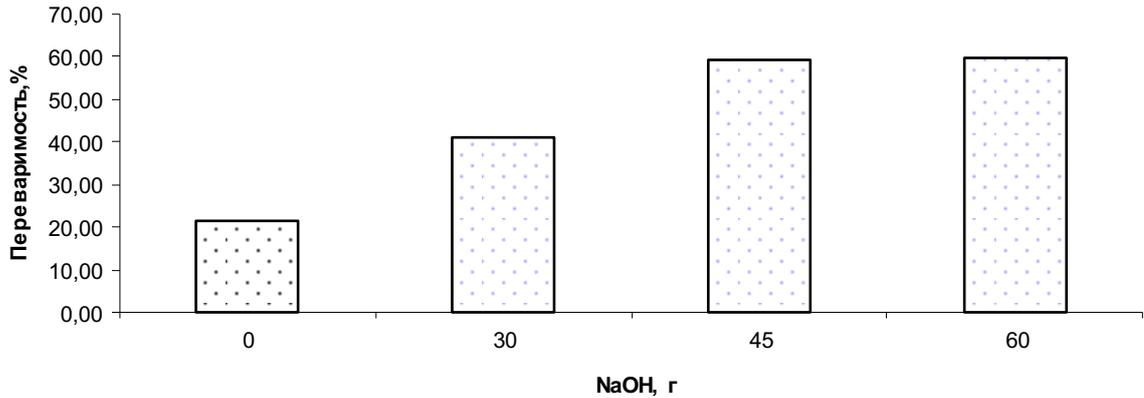


Рисунок 3 – Влияние химической обработки на содержание сухого вещества «in vitro»

Химическая обработка какао лузги также способствовала повышению переваримости сырого жира с 13,98 % в нативной лузге до 43,55 % в образце, обработанном гидроксидом натрия в количестве 60 г/кг (рис. 4).

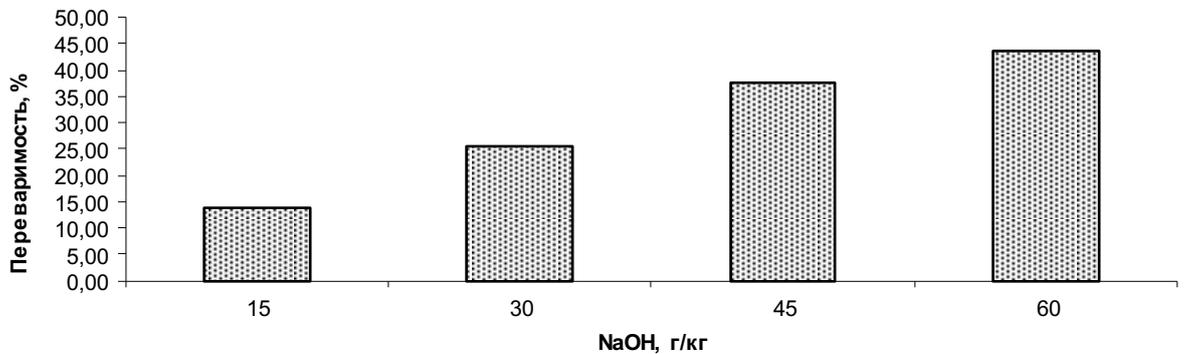


Рисунок 4 – Влияние химической обработки на содержание сырого жира «in vitro»

Обработка какао лузги гидроксидом натрия также способствовала степени доступности минеральных веществ, содержащихся в продукте, что выразилось в повышении переваримости зольного остатка с 14,42 до 21,87 % (рис. 5)

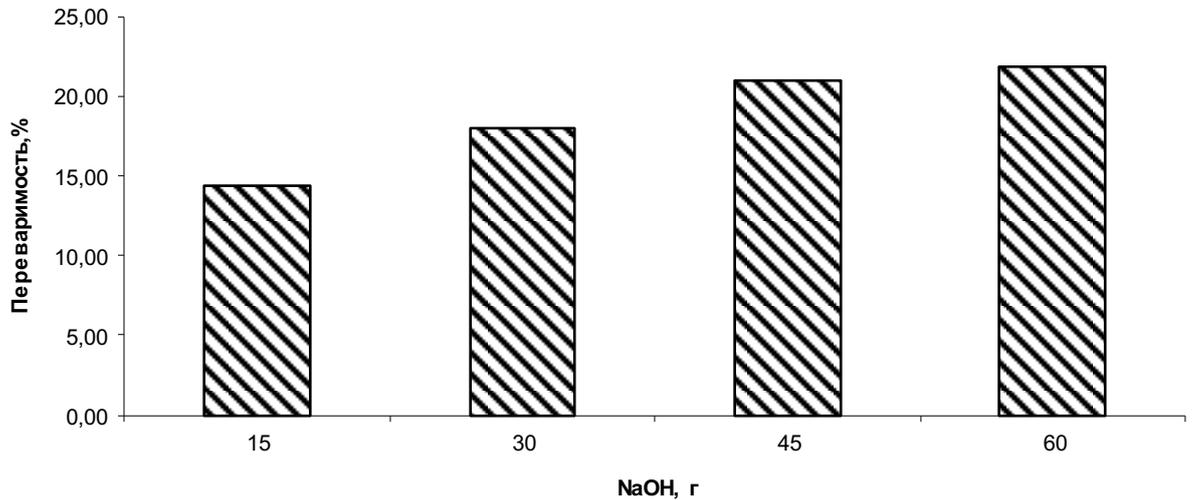


Рисунок 5 – Влияние химической обработки на зольный остаток «in vitro»

Обработка щелочью различной концентрации лужги какао приводило к частичному разрушению жестких поверхностей лужги, что сопровождалось повышением доступности протеина и как следствие повышением его переваримости с 16,62 – в исходном образце до 57,92 % – в испытуемых, при этом эффект от в водимой щелочи в количестве 45 г/кг и 60 г/кг был одинаковым (рис. 6).

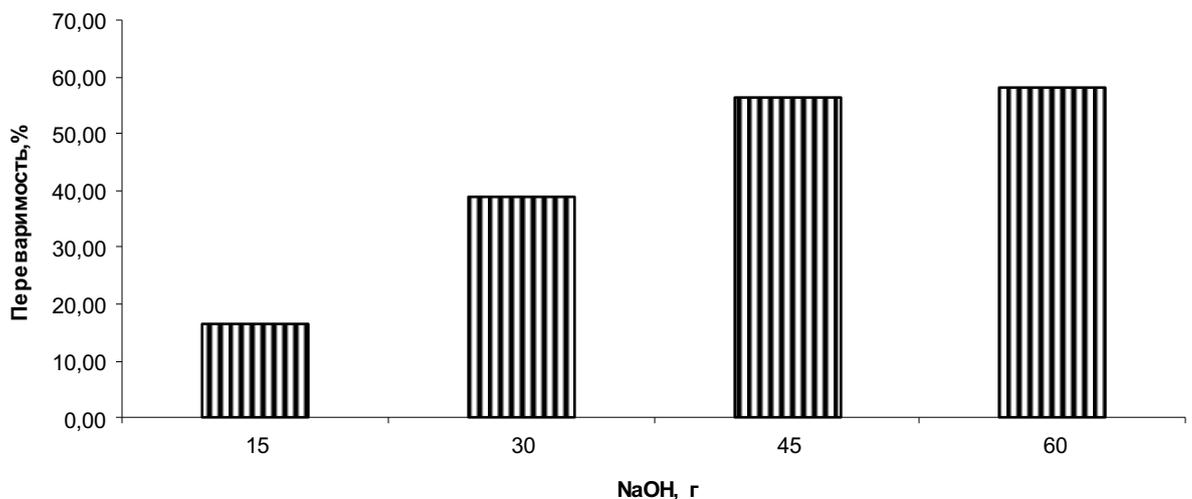


Рисунок 6 – Влияние химической обработки на количество сырого протеина «in vitro»

Частичное разрушение лигнина-целлюлозных комплексов, возникающее в результате экспозиции какао лузги с щелочью, приводило к доступности клетчатки для воздействия ферментов пищеварительных соков, как результат повышение переваримости сырой клетчатки с 16,88 % в нативной лузге до 44,35 % в обработанной гидроксидом натрия (рис. 7).

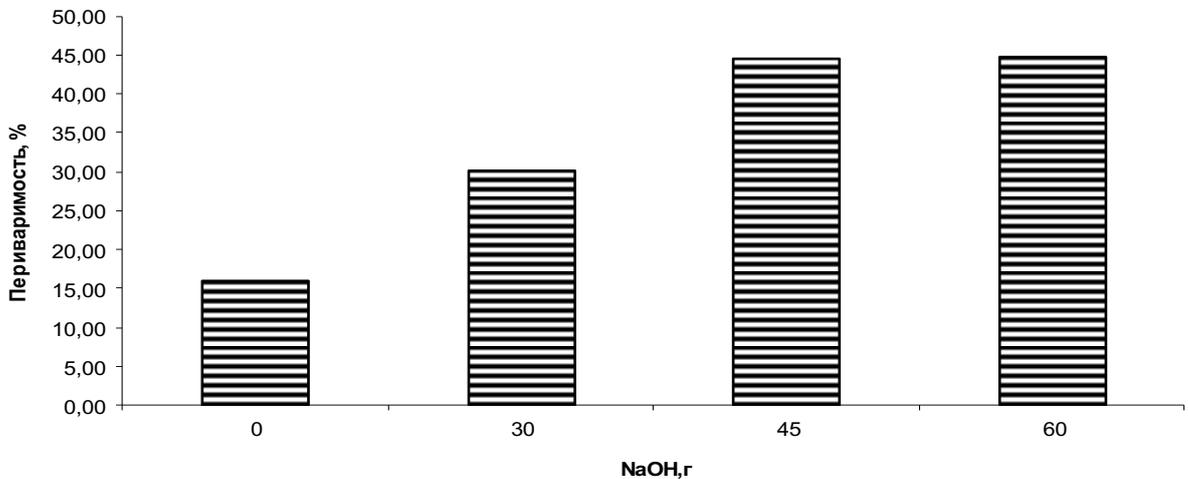


Рисунок 7 – Влияние химической обработки на содержание сырой клетчатки «in vitro»

Повышение переваримости трудно усвояемых углеводов способствовало доступности безазотистых экстрактивных веществ с 20,61 % – в исходном образце до 67,95 % в опытных образцах.

Суммарное повышение всех питательных веществ какао лузги после обработки щелочью повлияло на переваримость органического вещества, увеличив его с 18,24 до 61,59 % (рис. 8,9).

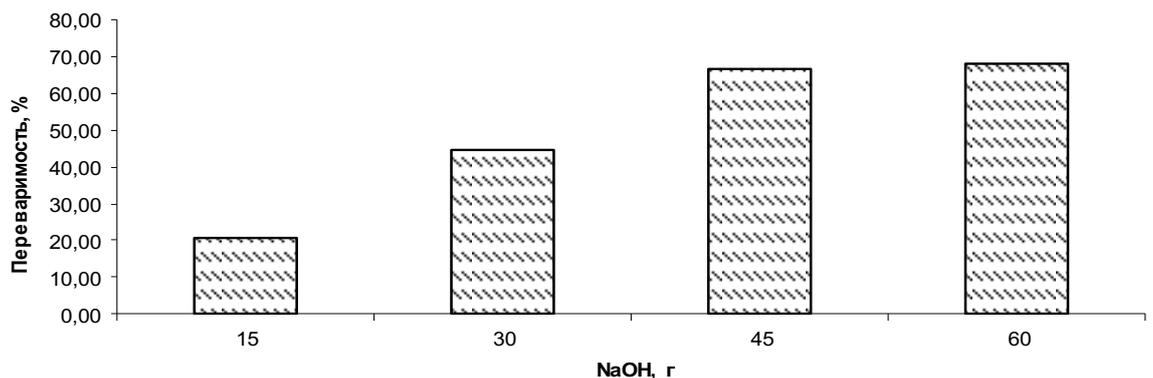


Рисунок 8 – Влияние химической обработки на БЭВ «in vitro»

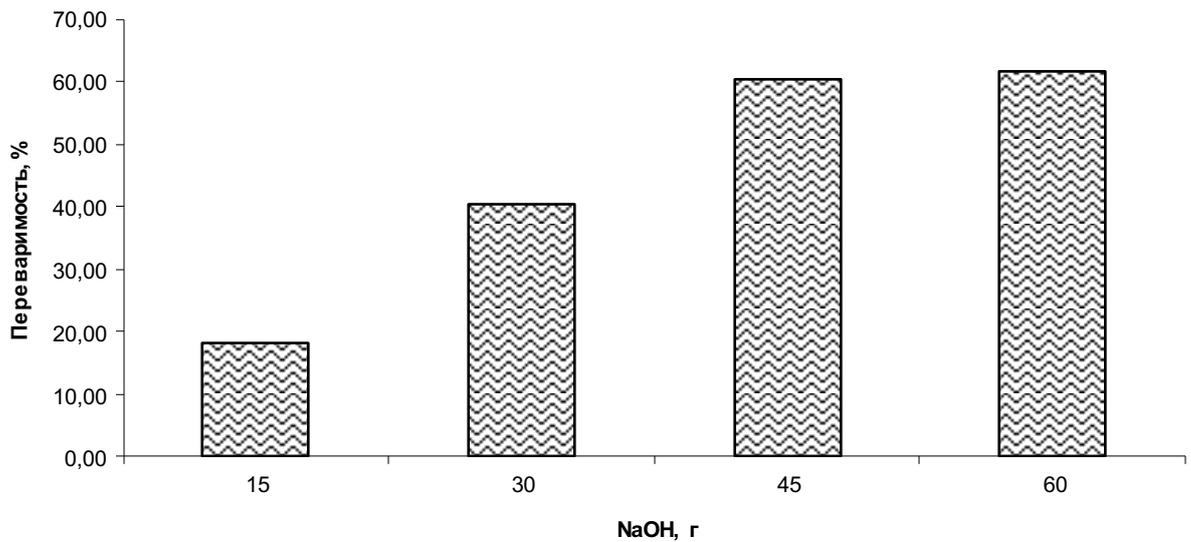


Рисунок 9 – Влияние химической обработки на содержание органического вещества «in vitro»

Таким образом обработка щелочью лужги какао повышало доступность питательных веществ какао лужги для пищеварительных соков. При этом обработка гидроксидом натрия в количестве 45 г/кг приводила к аналогичному эффекту, что и при 60 г/кг.

Содержание обменной энергии также изменилось с увеличением концентрации щелочи (табл. 7).

Таблица 7 – Воздействие щелочного раствора на изменение содержания энергии

Образец	Содержание в 1 кг сухого вещества		
	Валовая энергия, МДж	Обменная энергия, МДж	Переваримый протеин, г
I	18,40±1,13	10,07±0,96	0,129±0,03
II	18,05±1,07	11,27±0,85	0,149±0,08
III	18,09±1,22	11,54±0,98	0,156±0,04*

IV	18,17±1,09*	11,64±0,74	0,152±0,07
----	-------------	------------	------------

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Так обменная энергия увеличилась с 10,07 МДж - в исходном продукте до 11,64 - МДж при обработке щелочью дозой 60 г/кг. А в образце, обработанном щелочью в количестве 45 г/кг, через 24 часа содержание обменной энергия увеличилось до 11,54 МДж.

Наряду с повышением обменной энергии произошло увеличения переваримого протеина: с 149 г/кг в необработанном образце, до 156 г/кг – в образце, обработанном щелочью (45 г/кг).

## 2.3. Результаты II лабораторного исследования «in vitro»

### 2.3.1 Оценка влияния экструзии на питательность и химический состав какао лузги

Задача по повышению переваримости и усвояемости кормовых смесей, содержащих немалое количество труднопереваримых компонентов, таких как какао лузга, можно решить путем гидробаротермической обработки в прессах-экструдерах.

Экструзия применяется для изменения углеводного комплекса, чтобы перевести части крахмала в усвояемую форму для птицы – это декстрины и простые сахара.

Процесс экструдирования используется для направленного изменения свойств углеводного комплекса (перевод части крахмала в более усвояемую форму – декстрины, простые сахара). Проводят экструзию при температуре 105-120 °С.

Выбор концентрации щелочи для обработки какао лузги перед экструзией был обусловлен, аналогичным влиянием обработки гидроксидом натрия в дозе 45 и 60 г/кг и во-вторых, как было установлено в исследованиях Холодилиной Т.Н. (2006), введение щёлочи до 40 г/кг увеличивает энергоёмкость процесса прессования.

Экструдирование лужги какао снизило содержание клетчатки с 21,55% до 14,55%, что на 3,7% было меньше чем в какао лужге подвергнутой обработке щелочью (табл. 8).

Таблица 8 – Содержание питательных веществ в сухом веществе лужги какао, после различной обработки

Образец	Содержание в %					
	Сухое вещество	Сырой жир	Зола	Сырой протеин	Сырая клетчатка	БЭВ
I	90,5±8,63	4,30±0,26	9,84±0,55	16,2±1,08	21,5±1,14	38,6±2,02
II	90,5±7,98	3,45±0,21*	9,68±0,62	17,3±1,22	14,5±0,96	45,6±2,65
III	90,4±9,45	3,02±0,24	9,26±0,41	18,9±1,07*	10,8±0,85	48,3±3,01
IV	90,7±7,89*	3,44±0,18	9,56±0,32	18,9±1,02	8,5±0,32*	50,2±3,28

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

При этом последующее экструдирование предварительно обработанной гидроксидом натрия лужги какао, привело к снижению сырой клетчатки с 10,85% до 8,55%. Все виды обработки способствовали незначительному повышению содержание протеина. Какао лужга не оказала влияния на содержание органического вещества, золы и сырого жира.

В своих исследованиях мы применили совместно экструзионную и химическую обработку, что позволило изменить количество трудноусвояемых углеводов, и привело к повышению питательной ценности какао лужги, что выразалось в повышении переваримости сухого вещества с 21,3 % до 67,81% (табл. 9, рис. 10).

Таблица 9 – Влияние вида обработки на переваримость питательных веществ лужги какао «in vitro»

Образец	Содержание в %					
	Сухое вещество	Сырой жир	Зола	Сырой протеин	Сырая клетчатка	БЭВ

I	21,3±1,02	13,9±0,23	14,4±1,03	16,6±0,89	16,1±0,54	20,6±0,98
II	31,3±1,32	14,0±0,56	16,1±1,12	19,5±0,32	15,6±0,89	41,9±2,08
III	58,9±2,08	37,5±1,08	20,9±2,02	56,5±1,08	44,6±1,36	66,7±2,54
IV	67,8±3,01*	55,5±2,05*	39,4±2,14*	68,6±2,32	49,4±1,52	74,5±3,02

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

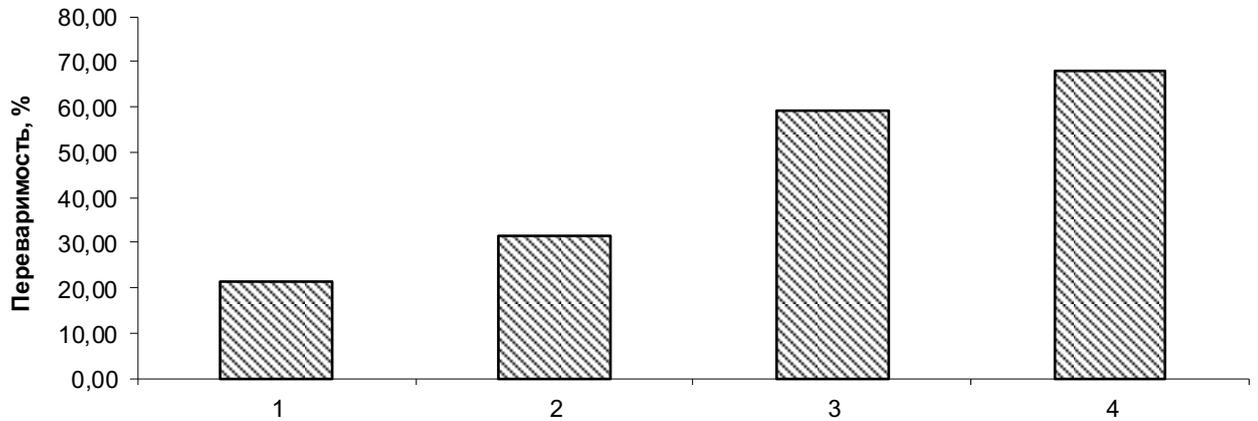


Рисунок 10 – Влияние обработки на переваримость сухого вещества «in vitro»

Разная обработка неоднозначно повлияли на переваримость сырого жира (рис. 11).

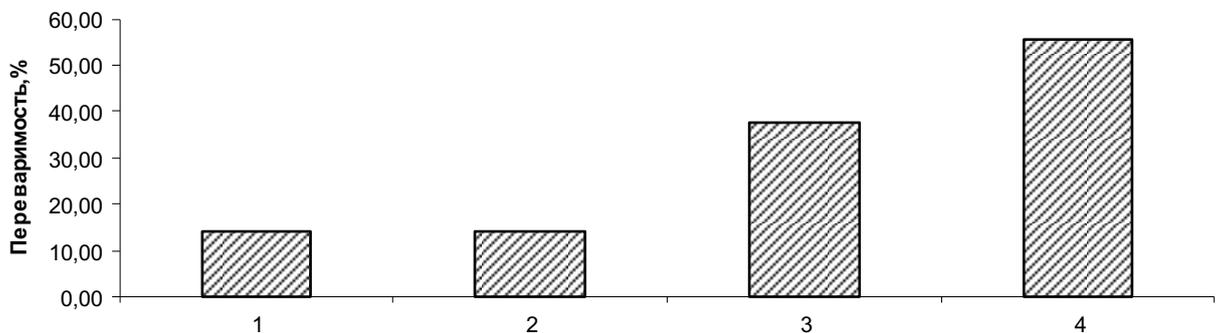


Рисунок 11 – Влияние обработки на переваримость сырого жира «in vitro»

Так, экструзия какао лузги не оказала никакого влияния на переваримость сырого жира, химическая обработка способствовала

повышению переваримости с 13,9 до 47,5 % в образце, а экструзия после химической обработки до 55,46 % или на 8,0 %.

По результатам «in vitro» было установлено, что на доступность химических элементов наиболее благотворно повлияла экструзия изучаемого сырья после предварительной обработки гидроксидом натрия (рис 12). В результате чего переваримость сырой золы увеличилась с 14,42 до 39,36 %.

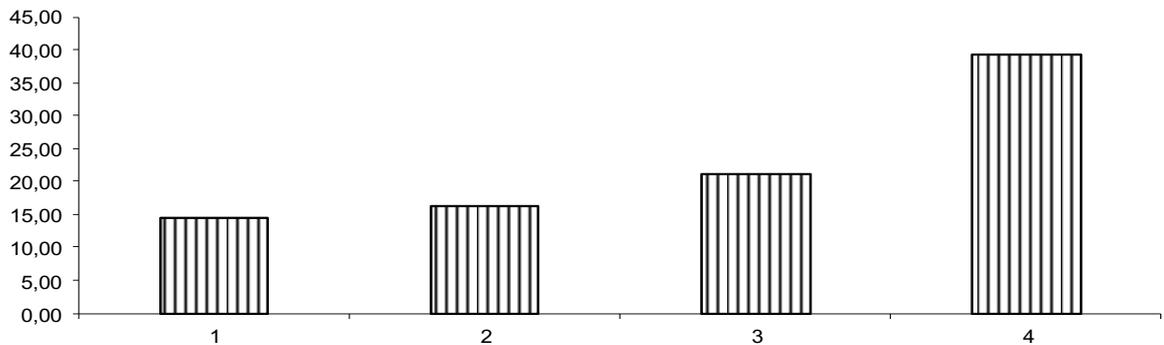


Рисунок 12 – Влияние обработки на переваримость зольного остатка «in vitro»

Экструзия какао лузги после обработки щелочью приводила к более глубокому разрушению жестких поверхностей лузги, по сравнению с образцом, подвергнутым только химической обработке. Как следствие, происходило повышение переваримости сырой клетчатки с 44,59 % до 49,40 % (рис. 13).

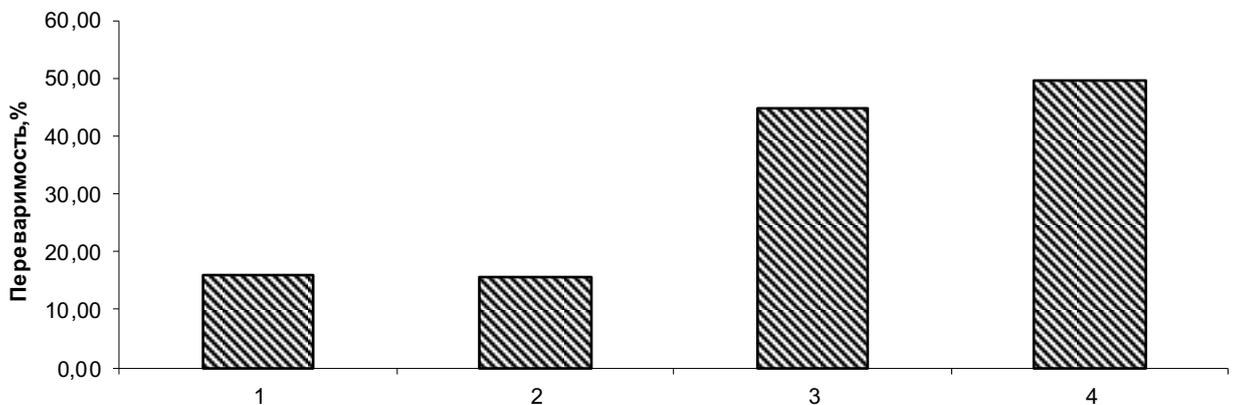


Рисунок 13 – Влияние обработки на переваримость сырой клетчатки «in vitro»

Повышение переваримости сырой клетчатки способствовало увеличению доступности сырого протеина какао лузги, при этом наибольший показатель был установлен для образца № 4 – 49,4 % (лузга обработанная NaOH (45 г/кг) и экструдированная) (рис. 14).

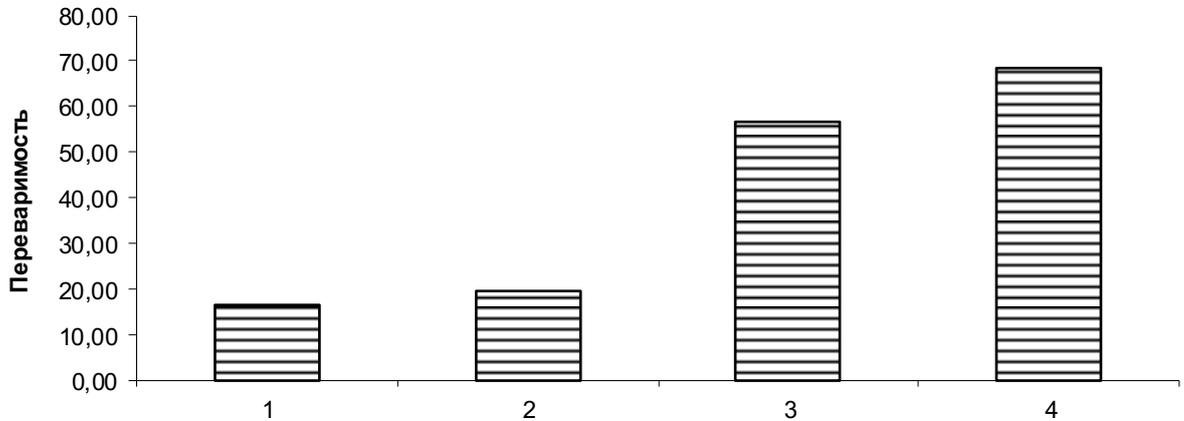


Рисунок 14 – Влияние обработки на переваримость сырого протеина «in vitro»

Более глубокое разрушение клеточных оболочек под воздействием температуры и давления (рис.15).

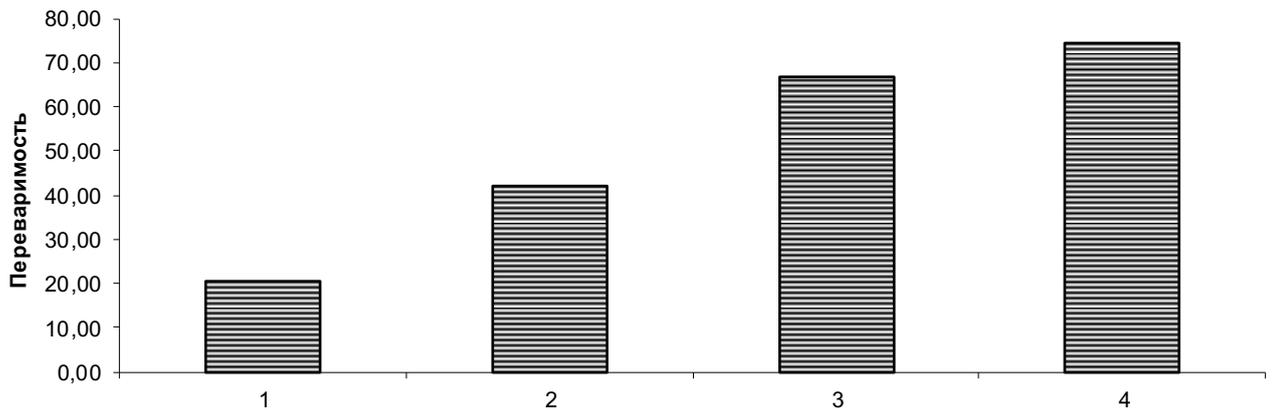


Рисунок 15 – Влияние обработки на переваримость безазотистых экстрактивных веществ «in vitro»

После предварительной обработки гидроксидом натрия увеличило переваримость безазотистых экстрактивных веществ по сравнению с образцом, подвергнутым только химическому воздействию на 7,75 %.

Содержание обменной энергии доступной для обмена также возрастала под воздействием обработки (табл. 10).

Таблица 10 – Воздействия видов обработки на изменение содержания энергии

Образец	Содержание в 1 кг сухого вещества		
	Валовая энергия, МДж	Обменная энергия, МДж	Переваримый протеин
I	18,4±0,25	10,07±0,55	0,129±0,06
II	18,1±0,32	10,98±0,64	0,149±0,03
III	18,1±0,31	11,54±0,43	0,156±0,07*
IV	18,06±0,28*	11,88±0,45*	0,152±0,09

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Так, процесс экструзии повысил содержание обменной с 10,1 МДж до 10,9 МДж по сравнению с исходным образцом, химическая обработка щелочью дозой 45 г/кг – до 11,5 МДж, а экструзия после химической обработки – до 11,9 МДж. При этом содержание переваримого протеина в образцах, подвергнутых обработке, повышалось на 20-27 г/кг сухого вещества относительно нативных отрубей.

Таким образом экструдирование обработанной щелочью лузги какао оказывало благоприятное воздействие на доступность питательных веществ для пищеварительных ферментов рубцовой жидкости. При этом экструзия обработанного сырья гидроксидом натрия в количестве 45 г/кг в среднем повышала доступность питательных веществ на 7-12 %, содержание обменной энергии до 10 %, по сравнению с химической обработкой какао лузги.

## 2.4 Результаты экспериментальных исследований на цыплятах-бройлерах

### 2.4.1 Результаты I эксперимента на цыплятах-бройлерах

#### 2.4.1.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров

Оценка нормы введения какао лузги при замене зерновой части (пшеница), было установлено, что фактическое потребление за весь учетный период было наибольшим в I опытной группе, превысив уровень в контроле на 41 г/гол. (1,2 %) (табл. 11).

Таблица 11 – Фактическое потребление корма подопытной птицей, г/гол

Неделя учетного периода, нед	Группа			
	контрольная	II опытная	I опытная	III опытная
1	453±12,08	459±12,19	447±12,01	400±11,96
2	679±14,09	705±13,25	670±13,07	630±13,22
3	954±15,02	964±14,08	918±13,56	896±13,96
4	1090±13,56	1089±14,12	1021±14,21*	1004±14,32
За весь период	3176	3217	3056	2930

Поедаемость корма у цыплят-бройлеров II и III опытных групп за период исследования, наоборот, была меньше, чем у контрольной птицы на 120 г/гол (3,8%) и 246 г или 7,7 %, соответственно.

Как следует из полученных результатов, введение в рацион подопытной птицы лузги какао способствовало повышению переваримости питательных веществ корма в I и II опытных группах, по сравнению с контролем (табл.12).

Таблица 12 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма подопытной птицей стартового рациона, %

Группа	Показатель				
	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	БЭВ	Сырая клетчатка
контрольная	74,4±2,28	72,0±2,50	83,2±1,50	77,8±1,97	26,8±6,52
I опытная	77,9±0,83	72,3±1,05	87,6±0,47*	83,7±0,62*	20,0±3,02
II опытная	75,9±0,58	72,8±0,65	86,9±0,31*	80,8±0,46	21,2±1,89
III опытная	72,1±3,29	68,9±3,67	79,8±2,37	78,1±2,59	19,5±6,73

Примечание: \* –  $p < 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Так, уровни переваримости органического вещества, сырого жира и БЭВ были выше на 3,6; 4,5 и 5,9 % – в I опытной группе и на 1,5; 3,7 и 3,0%, соответственно во II опытной группе. Исключением в этих группах была клетчатка, переваримость которой была ниже, чем в контроле на 6,8 и 5,6%, соответственно в I и II опытных группах. Обратная картина наблюдалась в III опытной группе, птица которой уступала контрольной по показателям переваримости органического вещества корма на 2,3%, сырого протеина – 3,3%, и сырой клетчатки корма – 7,4%. Данная тенденция сохранилась и в ростовой период: переваримость органического вещества наилучшей была в I опытной группе – 73,8 %, тогда как в III группе, напротив, значение данного показателя было наименьшим – 67,1% (табл. 13).

Таблица 13 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма подопытной птицей ростового рациона, %

Группа	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	БЭВ	Сырая клетчатка
контрольная	71,6±1,68	79,9±2,63	79,7±1,20	81,3±1,11	20,8±4,69
I опытная	73,8±6,76	81,0±2,85	81,2±1,34	83,3±1,19	22,4±5,53
II опытная	70,2±2,97	81,6±3,94	75,5±2,45	79,7±2,02*	25,7±7,41*
III опытная	67,1±1,72	70,4±2,49	78,2±1,14*	79,6±1,06	20,1±4,16

Примечание: \* –  $p < 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Переваримость сырого протеина во II опытной группе была самой высокой – 81,6 %, а в III группе наименьшей – 70,4 %. Превосходство по переваримости сырого жира I опытной группы над контрольной и II опытной группами составило – 1,5 и 5,8 %, соответственно. По переваримости сырой клетчатки II опытная группы уступала контрольной 4,9 % (различия не достоверны).

#### 2.4.1.2 Динамика живой массы подопытных цыплят

Результаты контрольных взвешиваний цыплят-бройлеров I опытной группы показали, что живая масса в 1 и 3 недели учетного периода не имела существенных отличий, и в конце исследования на 1,2% превзошла аналогичный показатель в контроле (табл. 14).

Таблица 14 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Неделя учетного периода	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
начало	248±4,9	245±5,3	244±4,4	247±3,4
1	466±13,39	456±9,36	440±13,28	436±14,4*
2	840±20,7	838±19,7	793±28,24	709±21,3*
3	1268±31,5	1254±35,1	1296±31,1	1117±28,9*
4	1641±37,8	1660±39,6	1685±41,2	1557±39,9*

Примечания: \* –  $p < 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Отставание особей II опытной группы в скорости прироста живой массы от аналогов из контрольной группы, в 1, 2 и 3 недели учетного периода составило 5,6, 5,5 и 5,7%, соответственно, при этом на финальной стадии исследования диапазон был незначительным. Живая масса цыплят III опытной группы за весь период наблюдения уступала контрольным показателям. Так, в период 1 учетной недели на 6,3% ( $p \leq 0,05$ ), во 2 – 15,5% ( $p \leq 0,05$ ), в 3 – 11,9% ( $p \leq 0,05$ ), в последнюю учетную неделю разница составила 5,1% ( $p \leq 0,05$ ). Среднесуточный прирост живой массы птицы за период исследования приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров за учетный период, г

Неделя учетного периода	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
1	31,1±0,25	30,1±0,12	27,9±0,19	27,0±0,22
2	53,4±0,65	54,6±0,29	50,5±0,52	39,0±0,48
3	61,1±0,52	59,5±1,09*	57,5±1,03	58,2±1,12
4	53,3±0,61	57,9±0,85	62,8±0,94*	62,9±0,87*
1-4	49,7±0,44*	50,5±0,97	49,7±0,92	46,8±0,87

Примечание: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Анализ табличных показывает, что уровень среднесуточного прироста живой массы цыплят-бройлеров контрольной группы в первую неделю наблюдения был выше, по сравнению с таковыми в I опытной группе на 1 г, во II опытной группе – на 3,2 г, в III – на 4,1%. За вторую неделю учетного периода разница в данном показателе у цыплят II и III опытных групп с контролем составила 2,9 и 14,4 г, соответственно.

За третью неделю учетного периода преимущество по показателю среднесуточного прироста птицы также сохранилось у контрольной группы: на 1,6 г, по сравнению с I опытной группой; на 3,6 г – со II опытной группой; на 2,9% – III опытной группой. В последнюю неделю учетного периода, данный показатель во всех опытных группах по отношению к контролю был выше на 4,6 г в I опытной группе, на 9,5 г во II опытной группе, на 9,6 г в III опытной группе.

В итоге за весь период выращивания среднесуточные приросты в группах отличались незначительно. При этом наибольшим приростом живой массы цыплят-бройлеров наблюдался в I опытной группе – 50,5 г, что превысило уровень в контроле на 1,6%. Самый низкий данный показатель отмечен у птиц III опытной группы – 46,8 г (на 5,8% ниже, чем в контроле).

Таким образом, замена в комбикорме 2,5% пшеницы на лузгу какао приводит к повышению переваримости сырого жира на 1,2-4,5% и БЭВ на 2,0–5,9%, поедаемости кормов на 1,2 % и среднесуточного привеса на 0,8 г/сутки. Замена 5 % зерновой части рациона на лузгу какао сопровождается снижением поедаемости корма на 3,8 %, не оказывая влияния на среднесуточный привес. При введении в рацион 7,5 % какао лузги проявляется небольшой отрицательный эффект, который выражается в снижении средне среднесуточного прироста на 5,8 % относительно контроля.

## **2.5 Результаты II экспериментального исследования на птице**

### **2.5.1 Корма и кормление подопытных цыплят-бройлеров**

Условия кормления и содержания были подобраны в соответствии с рекомендациями ВНИТИП (2014) по аналогии с производственными. Птица содержалась в индивидуальных клетках по 15 голов в каждой. Основу стартового комбикорма составляла зерновая смесь (56,9 %) с содержанием обменной энергии - 13 МДж/кг, сырого протеина – 223 г/кг, сырой клетчатки – 46 г/кг (табл. 16). Основа стартового и ростового рациона состояла из зерновой части – 62 %, сырого протеина 217-226, обменной энергии 13,2-13,4 МДж/кг (прил. 2,3). Поение осуществлялось из нипельных поилок вволю.

Замена пшеницы на какао лузгу различной обработки сопровождалась увеличением в рационе уровня сырой клетчатки до 6 г/кг, сырого жира до 14 г/кг.

Обеспеченность витаминами, макро- и микроэлементами осуществлялась введением в комбикорм витаминно-минерального премикса.

За период проведения эксперимента разница по потреблению корма между контрольной и опытными группами варьировала от 1,1 до 1,5 % (табл. 16).

Таблица 16 – Фактическое потребление корма подопытной птицей, г/гол

Учетный период (неделя)	Группа			
	Контрольная	I-опытная	II-опытная	III-опытная
1	464±6,08	459±8,02	447±6,74	450±6,02
2	766±8,05	765±8,08	770±8,65	750±8,97
3	984±9,96	984±9,12	978±9,07	996±9,78
4	1180±9,63	1150±10,02	1151±9,12	1161±9,98
За весь период	3394	3358	3346	3357

Таким образом, при замене 5 % пшеницы на какао лузгу с различной обработкой произошли изменения в питательности рациона, в частности в содержании сырой клетчатки и протеина, что не могло не повлиять на переваримость питательных веществ.

## 2.5.2 Переваримость питательных веществ корма цыплятами бройлерами

Введение какао лузги в нативной форме в рацион бройлерам I опытной группы за 14 суток эксперимента сопровождалось увеличением переваримости сырого жира и протеина на 4,0 и 4,1 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно относительно контрольной птицы на фоне снижения усвоения сырой клетчатки на 2,7% (табл. 17, рис. 16). Тогда как химическая обработка какао лузги NaOH в дозе 45 г/кг (II опытная группа) какао лузги, увеличило переваримость сырого жира, протеина и клетчатки на 4,3%, 7,8% и 4,4% ( $p \leq 0,05$ ) соответственно, на фоне снижения использования безазотистых экстрактивных веществ относительно птицы, потребляющей базовый рацион.

Таблица 17 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма подопытной птицей стартового рациона, %

Показатель	Группа			
	Контрольная	I-опытная	II-опытная	III-опытная
сырой жир	82,3±0,52	86,3±0,52*	86,6±0,32*	84,3±0,28*
сырая зола	21,2±2,62	20,5±3,00	21,1±1,90	23,5±1,37
сырой протеин	81,1±1,06	86,3±1,16*	87,9±0,70*	89,8±0,49*
сырой клетчатки	23,9±2,45	21,3±2,97	28,4±1,72*	27,6±1,30*
БЭВ	81,1±0,56	81,5±0,70	79,7±0,49	80,4±0,35
органическое вещество	79,1±0,76	80,8±0,92	80,6±0,59	81,3±0,43

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Дополнительная экструзивная обработка какао лузги гидроксидом натрия 45 г/кг выражалась в стимулировании переваримости сырого жира, протеина и клетчатки на 2,1%, 8,7% и 3,7% ( $p \leq 0,05$ ) соответственно относительно показателей контрольной группы.

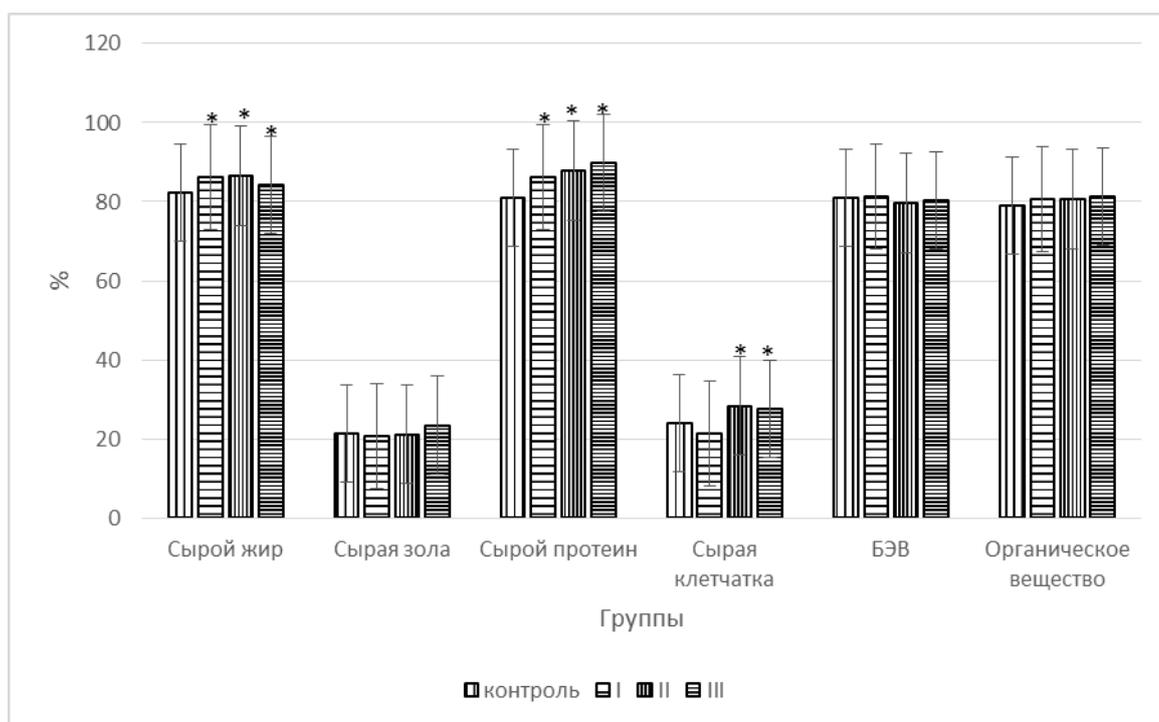


Рисунок 16 – Содержание питательных веществ корма, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

Внутригрупповая сравнительная оценка питательной ценности рационов с заменой 5% пшеницы на какао лузгу, установила превосходство птицы III группы над II опытной по переваримости протеина и золы на 1,9 и 2,3% соответственно, при снижении сырого жира на 2,3%.

Аналогичное превосходство бройлеров I опытной группы отмечено в ростовой период, в частности она опережала контрольных особей по переваримости безазотистых экстрактивных веществ на 6,6% ( $p \leq 0,05$ ) на фоне снижения использования сырого протеина на 2,6%, сырой клетчатки – 2,6%, сырой золы - 5,5 % ( $p \leq 0,05$ ). При этом, переваримость органического вещества корма у бройлеров данной группы на 3,2% выше значений контрольной группы (табл. 18).

В процессе исследования установлено, бройлеры II опытной группы на 6,5% лучше переваривали БЭВ, при снижении переваримости сырого жира на 3,7% ( $p \leq 0,05$ ) и органического вещества на 3,9%.

Таблица 18 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма  
ростового рациона, %

Показатель	Группа			
	Контрольная	I-опытная	II-опытная	III-опытная
Сырой жир	83,6±0,97	82,9±0,66	79,9±0,20	83,5±0,41
Сырая зола	19,6±4,76	14,1±3,33	18,6±0,82	19,8±1,97
Сырой протеин	81,2±1,77	78,6±1,22	81,5±0,29	83,8±0,64
Сырая клетчатка	23,9±4,50	21,4±3,04	25,8±0,74	26,3±1,91
БЭВ	76,9±1,36	83,5±0,64*	83,4±0,17*	81,7±0,45*
Органическое вещество	72,9±1,60	76,2±0,92	76,8±0,23	76,7±0,57

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Птица III группы в ростовой период характеризовалась лучшим перевариванием БЭВ и сырого протеина на 4,8 ( $p \leq 0,05$ ) и 2,7% соответственно, что в совокупности привело к повышению усвояемости органической части рациона на 3,8% (рис. 17).

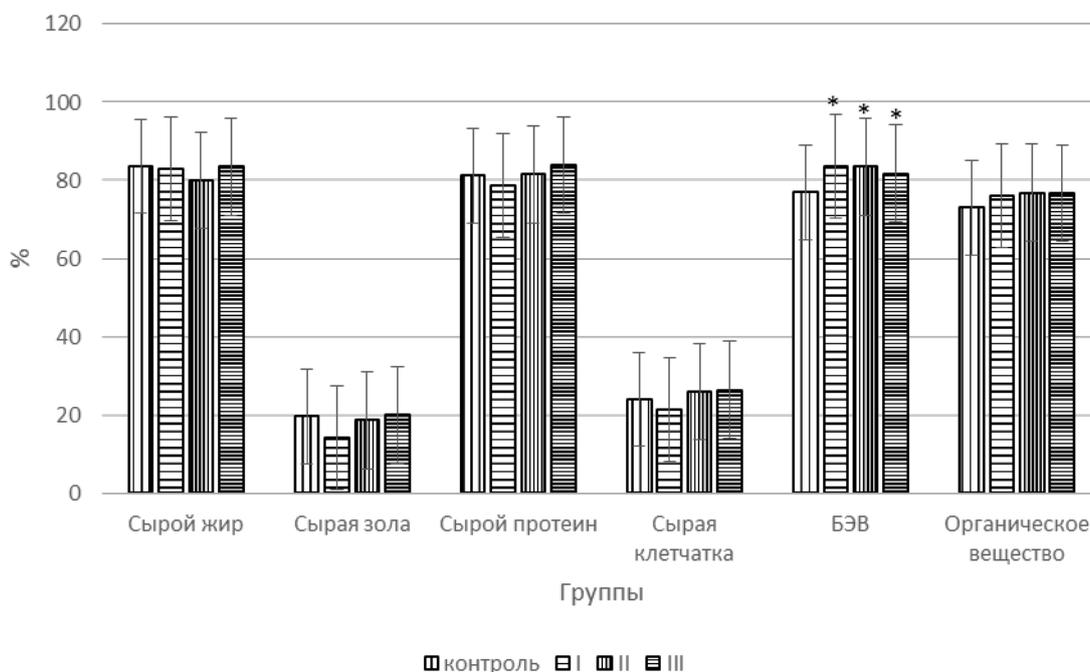


Рисунок 17 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма подопытной птицей ростового рациона, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

В ростовой период птица II опытной группы хуже переваривала сырой жир на 3,0% и 3,6 %, чем цыплята I и III соответственно. Особи III опытной

группы имели превосходство данных показателей в сравнении с I группой на 5,3 % и со II на 2,4 %. В целом, во всех опытных группах переваримость органического вещества была практически на одном уровне.

Таким образом, замена 5 % пшеницы на какавеллу, обработанную щелочью с последующей экструзионной обработкой, оказывало положительное влияние на переваримость питательных веществ и ростовые характеристики цыплят бройлеров.

### 2.5.3 Рост подопытных бройлеров

Оценка изменения массы, согласно учетным периодам, свидетельствует, что разница между контрольной и I группой составило 0,8 %, между контрольной и II – 1,8 %, при отсутствии статистической значимости (табл. 19, рис. 18).

Таблица 19 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Учетный период (неделя)	Группа			
	Контрольная	I-опытная	II-опытная	III-опытная
начало учетного периода	340±4,4	341,2±4,7	340±4,9	340,6±5,0
1	594±8,9	598±9,9	600±9,3	607±8,4
2	900±21,7	910±20,9	920±22,7	930±23,2
3	1307±31,6	1324±33,7	1330±32,8	1350±34,7
4	1802±35,8	1815±37,5	1835±39,2	1856±39,8*

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

В конце периода выращивания у III опытной группы разница по живой массе достигла 3% ( $p \leq 0,05$ ).

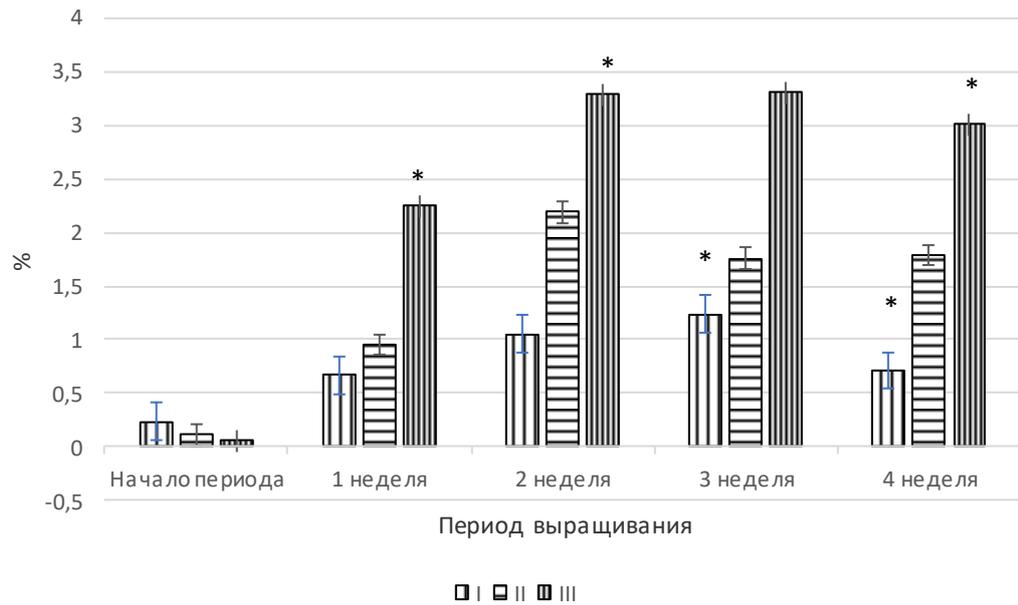


Рисунок 18 – Разница между опытными группами и контрольной по динамике роста цыплят-бройлеров, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

На основании результатов среднесуточных приростов происходило формирование весовых характеристик (табл. 20).

Таблица 20 – Показатели среднесуточного прироста живой массы цыплят-бройлеров за учетный период, г

Учетный период	Группа			
	Контрольная	I-опытная	II-опытная	III-опытная
1	36,3±0,85	36,7±0,78	37,0±0,75	38,2±0,85*
2	43,8±0,97	44,6±1,02	45,8±1,03	46,1±1,12
3	58,1±0,94	59,1±0,97	58,6±1,03	60,1±1,09
4	70,7±1,05	70,2±1,09	72,0±1,21	72,3±1,22
1-4	52,2±1,12	52,6±1,14	53,4±1,19	54,1±1,15*

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

В ростовой промежуток варьирование среднесуточных приростов наблюдалось от 36 до 60 граммов в период. С 1 по 4 неделю учетного периода бройлеры превосходили по данному показателю на 2,1 % и 4,6 % группу контроля, соответственно. По периодам роста, разница среднесуточных приростов живой массы бройлеров III опытной группы варьировалась от 2,2 до 5,2 %.

В ростовой промежуток варьирование среднесуточных приростов наблюдалось от 36 до 60 граммов в период. С 1 по 4 неделю учетного периода бройлеры превосходили по данному показателю на 2,1% и 4,6% группу контроля, соответственно. По периодам роста, разница среднесуточных приростов живой массы бройлеров III опытной группы варьировалась от 2,2 до 5,2%.

Таким образом, оценивая показатели интенсивности роста бройлеров до 5,2% при включении в рацион отходов какао промышленности, прошедшей предварительную обработку щелочью и экструзированием, можно заключить об отсутствии отрицательного эффекта, что подтверждалось гематологическим и биохимическими показателями крови.

#### 2.5.4 Морфологические и биохимические показатели крови подопытной птицы

Сравнительный анализ морфологических показателей крови цыплят-бройлеров позволяет судить о наличии патологий в организме. Введение в рацион цыплятам-бройлерам какао лузги отразилось на структурном составе крови (табл. 21).

Таблица 21 – Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Гемоглобин, г/л	112,8±1,76	113,1±4,91	116,2±0,33	118,4±1,89*
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	3,23±0,06	3,26±0,01	3,41±0,13*	3,48±0,08*
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	29,3±0,59	29,7±0,17	30,1±1,48*	29,9±1,48
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	6,1±0,58	6,3±0,33	6,7±0,88	7,4±2,89*
СОЭ, мм/час	2,5±0,79	2,2±0,71	3,0±1,21*	2,1±0,69

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Наиболее универсальным патологическим состоянием, возникающим при нарушении мозгового и периферического кровообращения, является

гипоксия. У экспериментальной птицы III опытной группы содержания гемоглобина в крови составило 118,4 г/л, что выше на 4,3% ( $p \leq 0,05$ ) относительно цыплят контрольной группы. Разница в I и II опытных группах составила 0,27 и 2,93 % соответственно.

Именно в ответ на недостаточное снабжение организма кислородом закономерно увеличивается эритропоэз. И в периферической крови человека и животных увеличивается концентрация эритроцитов и гемоглобина, а также повышается кислородная ёмкость крови. Показатель эритроцитов в контрольной группе составил  $3,23 \times 10^{12}/л$ , при сравнении с контролем достоверное увеличение происходило во II и III опытной группе на 5,57 и 7,74 % ( $p \leq 0,05$ ).

Высокое содержание гемоглобина и эритроцитов в крови подопытных цыплят-бройлеров свидетельствует о лучшем обмене веществ.

В лейкограмме крови наблюдались достоверные различия в процентном отношении лейкоцитов крови в группе птицы контрольной группы и II опытной группы разница составила 2,73 % ( $p \leq 0,05$ ). В остальных опытных группах количество лейкоцитов в крови птицы было на одном уровне.

Тромбоциты принимают активное участие в свертывании крови и неспецифических защитных реакциях организма. Введение в рацион какао лузги приводило к увеличению показателя в I (3,28 %), II (9,84 %), III (21,31 %) ( $p \leq 0,05$ ). Наибольшая скорость оседания эритроцитов была во II опытной группе 3,0 мм/час, что на 16,7 %, 26,7% и 30,0 % больше, чем в контрольной, I и III опытных группах соответственно.

Таким образом, показатели крови являются индикатором работы всего организма цыплят-бройлеров, они могут характеризовать уровень адаптации животных к различным стрессирующим факторам, в том числе и к конкретным условиям кормления.

Скармливание испытуемых комбикормов оказало положительный эффект на биохимию крови птицы.

Важная роль в обменных процессах принадлежит белкам сыворотки крови (табл. 22).

Таблица 22 – Показатели белкового обмена у цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	Контроль	Опыт		
		I	II	III
Общий белок, г/л	56,0±2,04	57,1±2,31	58,3±1,99	59,0±0,33*
в том числе % от общего белка:				
альбумины	48,0±0,58	48,1±0,33	50,4±1,45	51,4±0,88*
α-глобулин	21,6±2,58	21,0±1,48	23,4±1,68	24,9±1,00
β-глобулин	16,3±1,85	16,2±1,13	13,6±1,58	12,1±0,44*
γ-глобулин	14,1±3,36	14,7±0,78	12,6±0,98	11,6±1,30

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Они находятся в непрерывном обмене с тканевыми белками, участвуют в регуляции осмотического давления, стимулируют защитную функцию организма. Концентрация общего белка у опытных групп цыплят к концу выращивания была выше в I (1,96 %), II (4,11 %) и III (5,36 %) ( $p \leq 0,05$ ) относительно птицы контрольной группы. Относительная стабилизация уровня общего белка в крови у цыплят наступает к моменту замедления их роста. К окончанию эксперимента уровень белка в опытных группах находился в пределах физиологической нормы.

Замена 5% пшеницы на обработанную щелочью и экструдированную какао лузгу, способствовало повышению интенсивности белкового обмена, на что указывает повышение количества общего белка и его фракций в сыворотке крови цыплят-бройлеров (рис.19).

Анализ α-глобулиновой фракции в контрольной группе оставило 21,6 % от общего количества белка сыворотки крови, что на 2,8 % больше, чем в I опытной группе и меньше на 8,3 и 15,3% ( $p \leq 0,05$ ) во II и III опытных группах соответственно.

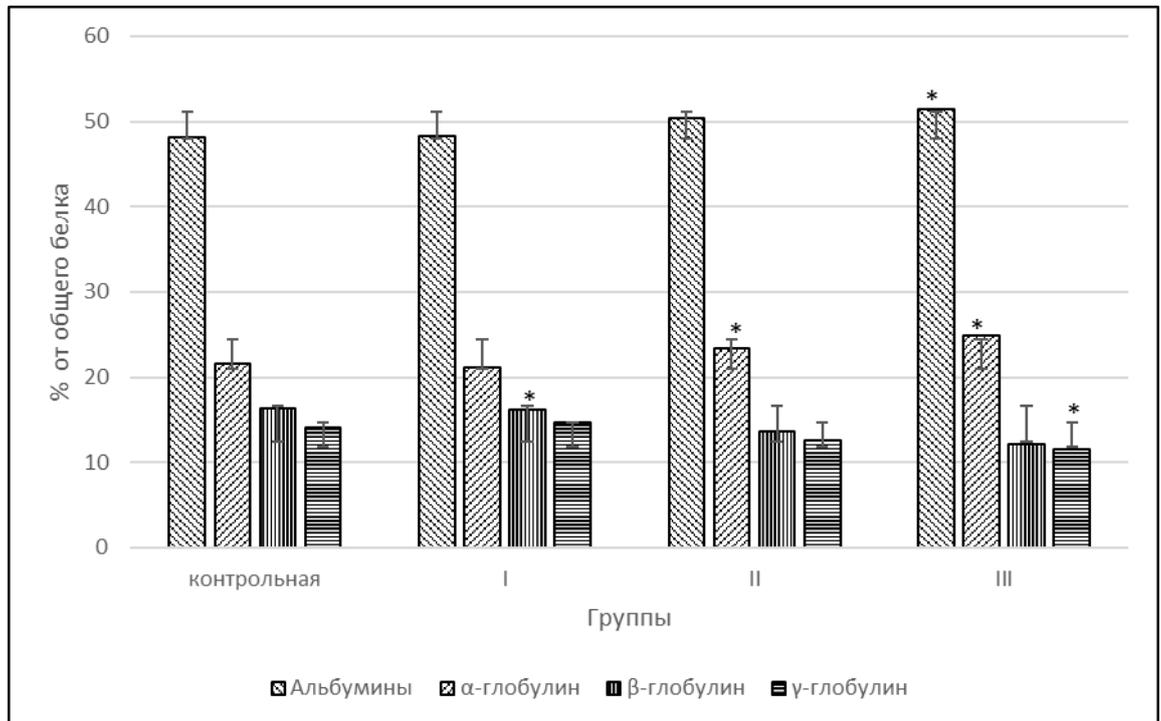


Рисунок 19 – Показатели белкового обмена у цыплят-бройлеров, % от общего белка (\* -  $p \leq 0,05$ )

Фракция  $\beta$ -глобулинов была самой низкой по значению в III опытной группе на 34,7 % относительно контрольной группы. По содержанию  $\gamma$ -глобулинов II и III опытная группа характеризовалась низкими значениями на 10,6 и 17,7 % ниже относительно контрольных значений.

Изменения концентрации глюкозы и холестерина происходили в течении всего периода выращивания цыплят (рис. 20).

Уровень глюкозы в крови зависит от поступления с кормом в организм цыплят-бройлеров. В то же время в пределах физиологической нормы или с некоторыми отступлениями от нее возможны различия в уровне глюкозы в крови, обусловленные особенностями обмена, поступлением углеводов в организм, их метаболизма на уровне клеток и тканей, а также выделения из него.

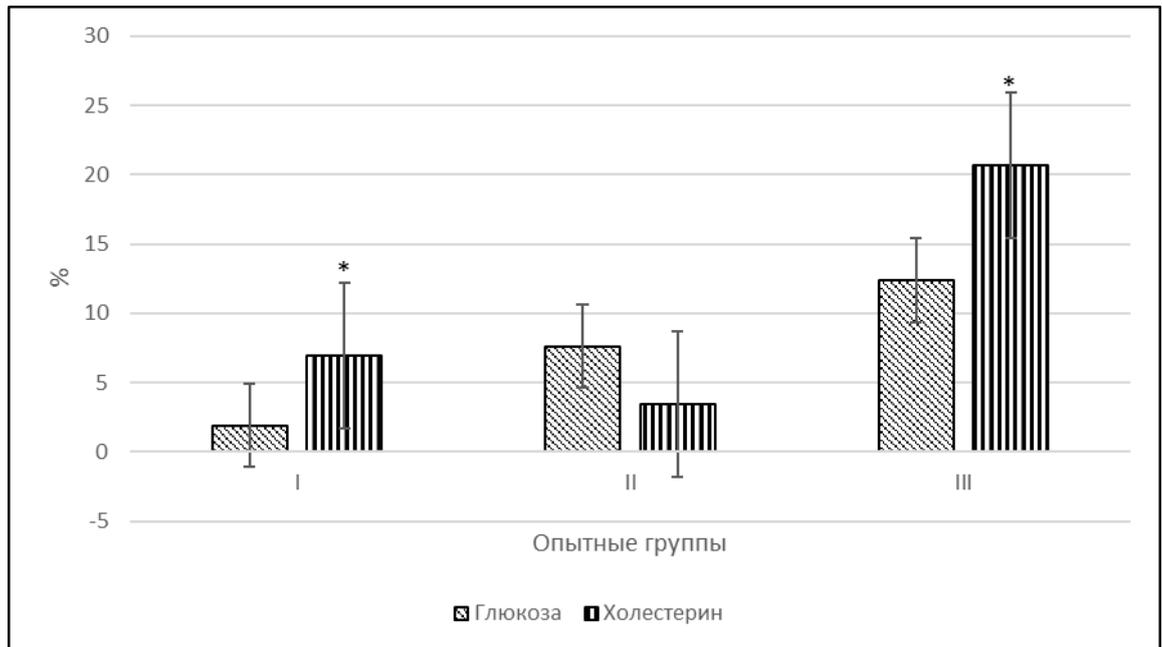


Рисунок 20 – Разница между опытными группами и контрольной по содержанию глюкозы и холестерина в сыворотке крови цыплят-бройлеров, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

Основным субстратом дыхания мозговой ткани является глюкоза. Количество глюкозы в крови, может быть показателем того, на сколько углеводная часть комбикорма стала доступной для усвоения. Максимальное значение глюкозы было в крови цыплят-бройлеров III опытной группы 11,8 ммоль/л, что больше, чем в контрольной группе на 11,0 %, в I опытной группе на 9,3 % и во II опытной группе на 4,2 % ( $p \leq 0,05$ ).

Изменения показателей липидного обмена рассчитывали по количеству холестерина в сыворотке крови. Высокая активность метаболизма жиров в организме птицы наблюдалась у птицы контрольной группы и составило 2,9 ммоль/л. В опытных группах происходило снижение холестерина по сравнению с контролем на 6,9 % в I и II опытной группе, в III опытной группе на 20,69 % ( $p \leq 0,05$ ).

Важным показателем, характеризующим обменные процессы, является содержание в крови минеральных веществ (рис. 21).

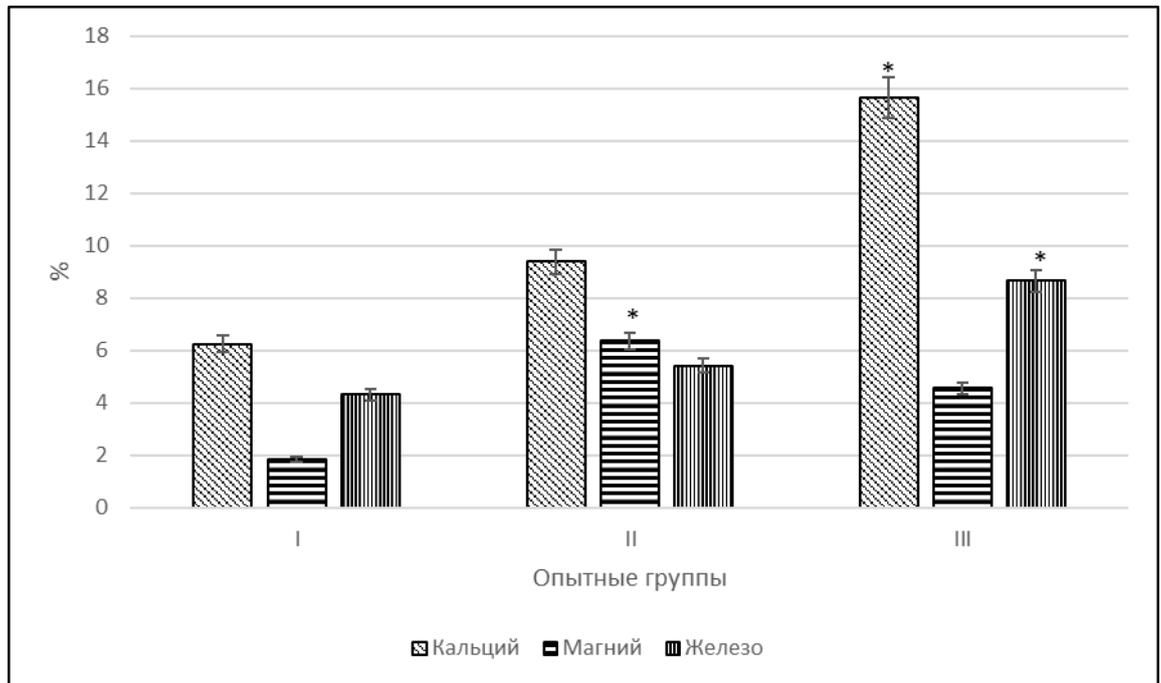


Рисунок 21 – Разница опытных групп с контрольной по содержанию макро и микроэлементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

Концентрация кальция в сыворотке крови цыплят увеличивалась во всех опытных группах в I опытной на 6,25 %, II опытной – 9,38 % и III опытной группе – 15,63 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно птицы контрольной группы. Преимущество по показателю магния в сыворотке крови цыплят-бройлеров из II и III опытных групп над контрольными составляло 6,4 и 4,5 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно. Содержание железа в опытных группах было выше в I (4,32 %), II (5,41 %) и III (8,65 %) ( $p \leq 0,05$ ) относительно птицы контрольной группы.

Таким образом, установленная положительная тенденция изменения показателей морфо-биохимического состава крови бройлеров III опытной группы говорит о позитивном воздействии на биохимические процессы использования 5 % обработанной щелочью и эксрудированной какао лузги в рационах цыплят-бройлеров.

### 2.5.5 Убойные качества, морфологический и химический состав тела подопытной птицы

Одними из основных показателей отражающих продуктивность бройлеров являются живая масса и убойные качества, что находится в прямой зависимости от правильности соотношения подобранных компонентов корма и их переваримости.

На основании результатов контрольного убоя была произведена оценка продуктивного эффекта компонентов рациона (табл. 23) на формирование качественного состава тушек бройлеров.

Таблица 23 – Результаты контрольного убоя подопытных бройлеров в конце эксперимента, г

Исследуемый показатель	Группа			
	Контрольная	I	II	III
живая масса, г	1802±35,8	1815±37,5	1834±39,2	1856±33,9*
Полупотрошенная тушка, г	1702±30,2	1718±31,1	1720±30,5	1734±31,4
потрошенная тушка, г	1211±21,7	1219±22,3	1237±20,5	1252±11,2*
выход мякоти, г	860±18,3	870±19,4	884±10,7	896±15,8
выход мякоти, % к живой массе	47,7	47,9	48,5	48,8
выход мышц, % к потрошенной тушки	71,0	71,3	71,5	71,6
масса костей	350±10,2	349±12,3	352±14,7	355±13,7
Убойный выход	67,2	67,2	67,8	68,2

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Так, масса полупотрошенной тушки подопытной птицы III группы на 32,2 г, или 3%, была выше контрольных значений.

При недостоверной разнице в массе потрошенной тушки бройлеров I и контрольной групп, во II опытной группе масса потрошенной тушки бройлеров была на 18,0 г или 1,1 % выше значений контрольной группы. В III опытной группе разница составила 32 г (1,9%) в сравнении с контролем.

В отношении выхода мякоти, наибольшие значениями характеризовалась III опытная группа - 896,7 г, что на 12,3 г (1,4%) выше, чем в I опытной, на 26,5 г (3,0%) чем во II и на 36,7 (4,1%) чем уровень в контрольной группе. Среди всех экспериментальных групп не было выявлено

различий в выходе костной массе. Цыплята II и III группы по убойному выходу превосходили контрольные значения на 0,6-1,0%.

Таким образом, контрольный убой показал, что замена в рационе зерновой части пшеницы на какао лузгу разного способа обработки, оказывала положительное влияние на морфологические структуры и массу тушки (табл. 24).

Таблица 24 – Масса органов и тканей птицы опытных групп, г/гол

Показатель	Группа			
	Контрольная	I	II	III
Мышечная ткань	860,5±18,3	870,2±19,4	884,4±10,7	896,7±15,8
Костная ткань	350,7±10,2	349,6±12,3	352,8±14,7	355,9±13,7
Внутренние органы	304,4±12,1	302,9±9,2	303,3±11,6	300,5±10,9
Кожа	186,4±12,1	195,7±12,1	182,9±12,1	187,5±12,1

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Относительная масса органов и тканей цыплят бройлеров приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Относительная масса органов и тканей цыплят бройлеров (% от живой массы)

Показатель	Группа			
	Контрольная	I	II	III
Мышечная ткань	47,7±1,03	47,9±2,08	48,5±1,92	48,8±2,96
Костная ткань	19,5±0,12	19,3±1,06	19,7±0,65	20,1±0,48*
Внутренние органы	16,9±0,09	16,7±0,18*	16,6±0,21	16,4±0,16
Кожа	10,3±0,07	10,8±0,06	10,0±0,09	10,2±0,05

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Сравнительная характеристика показывает, что на фоне несущественной разницы по массе мышечной и костной ткани между опытной и контрольной группой (0,8-1,1%) в III опытной группе процентное отношение внутренних органов было наименьшее. Таким образом, качественные характеристики химического состава морфологических частей цыплят бройлеров указывают на отсутствие негативного влияния на массу органов и тканей цыплят бройлеров.

### 2.5.6 Химический состав тела птиц

Накопление химических веществ и совокупной энергии в организме цыплят бройлеров являются индикаторами продуктивной отзывчивости подопытной птицы. В зависимости от способа подготовки какао лузги, в III опытной группе содержание сухого вещества мышечной ткани превосходило показатели контрольной, I и II опытной групп на 0,73-1,94% соответственно. Отложение протеина в опытных группах составило от 0,75 до 1,44 % на фоне снижения уровня жира на 0,56-0,72%. В костной ткани содержание сухого вещества в I и III опытных группах было практически на одном уровне 39,6-39,7%, но на 0,93-1,31% выше значений контрольной и I опытной групп. Содержание жира и протеина в костной ткани во всех исследуемых группах было практически одинаковым.

В гомогенизированной массе внутренних органов II опытной группе сухого вещества было выше на 2,72 % контрольных значений, 1,87 % по отношению к I опытной группе и на 0,81% к III группе.

В коже бройлеров опытных групп содержание сухого вещества было на 1,31-2,05% выше, чем в контрольной группе, на фоне аналогии показателях уровня протеина и жира на 0,72-1,51 % и 0,74-1,18% соответственно.

Общее содержание химических веществ и энергии в теле цыплят-бройлеров представлено в таблице 26.

Таблица 26 – Содержание химических веществ и энергии в теле подопытной птицы

Группа	Показатель		
	Протеин	Жир	Энергия МДж/гол
контроль	306,4±2,17	161,0±1,14	13,7±0,38
I опытная	321,7±3,22	161,9±2,68*	14,1±0,44
II опытная	331,2±2,65	157,3±4,13	14,2±0,28
III опытная	343,1±3,05*	158,8±1,15	14,5±0,19*

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Уровень протеина контроля составило 306,4 г, что на 15,4 г (5,0 %), 24,8 г (8,1%), на 36,7 г (11,8%) ниже значений I, II, III опытной группы соответственно.

В теле исследуемых групп наименьшее значения жира зафиксированы во II и III опытных группах. В теле птиц III опытной группы за счет большего содержания протеина установлена максимальная концентрация энергии - 14,5 МДж/гол.

### 2.5.7 Оценка качества мяса подопытной птицы

Использование в метаболизме новых кормовых источников, оказывает непосредственное влияние на формирование вкусовых качеств мяса бройлеров, которое было оценено в процессе дегустационной оценки отдельных вкусовых показателей бульона, а также при разном способе термической обработки (вареное и жареное мяса) (табл. 27).

Таблица 27 – Средние показатели дегустационной оценки вкусовых качеств бульона и мяса цыплят-бройлеров, в баллах

Показатель	Мышцы		Бульон	Общая
	ножные	грудные		
Контроль	4,54±0,02	4,56±0,01	4,54±0,01	4,55±0,01
I-опытная	4,60±0,01	4,61±0,03	4,55±0,02	4,58±0,02
II-опытная	4,62±0,01	4,61±0,02	4,55±0,02	4,59±0,02
III-опытная	4,62±0,02	4,64±0,04*	4,57±0,02	4,61±0,02*

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Дегустационная оценка бульона не обнаружила изменения вкусовых качеств съедобной части цыплят бройлеров. Практически все параметры были на одном уровне.

### 2.5.8 Особенности обмена энергии в организме цыплят-бройлеров

При включении какао лузги в рацион бройлеров, как альтернативной замены части пшеницы, был выявлен ряд изменений (табл. 28) в обмене энергии в организме цыплят-бройлеров.

Таблица 28 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за период опыта

Группа	Валовая энергия (ВЭ), МДж/гол	Потери энергии с пометом, % от ВЭ	Обменная энергия, МДж/гол	Потери энергии с теплопродукцией, % от ВЭ	Чистая энергия прироста	
					МДж/гол	% от ВЭ
контрольная	69,66	30,25	48,6	50,07	13,71	19,69
I опытная	68,44	28,14	49,2	51,24	14,11	20,62
II опытная	67,14	28,16	48,2	50,76	14,16	21,09
III опытная	68,10	27,80	49,2	50,90	14,50	21,30

В зависимости от количества потребленного корма, наибольшим поступлением валовой энергии в организм характеризовалась контрольная группа. Разница с I опытной группой составила - 1,22 МДж/гол, со II группой - 2,52 МДж/гол, с III группой - 1,56 МДж/гол.

Минимальными потерями энергии с пометом от валовой энергии 27,8%, характеризовалась III опытная группа, что на 0,34 % ниже значений I группы, на 0,36% чем во II и на 2,45% контрольной группе.

Уровень обменной энергии в организме птицы I и III группы был выше группы контроля и III опытной на 0,57-0,59 и 0,92-0,94 МДж/гол соответственно.

Преимущественно потеря валовой энергии у опытных групп происходила за счет тепла, поступающего в окружающую среду. Минимальное значение было установлено в контрольной группе - 50,07% от

валовой энергии, что на 1,17, 0,69 и 0,83% ниже, чем в I, II и III опытных группах соответственно.

Наибольшая эффективность использования валовой энергии на рост было установлено у бройлеров III опытной группы - 21,3% от валовой энергии, что на 1,6% выше значений контрольной птицы.

С целью оценки эффективности использования исследуемых кормовых добавок был осуществлен анализ особенностей межуточного обмена в организме подопытной птицы за период опыта (табл. 29).

Таблица 29 – Особенности межуточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Обменная энергия продукции, МДж/гол	37	37,5	36,5	37,3
Чистая энергия продукции, МДж/гол	13,7	14,1	14,2	14,5*
Коэффициент полезного использования обменной энергии	37,1	37,6	38,8	38,9
Уровень питания	1,44	1,47	1,47	1,49*
КОЭ, МДж/кг СВ	16,77	17,32	16,91	17,16*
Коэффициент соответствия	0,022	0,022	0,023*	0,023
Энергопротеиновое отношение	0,186	0,187	0,198	0,202

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Степень эффективности образования продукции находилась в прямой зависимости от использования организмом питательных компонентов корма и величина трансформации энергии. Так показатель полезного использования обменной энергии в III опытной группе имел значение - 38,9 %, что на 1,3 и 1,8 % выше, чем в I опытной и контрольной группах.

В исследуемых группах коэффициент соответствия находился в пределах 0,02-0,023, что указывало на недостаточное обеспечение кормовыми нутриентами. Преимущество по концентрации обменной энергии в сухом

веществе корма в I, II и III опытных групп над контрольной составляло 3,3 %, 0,8 % и 2,3 % соответственно. Значение уровня питания было достаточно высоким и составил 1,44-1,49.

Таким образом, частичная замена пшеницы на какао лузгу сопровождалось повышением интенсивности межклеточного обмена, при этом наиболее оптимальными значениями характеризовались цыплята III опытной группы, в комбикорме которых использовалась какао лузга обработанная щелочью и прошедшая экструзию.

### **2.5.9 Обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров**

Для нормального физиологического функционирования организма требуется постоянство химического состава. Факторы эндо и экзогенного происхождения способны внести коррективу в нормальное функционирование органов и систем организма, а питание является лимитирующим звеном элементного статуса организма.

В ходе экспериментального изучения был осуществлен анализ корма, компонентов биосубстрата (кости, ткани в гомогенном состоянии) цыплят-бройлеров на химические элементы.

Посредством анализа данных мультиэлементной концентрации рациона исследуемых групп было выявлено, что частичная замена пшеницы на какао лузгу сопровождалась изменением концентрации химических элементов в комбикорме, что повлияло на включение минеральных веществ (табл. 30) в метаболический цикл организма с кормом цыплят-бройлеров.

Согласно полученным данным, преимущество по совокупному потреблению ряда эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов между опытной и контрольной группой составила: по бору 5,59-5,74 мг/гол или 17,1-17,5%, по никелю 1,29-1,33 мг/гол или 13,91-14,32%, по кобальту 0,23 мг/гол или 46,1%, по железу 52,6-54,4 мг/гол или 12,7-12,9%, по йоду 0,08-0,09 мг/гол или 9,6-10,0%.

На ряду увеличения вышеприведенных химических элементов произошла эскалация ряда токсичных элементов, таких как алюминий и олово на 55,3-56,3 мг/гол или 30,9-31,4% и 0,01 мг/гол или 166,6% соответственно.

Таблица 30 – Количество минеральных веществ, потребленных птицей с кормом за период эксперимента на гол.

Элемент	Группа			
	Контрольная	I	II	III
Эссенциальные и условно эссенциальные микроэлементы, мг				
As	2,15±0,32	2,13±0,4	2,12±0,3	2,14±0,034
B	32,79±2,1	38,5±2,8	38,38±4,2	38,4±4,21
Li	0,48±0,02	0,49±0,06	0,49±0,03	0,49±0,56
Ni	9,26±1,0	10,5±2,1	10,5±2,1	10,6±2,15
Si	371,2±25,2	414±27,4	412,7±35,2	412±36,7
V	1,01±0,3	1,08±0,08	1,07±0,12	1,08±0,011
Co	0,50±0,04	0,73±0,08	0,73±0,04	0,73±0,067
Cr	64,4±5,2	63,8±7,2	63,6±5,75	63,85±5,3
Cu	35,1±4,1	37,9±4,3	37,8±4,2	37,88±4,2
Fe	421,8±35,2	476,2±36,2	474±51,1	474±5,3
Mn	75,02±6,7	80,7±9,3	80,4±7,4	80,5±9,12
Se	1,27±0,32	1,27±0,21	1,27±0,13	1,27±0,013
Zn	171±15,0	180±15,0	179±12,8	179,8±16,2
J	0,85±0,05	0,93±0,08	0,93±0,08	0,93±0,87
Токсические микроэлементы, мг				
Al	179±16,2	235±22,2	234±31,0	234±32,0
Cd	0,45±0,03	0,46±0,03	0,46±0,035	0,46±0,05
Hg	0,04±0,002	0,04±0,003	0,04±0,005	0,04±0,002
Pb	0,52±0,03	0,59±0,06	0,59±0,06	0,59±0,06
Sn	0,003±0,0003	0,009±0,00001	0,009±0,0002	0,009±0,0002
Sr	64,4±4,34	67,3±5,43	67,1±5,12	67,4±7,3
Макроэлементы, г				
Ca	30,4±4,1	30,5±4,51	30,4±2,28	30,5±2,71
K	30,3±3,21	33,8±3,56	33,7±4,565	33,8±4,21
Mg	9,54±0,45	10,4±1,08	10,3±1,02	10,3±1,18
Na	5,51±0,65	5,45±4,87	5,43±0,47	5,47±0,67
P	27,80±3,2	28,2±3,45	28,1±2,13	28,1±4,1

Скармливание опытных рационов способствовало повышению поступления в организм цыплят-бройлеров калия и магния на 3,5-3,6 г/гол или 11,5-11,9 и 0,8-0,88 г/гол или 8,4-8,8% соответственно.

Аналогичное действие альтернативных источников нутриентов оказывало на метаболизм макроэлементов (табл. 31).

Таблица 31 – Концентрация макроэлементов в теле подопытной птицы, г/кг живой массы

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Ca	9,10±0,81	8,83±0,58	8,74±0,05	8,40±0,28
K	3,84±0,10	3,72±0,05	3,73±0,02	3,48±0,06*
Mg	0,40±0,02	0,42±0,01	0,44±0,01*	0,43±0,01
Na	1,45±0,07	1,75±0,05*	1,50±0,01	1,96±0,05*
P	5,95±0,49	6,82±0,35	6,95±0,14*	6,51±0,36

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Влияние изучаемых ингредиентов сопровождалось накоплением в организме цыплят I опытной группы на 2,9 и 3,2%, во II опытной – 3,9 и 2,9 % и III опытных групп 7,7 и 9,3 % ( $p < 0,05$ ) соответственно, в сравнение с показателями группы контроля (рис. 22).

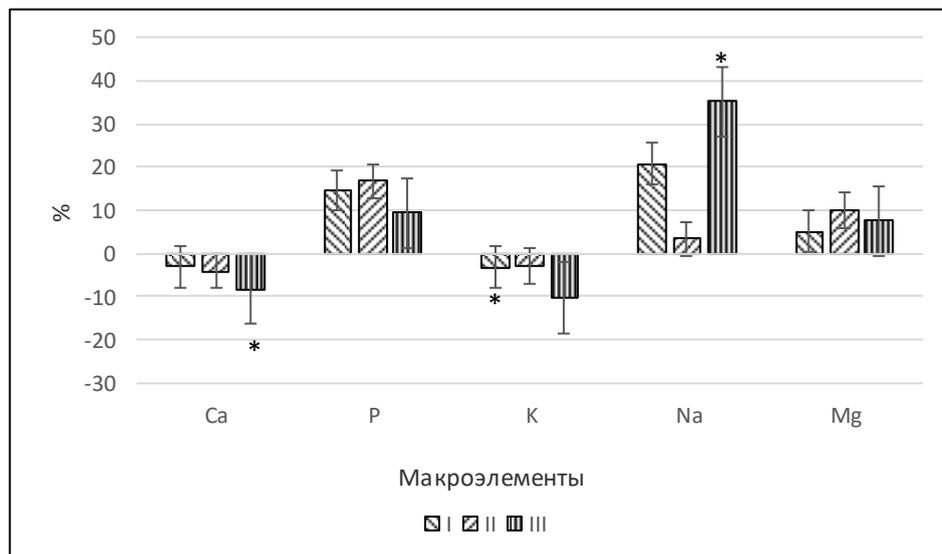


Рисунок 22 – Разница в концентрации макроэлементов между контрольной и опытными группами бройлеров, %, (\* -  $p \leq 0,05$ )

Уровень натрия в организме цыплят-бройлеров I опытной группы составил 20,7 ( $p < 0,05$ ), в III опытной группе данный показатель был выше и составил 34,8 % ( $p < 0,05$ ). Концентрация фосфора в организме бройлеров I, II и

III групп увеличилась по отношению к контрольным значениям на 14,6; 16,8 и 9,4% соответственно.

При применении в рационе какао лузги, с достаточно высоким содержанием эссенциальных и условно эссенциальных элементов оказало воздействие на уровень их использования из комбикормов (табл. 32, рис. 23).

Таблица 32 – Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов в теле цыплят бройлеров, мкг/кг

Элемент	Группа			
	контрольная	Опыт		
		I	II	III
As	566±21,7	454,6±5,58**	410±4,16**	509±10,7
B	217±15,4	351,9±10,3**	388±3,61***	394±8,36***
Li	8,39±1,45	12,2±1,00	12,5±0,21*	12,6±0,70
Ni	370±27,9	332±21,2	292±8,22	468±20,6*
Si	1754±71,3	1872±64,1	1546±12,7	1674±55,9
V	190±2,26	242±4,46***	229±2,12***	279±8,03***
Co	19,3±1,90	20,9±1,34	18,4±0,50	35,9±1,29**
Cr	606±8,61	626±3,12	583,7±1,22	646±4,28*
Cu	498±9,80	506,±6,92	547±1,67	571±7,19
Fe	30241±814	29921±656	28292±162**	50093±609***
Mn	323±25,2	339±22,3	301±7,09	458±18,8*
Se	230±7,13	217±4,24	143±1,31***	143±3,30***
Zn	19103±960	19420±692	19157±447	22670±674*
J	141,6±1,48	162±1,12***	93,4±2,26***	83,2±9,72**

Примечание: \*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001

В зависимости от обмена химических элементов составлены разнополярное соотношение: первая опытная зафиксировано > В (62,0%), Li (45,2%), V (27,4%), I (14,9%), при снижении As (на 19,8%) и Ni (10,3%) по отношению к контролю. У II опытной увеличение – В на 78,7%, Li на – 49,6%, V (20,5%), при снижении содержания As (27,6%), Ni (20,9%), Fe (12,0%), Se (37,7%), I (34,0%), относительно контрольных значений. В III группе увеличился V (81,4%), лития (50,0%), никеля (26,6%), ванадия (46,6%), кобальта (85,7%), меди (14,7%), железа (55,9%), марганца (41,8%) и Zn (18,7%), уступая по мышьяку (10,1%), Se (37,8%) и I (41,3%).

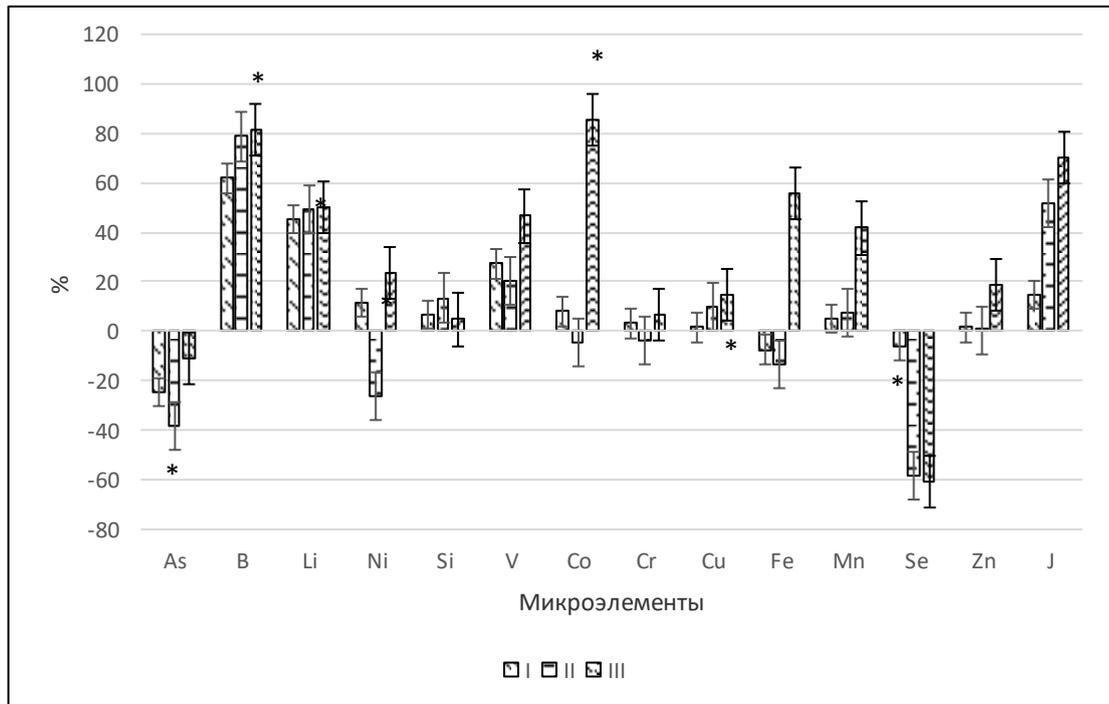


Рисунок 23 – Разница в концентрации эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов между контрольной и опытными группами бройлеров, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

При альтернативное замене части пшеницы на 5% нативной какао лузги от массы рациона происходило увеличение в теле птицы I опытной группы уровня алюминия на 27,8% ( $p < 0,01$ ), кадмия – на 9,2% ( $p < 0,05$ ), свинца – на 11,0% и олова ( $p < 0,01$ ) на 14,9%, при уменьшении ртути – на 15,8% ( $p < 0,001$ ) и стронция – на 14,1% по отношению к цыплятам с контрольным рационом (табл. 33, рис. 24).

Добавление в рацион 5% лузги какао уменьшало содержание алюминия – 20,8% ( $p < 0,01$ ), ртути – на 41,3% ( $p < 0,001$ ), олова – на 9,7% ( $p < 0,01$ ) и стронция – на 18,8%, с одновременным увеличением кадмия – 8,9% ( $p < 0,01$ ) по отношению к группе контроля.

Таблица 33 – Концентрация токсичных элементов в теле подопытной птицы, мкг/кг

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Al	424±16,3	543,02±4,46**	336,4±0,90**	377±40,8
Cd	3,87±0,07	4,22±0,08*	4,21±0,02**	8,62±0,06***
Hg	5,02±0,05	4,23±0,05***	2,95±0,01***	3,31±0,03***
Pb	14,25±1,26	15,82±1,15	13,5±0,59	19,7±0,51*
Sn	1007±18,7	1158±76,8**	910±5,43**	957±4,99
Sr	5346±149	4591±527	4342±245	5210±499

Примечание: \*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001 при сравнении контрольной и опытных групп

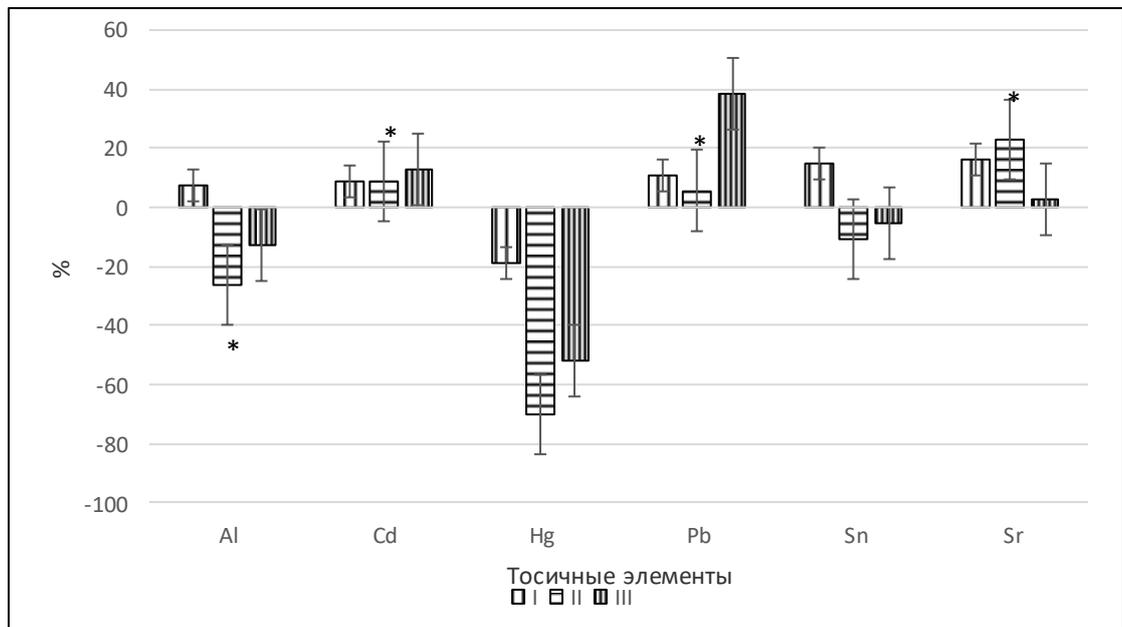


Рисунок 24 – Разница в концентрации токсических элементов между контрольной и опытными группами цыплят-бройлеров, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

Изменения в концентрации химических элементов при влиянии кормовых факторов оказало влияние на общий пул в организме подопытной птицы (табл. 34, рис. 25).

Таблица 34 – Удельная доля количества веществ в организме цыплят-бройлеров, ммоль/гол

Микроэлементы	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Эссенциальные и условно-эссенциальные	999± 21,9	981± 19,9	936± 25,8	1395± 31,3
Токсичные	85,4±6,32	82,4±5,87*	69,8±6,41	81,7±5,02
Макроэлементы	596983± 63,2	629118± 61,4	621351± 59,4	611913± 65,7*

Примечания: \* -  $p \leq 0,05$  при сравнении контрольной и опытных групп

Обменный пул эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в III опытной группе был на 39,9% выше ( $p \leq 0,05$ ), а в I и II опытных группах – на 1,7 и 6,4 % ниже, при уменьшении уровня токсичных элементов на 3,5-15,6 %, в сравнении с контрольными значениями.

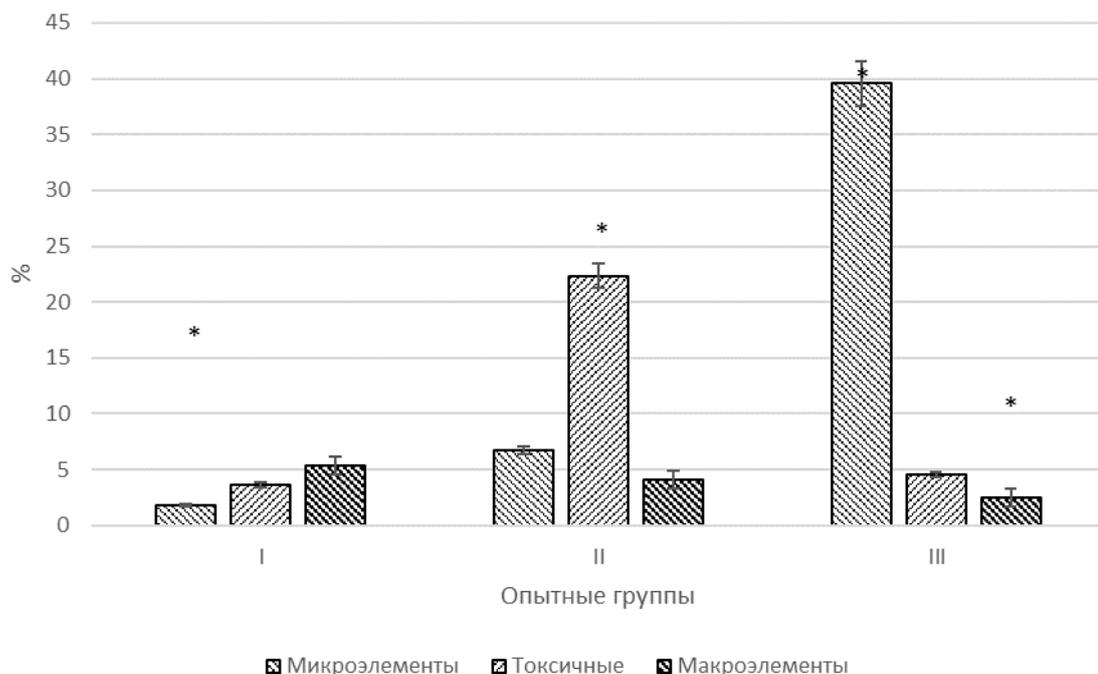


Рисунок 25 – Разница в удельной доли химических элементов при сравнении показателей контрольной и опытных групп, % (\* -  $p \leq 0,05$ )

С учетом статистически достоверных различий концентрации химических элементов в теле бройлеров был сформирован минеральный профиль:

$$\text{I опытная} = \frac{Al, B, V, I, Sn, Cd \uparrow}{Hg, Na, As \downarrow}$$

$$\text{II опытная} = \frac{B, V, Li, Cd \uparrow}{As, Fe, Se, I, Al, Hg, Sn, \downarrow}$$

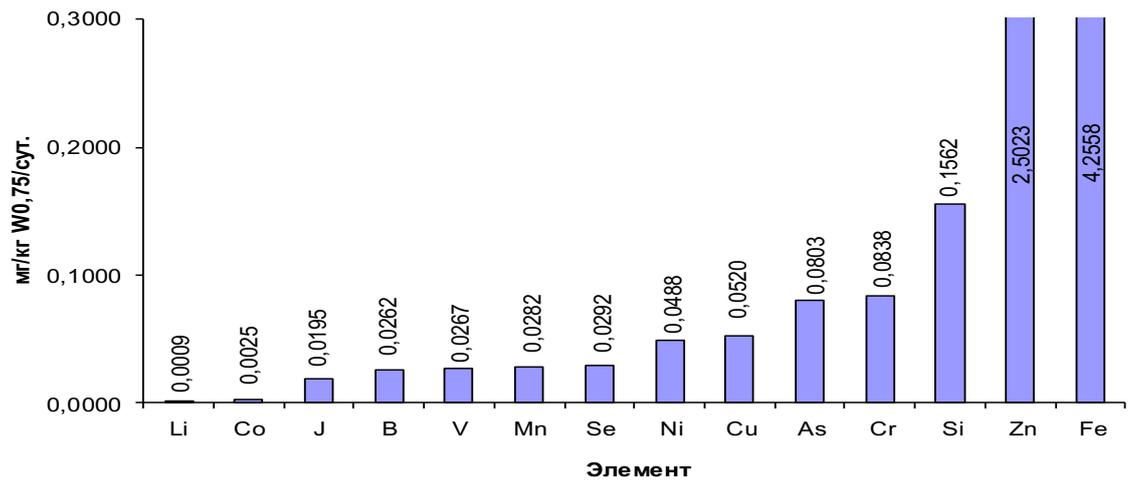
$$\text{III опытная} = \frac{B, Ni, V, Co, Fe, Mn, Zn, Pb, Na \uparrow}{Se, I, Cd, Hg, K \downarrow}$$

Таким образом не зависимо от способа подготовки отходов какао для включения в рацион цыплят бройлеров сопровождалось накоплением в организме Mg, Na, P, B, Ni, V, Co, Cr, Cu, Fe, Zn и снижение Ca, As, Se, J на фоне увеличения уровня обмена Cd и Pb, что свидетельствовало о наличие антипитательных веществ и снижении антиоксидантного статуса, что подтверждается степенью конверсии минеральных веществ.

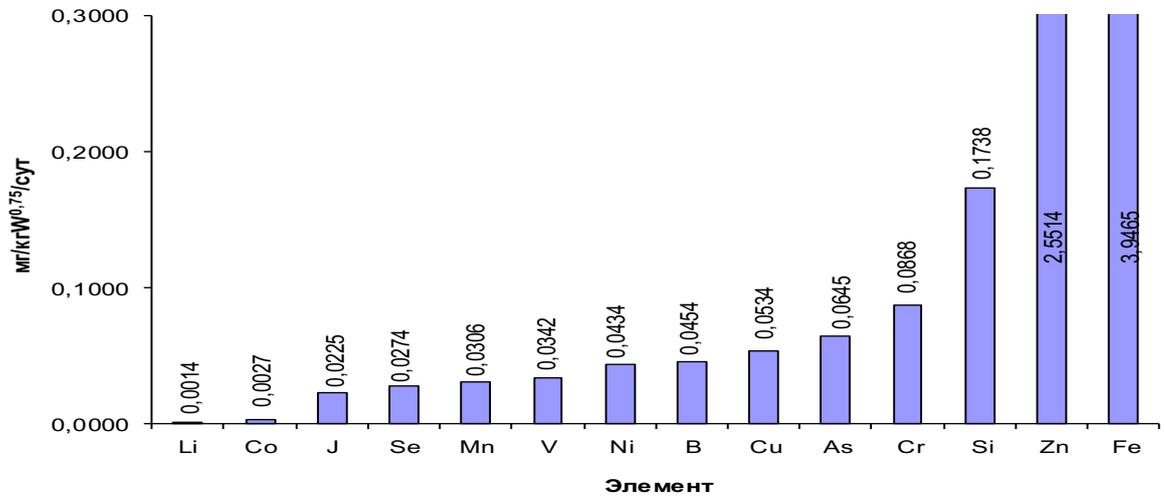
### **2.5.10 Скорость накопления и эффективность конверсии химических элементов из корма в продукцию цыплят-бройлеров**

Скорость накопления эссенциальных и условно эссенциальных элементов представлена на рисунке 24. Проводя анализ данных было установлено, что в ведение в рацион цыплят-бройлеров какао лузги, не зависимо от способа предварительно обработки, способствовало повышению скорости накопления As (10,8-27,9%), B (73,4-94,7%), Li (59,9-60,1%) и Cu (2,6-19,8%), V (20,3-46,2%) при снижении Se на 6,0-42,7%, относительно бройлеров контрольной группы.

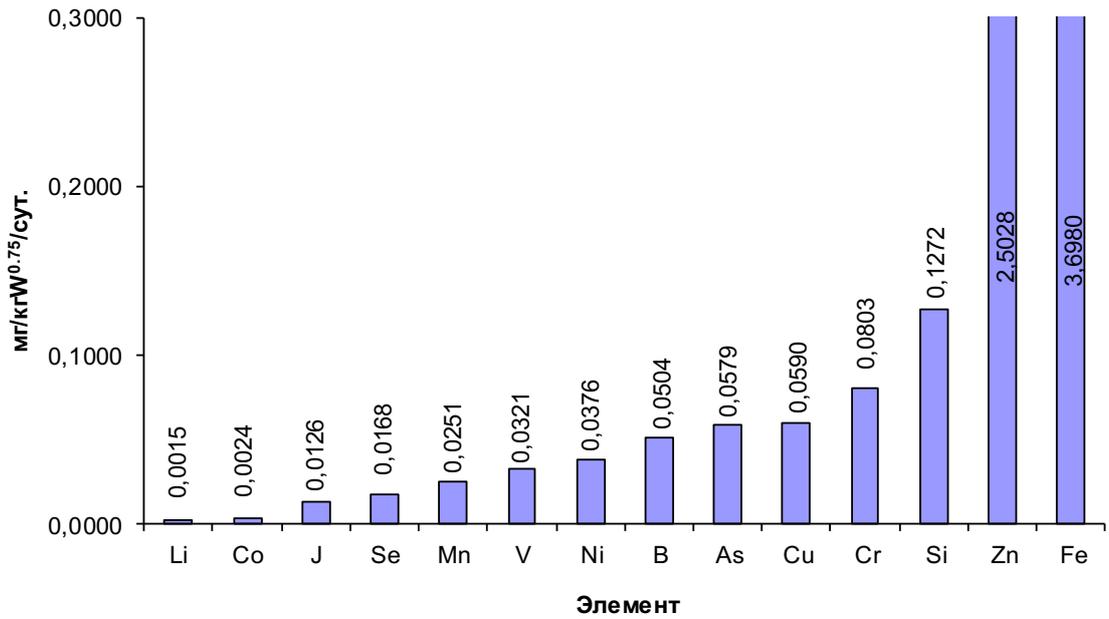
## Контрольная группа



## I опытная группа



## II опытная группа



## III опытная группа

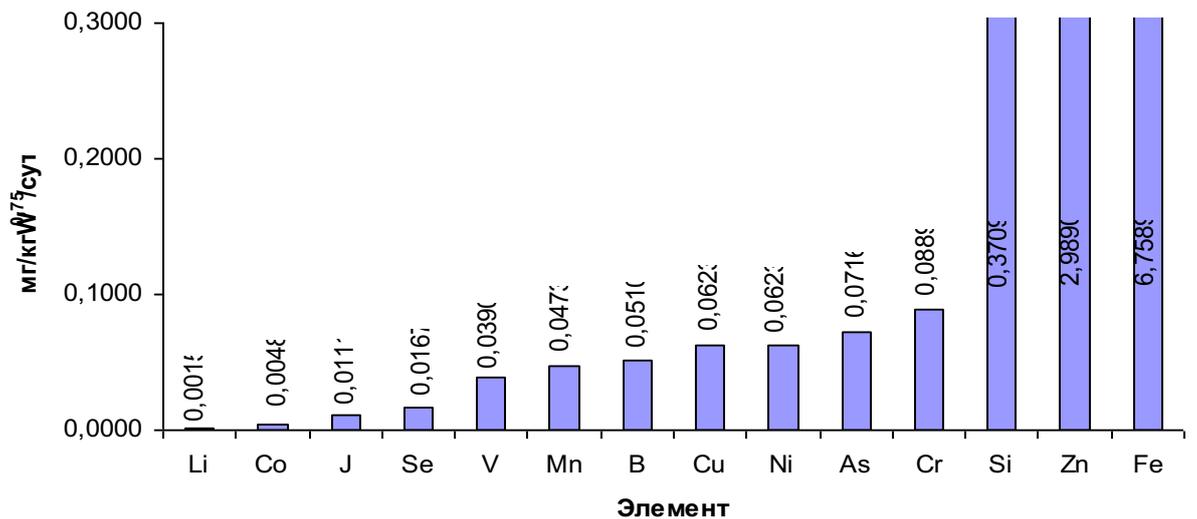


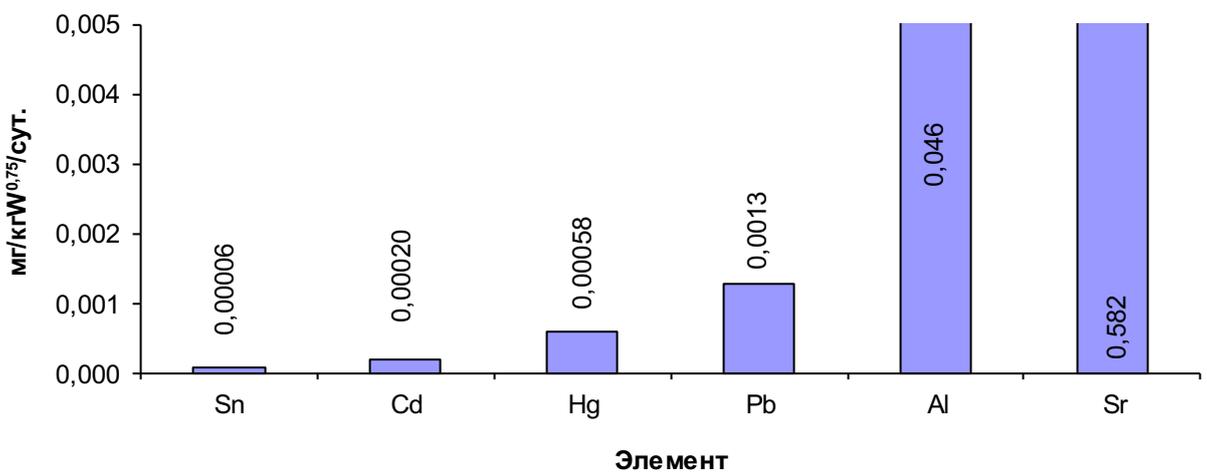
Рисунок 25 – Скорость депонирования эссенциальных и условно эссенциальных элементов

При скармливании цыплятам-бройлерам 5% нативной лузги какао от общей массы рациона происходило увеличение скорости накопления йода на 15,6% и снижению – никеля на 10,9%, в сравнении с группой контроля.

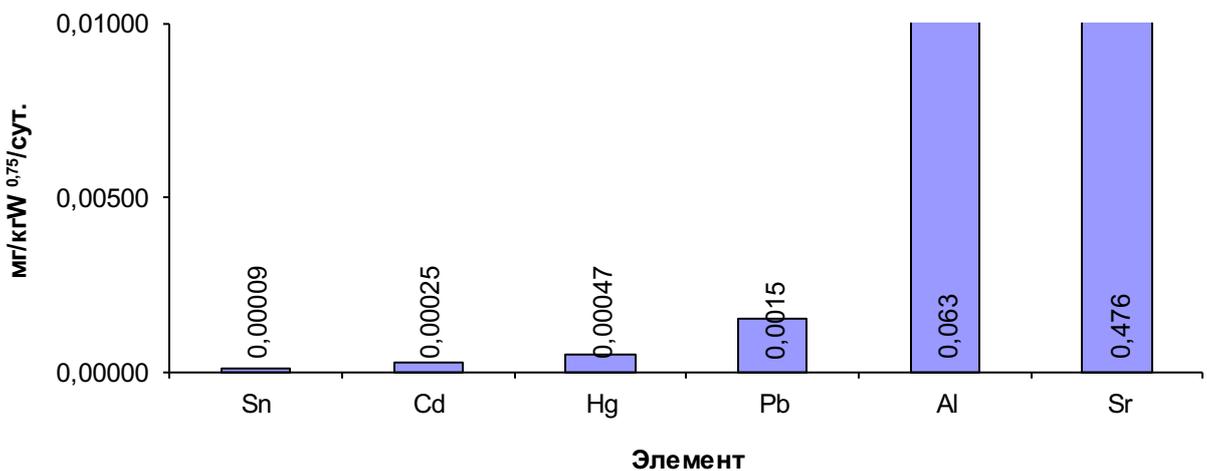
Включение в структуру рациона подопытной птицы II группы 5% какао лужги, прошедшей химическую обработку, снижало скорость накопления никеля, железа, марганца и йода на 22,8, 13,5, 10,9 и 35,4% соответственно.

При замене 5% пшеницы, в структуре рациона бройлеров III опытной группы, экструдированную лужгу какао под воздействием щелочи наблюдалась стимуляция скорости депонирования никеля – на 27,8%, кобальта – на 93,6%, железа – на 58,8%, марганца – на 68,0%, цинка – на 19,45% и уменьшение скорости депонирования йода на 43,1% (рис. 26).

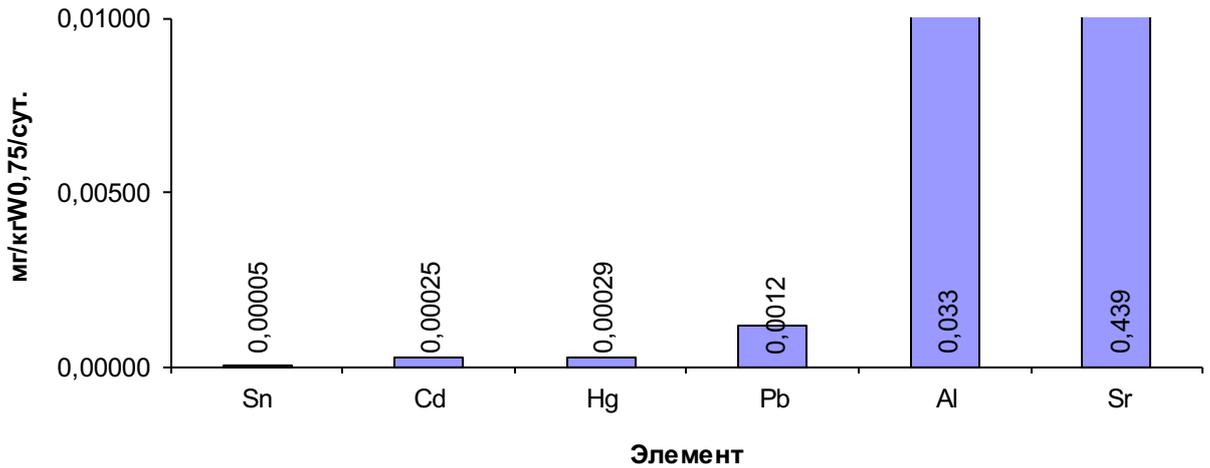
Контрольная группа



I опытная группа



## II опытная группа



## III опытная группа

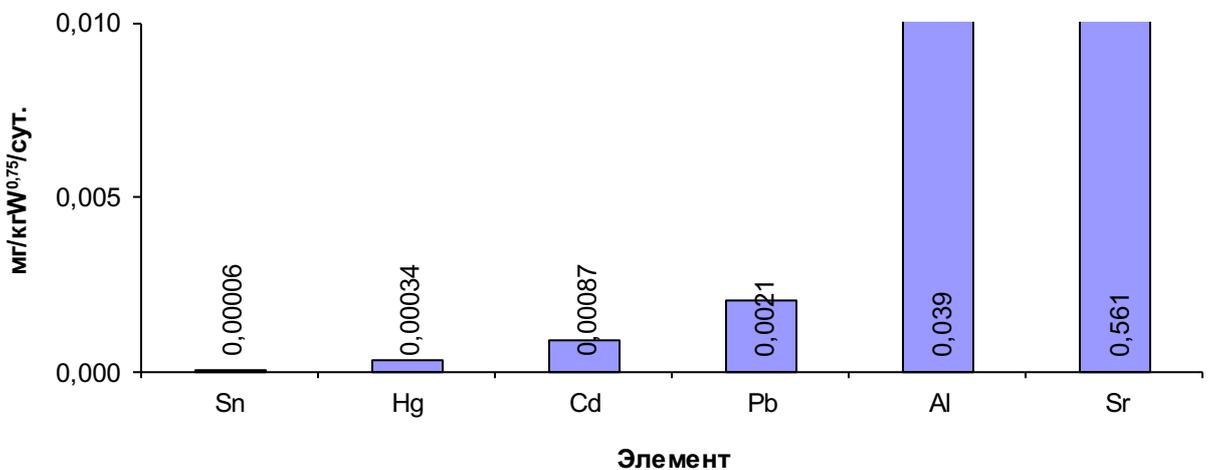


Рисунок 26 – Скорость депонирования токсичных элементов

Исходя из графических данных, представленных на рисунке, замена 5 % пшеницы на какао лузгу приводило к повышению скорости накопления кадмия на 26,6-344 %, снижению ртути – на 19,1-50,7 % и стронция – на 3,5-24,5 %.

Скорость накопления алюминия, свинца и олова в I опытной группе на 37,2, 17,9 и 34,8 %, соответственно было выше, чем в контроле.

У цыплят II опытной группы скорость накопления кадмия в организме была на 26,6 % выше, на фоне снижения – на 27,5 %, свинца – на 8,2 %, олова – на 20,6 %.

У птицы III опытной группы скорость накопления свинца на 60,1 % была больше, а для алюминия на 14,9 % меньше, чем контрольной.

При частичной замене в рационе цыплят-бройлеров пшеницы на какао лужгу наблюдалось перераспределение скорости накопления макроэлементов (рис. 27). Так, на основании результатов анализа, скорость отложения в теле опытной птицы кальция на 2,9-8,8 % и калия 3,4-10,7 % уступала аналогам из контрольной группы. Скорости накопления магния, натрия и фосфора на 4,9-10,3, 3,6-36, и 9,4-17,7% соответственно в теле опытной птицы была больше, чем в контрольной.

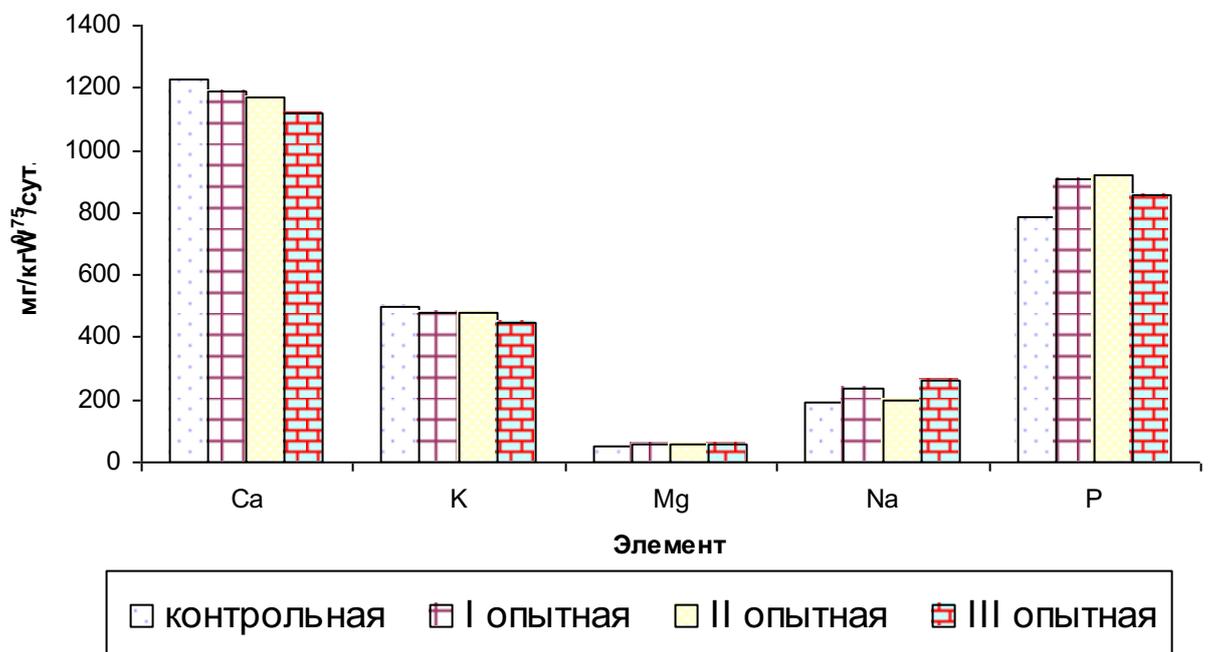
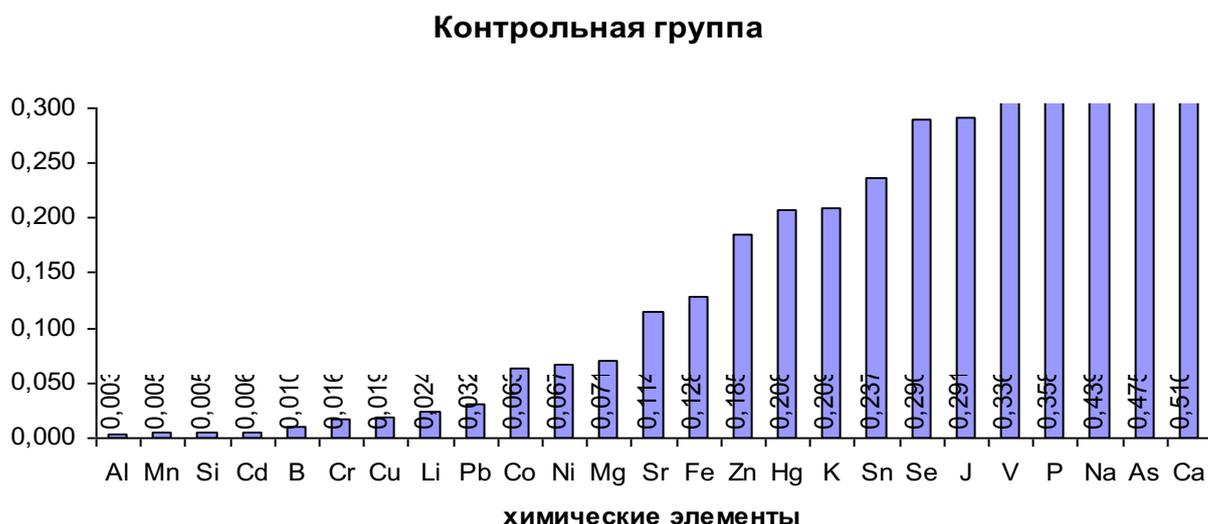


Рисунок 27 – Скорость депонирования макроэлементов

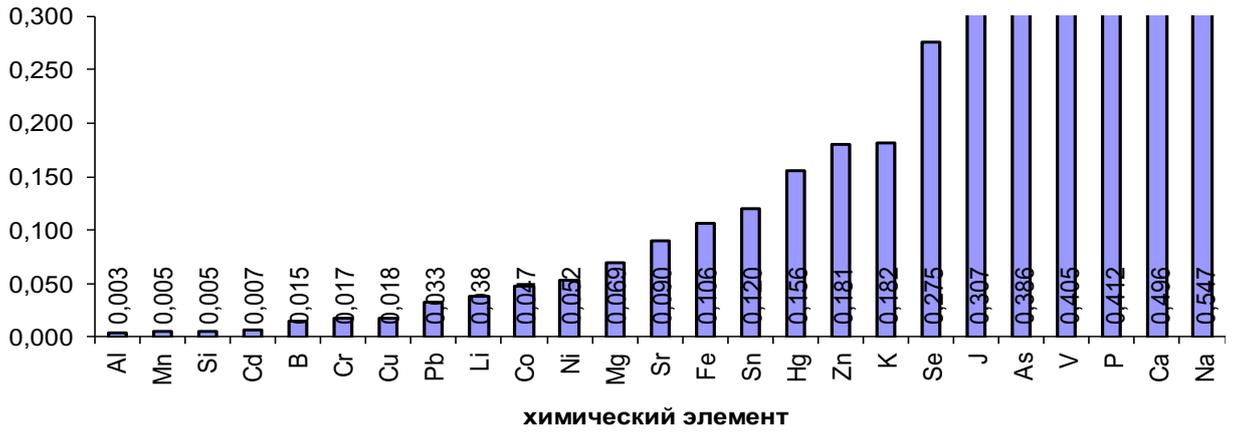
При оценке эффективности конверсии химических элементов было установлена взаимосвязь свидетельствующая, что применение 5% нативной

какао лузги в составе рациона способствовало увеличению накопления бора – на 48,5 %, лития – на 59,1 %, ванадия – на 20,6 %, кадмия – на 24,7 %, натрия – на 24,6 % и фосфора – на 15,1% и снижением сорбции мышьяка – на 18,6 %, никеля – на 21,6 %, кобальта – на 24,9 %, железа – 17,4 %, ртути – на 24,8 %, олова – на 49,1 %, стронция – на 21,2 % и калия – на 13,1 %, в сравнении с группой контроля (рис. 28).

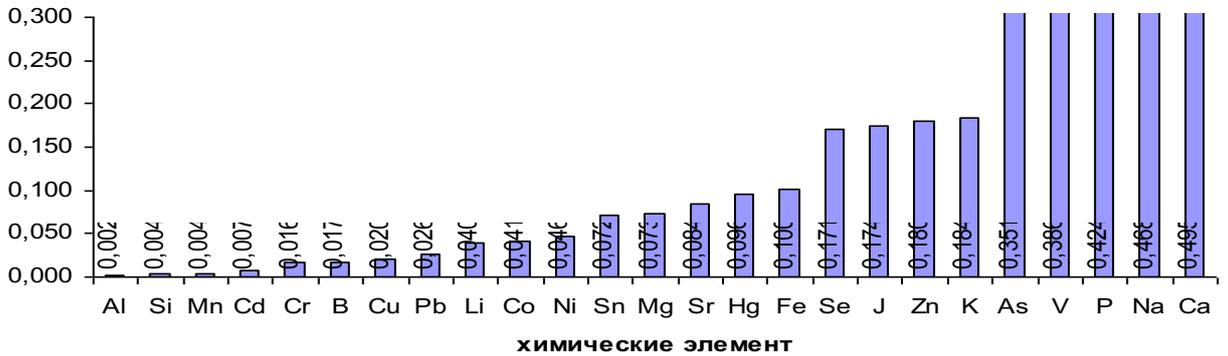
При обработке 5% лузги какао щелочью сопровождалось увеличением коэффициента конверсии бора – на 66,9 %, лития – на 66,5 % кадмия – на 25,8 % и фосфора – на 18,5 %, при снижении никеля – на 31,1 %, кобальта – на 33,9%, железа – на 21,5 %, марганца – на 15,6 %, селена – на 41,0 %, йода – на 40,1 %, алюминия – на 43,7%, ртути – на 53,5 %, свинца – на 18,2 %, олова – на 69,4 %, стронция – на 26,3 % и калия – на 12,0 %, по отношению к контрольным значениям.



**I опытная группа**



**II опытная группа**



**III опытная группа**

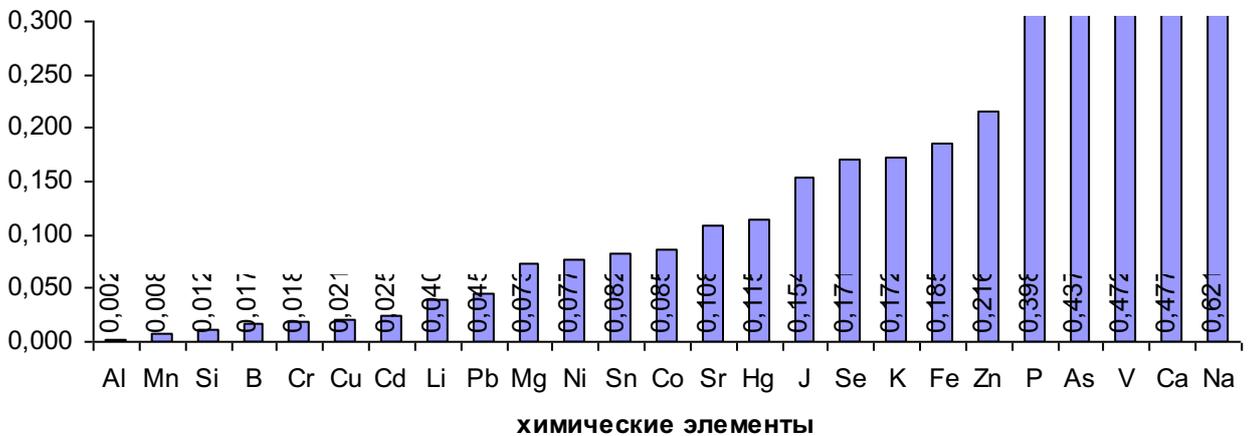


Рисунок 28 – Степень эффективности конверсии химических элементов из корма в тело подопытной птицы в период опыта

Для цыплят-бройлеров III опытной группы был характерен максимальный профиль конверсии, отмечено лучшее усвоение ряда химических элементов бор – на 70,7%, литий – на 67,3%, никель – на 14,9%, ванадий – на 40,7%, кобальт – на 36,4%, медь – на 13,9%, железо – на 45,0%, марганца – на 60,7%, цинка – на 17,1%, свинца – на 43,4%, кадмия – на 345,0%, натрия на 41,56% и фосфора – на 11,1%, на фоне снижения таких элементов как селен, йод, алюминий, ртуть, олово и калий, на 40,9, 46,8, 33,2, 44,8, 65,2 и 17,9% соответственно, относительно птицы потреблявших стандартный рацион.

Проводя аналогию между результатами по скорости накопления и эффективности использования химических элементов, уставлен ряд совпадений, отображённый в формуле  $\frac{B, Li, V, Na, P, Cd \uparrow}{As, Hg, Sr \downarrow}$ , что свидетельствует об увеличении участия данных элементов в метаболических процессах происходящих в организме при внесении в рацион цыплят-бройлеров какао лузги.

## **2.6 Результаты научно-производственного эксперимента на цыплятах-бройлерах**

На основании проведенных исследований в лабораторных условиях, установлено, что лузга какао обработанная NaOH в дозе 45 г/кг с последующим экструдированием положительно влияет на физиолого-биохимические показатели и ростовые характеристики цыплят бройлеров. Установленные факты предопределили решение испытания кормового субстрата в качестве ингредиента рациона в производственных условиях птицефабрики «Оренбургская» в бройлерном цехе.

При приготовлении корма на комбикормовом участке птицефабрики «Оренбургская», включение модифицированной какао лузги в дозе 50 мг/кг



Сравнительный анализ демонстрирует, что предложенный кормовой субстрат в составе рациона отличается положительным действием на продуктивность и себестоимость производимой продукции. В частности, снизился расход корма на 1 кг прироста на 1,3%, вместе с тем и себестоимость продукции на 1,5 руб, и соответственно увеличение прибыли на 8,2% при рентабельности производства на 0,6 %.

В результате проведенных производственных испытаний установлена эффективность применения какао лузги (обработка NaOH – 45 г/кг, и экструзия) при 5% зерновой части в составе рациона цыплят бройлеров, что подтверждается экономическими расчетами и рентабельностью производства.

## ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проблема низкого потребления животного белка (8-15 г в день) в большинстве стран была связана с удорожанием протеиносодержащих кормов (El-Shekeil Y.A., et. 2014). Согласно данным Caes B.R., 2015, затраты на кормление покрывают от 60 до 70% от общей стоимости производства моногастрических животных. Таким образом, замена одного или нескольких основных ингредиентов рациона дешевыми и доступными кормовыми субстратами будет способствовать снижению затрат на производство кормов для животных.

Сообщалось об использовании агроотходов, таких как кожура маниоки и скорлупа какао-бобов, в моногастральном животноводстве (Wang W., 2015). Скармливание птице фитохимических веществ (продуктов, полученных из растительного сырья, например, высушенного растительного сырья, эфирного масла, чистого изолированного соединения или экстракта, содержащих вторичные растительные метаболиты) считается надежным средством борьбы с негативным воздействием окислительного стресса у птиц.

Какао лузга – это типичные недоиспользуемые агроотходы коммерческой какао-фермы, которые могут обеспечить питательные преимущества для моногастрального животноводства (Waititu S.M., 2014). Её введение увеличивает рост и развитие цыплят-бройлеров, это установлено в экспериментальных исследованиях, к концу периода выращивания у птиц III опытной группы разница с контролем по массе достигла 3% ( $p \leq 0,05$ ).

Использование отходов мукомольной промышленности (отрубей) стало уже традиционным, достигая 5 % в комбикормах (Скоклеенко М.В. и др., 2014). При этом использование отходов других производств не находит широкого распространения, что приводит к их накоплению, порче и загниванию, негативно сказываясь на состоянии окружающей среды. К числу

таковых относится лузга какао-бобов (какао лузга), которая по своей питательности не уступает пшеничным отрубям (Liu Z et al., 2006).

Использование отходов в животноводстве препятствуют антипитательные вещества, которые снижают метаболизм животных и птицы. Поэтому различные процедуры, такие как ферментация, обработка золы, ферментные добавки (Bakkali F et al., 2008), замачивание и сушка увеличивают питательную ценность агроотходов. По результатам исследований показано, что достижение увеличения переваримости питательных веществ возможно путём обработки грубых кормов химическими реагентами, безвредными для организма животных.

Какао лузга используется, как ароматическая ростостимулирующая добавка с целью увеличения поедаемости кормов при использовании недорогих сырьевых компонентов с непривлекательным вкусом и запахом, как стимулятор и стабилизатор пищеварения, а также для стандартизации аромата при переходе с корма на корм (для сохранения рефлекса на известный аромат) (Tang Q, 2016). При добавлении какао лузги в корма для коров было отмечено повышение содержания витамина D в удоях (Фицев А.И. и др., 2003).

Предложенная методика с применением гидроксида натрия на какао лузгу, приводило к физико-химическим и структурным изменениям в молекуле целлюлозы. Благодаря данной обработке повышались показатели переваримости и питательности лузги. Это происходило из-за разрушения лигнинового комплекса (Zhou J et al., 2016).

С увеличением количества вводимой щёлочи происходит заметное снижение содержания клетчатки, по сравнению с исходным продуктом с 21,55% до 10,55%, при этом возрастает количество протеина с 16,23 до 18,67% ( $p \leq 0,05$ ) и безазотистого экстрактивного вещества с 38,56 до 48,55% ( $p \leq 0,05$ ) в лузге обработанной щелочью в количестве 60 г/кг, по сравнению с исходным продуктом. При этом уменьшается на 11-12% содержание токсичных веществ в организме птицы, эти данные согласуются с исследованиями Zdunczyk Z et al., 2015.

Анализ после химической обработки какао лузги показал, что она способствовала повышению переваримости сырого жира с 13,98 % в нативной лузге до 43,55 % ( $p \leq 0,05$ ) – в образце, обработанном гидроксидом натрия в количестве 60 г/кг. Известно, что сочетание обработки золой с ферментацией улучшает питательную ценность муки из шелухи стручков какао и её пригодность для животноводства и птицеводства (Kimball SR et al., 2006). В частности, включение в рацион обработанной муки из шелухи стручков какао до 150 г/кг поддерживает нормальные показатели роста, характеристики туши и относительную массу внутренних органов кроликов (Delaquis PJ et al., 2002).

Использование какао лузги в кормах для животных ограничено содержанием в них ядовитого для многих животных теобромина. Содержание теобромина не должно превышать 0,027 г на 1 кг массы тела (Cowan MM, 1999; Wegener HC, 2003). Теобромин может быть удалён из какао лузги экстракционными методами, такими как сверхкритическая экстракция  $\text{CO}_2$ . С помощью сверхкритического  $\text{CO}_2$  можно полностью удалить теобромин из оболочек и получить экстракты, богатые этим компонентом. Обработка щёлочью также доказала свою способность снижать содержание теобромина (Malesci A et al., 1995; Huang MJ et al., 2016).

Применение отходов сельскохозяйственного производства в животноводстве препятствуют антипитательные вещества, которые снижают метаболизм питательных веществ. Поэтому различные процедуры, такие как ферментация, обработка золы, ферментные добавки, замачивание и сушка увеличивают питательную ценность агроотходов. Известно, что сочетание обработки золой улучшает питательную ценность муки из шелухи стручков какао и её пригодность для животноводства и птицеводства. В частности, включение в рацион обработанной муки из шелухи стручков какао до 150 г/кг поддерживает нормальные показатели роста, характеристики туши и относительную массу внутренних органов цыплят-бройлеров (Dhama K., 2015).

Обработка какао лузги щелочью в концентрации 45 г/кг частично разрушает верхний слой лузги и при набухании исходный состав остается неизменным. С увеличением количества вводимой щелочи происходит заметное снижение содержания клетчатки, по сравнению с исходным продуктом с 21,55% до 10,55%, при этом возрастает количество протеина с 16,23 до 18,67% и безазотистого экстрактивного вещества с 38,56 до 48,55% в лузге по сравнению с исходным продуктом. Все эти результаты показывают, что разработка нового источника натуральных волокон из отходов шоколадной промышленности, таких как скорлупа какао, может предложить ценный и дешевый источник пищевых волокон и обеспечить широкое применение в пищевой промышленности.

По результатам анализа, внутригрупповая сравнительная оценка питательной ценности рационов с заменой 5% пшеницы на какао лузгу, установила превосходство птицы III группы над II опытной по переваримости протеина и золы на 1,9 и 2,3% соответственно, при снижении сырого жира на 2,3%. Опираясь на наши данные Andrade I.O., et.al., 2010 о положительном влиянии какао лузги на организм цыплят, можно сделать заключение, что благодаря своему составу она может быть использована для дальнейшего применения в качестве источника энергии в сельском хозяйстве.

Кроме того, извлечение какавеллы имеет высокую экономическую ценность, поскольку является дешевым сырьем для извлечения различных компонентов и может использоваться в качестве биологически активных добавок в птицеводстве. Однако безопасность скорлупы какао следует исследовать более тщательно, поскольку она обрабатывается различными пестицидами и может содержать тяжелые металлы и афлатоксины (Afolayan S.B., et.al., 2012). В эксперименте было отмечено более низкое содержание в теле бройлеров III опытной группы алюминия – на 11,2%, кадмия – на 123,0% ( $p < 0,01$ ), ртути на 34,1% ( $p < 0,01$ ), свинца – на 38,2% ( $p < 0,05$ ), в сравнение с контрольной группой при внесении в рацион питания 5% лузги какао обработанной щелочью с последующей экструзией.

Решение проблемы увеличения органических отходов, которая оказывает большую экологическую и финансовую нагрузку на перерабатывающую промышленность зависит от разработки новых технологий эффективного использования сырья в производственном процессе. Какао лузга богата белком, пищевыми волокнами и золой, и другими ценными биологически активными соединениями, такими как метилксантины и фенолы (Huang M.J., 2016). Введение в рацион какао лузги приводило к увеличению показателя СОЭ в I (3,28 %), II (9,84 %), III (21,31 %) ( $p \leq 0,05$ ). Лучшими результатами по показателю гемоглобина характеризовалась птица III опытной группы 118,4 г/л, что выше на 4,3% ( $p \leq 0,05$ ) выше относительно цыплят контрольной группы.

Скорлупа какао также потенциально влияет на здоровье при высоком уровне холестерина. Данные, полученные на опытных цыплята-бройлерах, показали, что в группах происходило снижение холестерина по сравнению с контролем на 6,9 % в I и II опытной группе, в III опытной группе на 20,69 % ( $p \leq 0,05$ ). Это подтверждается Рамосом И.А., и др. 2018, которые сообщили, что какао-продукт, полученный после ферментативной обработки скорлупы какао, богатый растворимыми пищевыми волокнами и значительным количеством антиоксидантных полифенолов, вызывал замечательные гипохолестеринемические и гипотриглицеридемические реакции у птицы, которую кормили атерогенной диетой. Происходило снижение перекисного окисления липидов, тем самым уменьшая ряд факторов риска заболеваний.

Замена 5 % пшеницы на какавеллу, обработанную щелочью, и подвергнутую экструзии положительно повлияло на переваримость питательных веществ. Цыплята-бройлеры III опытной группы в ростовой период лучше переваривала безазотистые вещества и сырой протеин на 4,8 и 2,7% соответственно, чем контрольная, что в совокупности привело к повышению усвояемости органической части рациона на 3,8% ( $p \leq 0,05$ ). Какао лузга, благодаря своей питательной ценности и ценным биологически активным соединениям, может стать желательным сырьем для широкого

спектра, а также как дешёвой энергии для выращивания птицы (Jimoh A.A., 2018).

Какао лузга содержит 16,23% сырого протеина, что сопоставимо с показателями отрубей. Содержание сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ в лузге какао – 21,55 и 38,56% против 7,3% и 60,08, соответственно, в отрубях, снижает её питательную ценность, по сравнению с последними. Однако к положительным характеристикам какао лузги можно отнести её насыщенность макро и микроэлементами. При этом возникает ряд вопросов, связанных с эффективностью использования отходов кондитерского производства на метаболизм, в частности на минеральный обмен.

В нашем экспериментальном исследовании замена 5 % пшеницы на какао лузгу обработанной щёлочью в количестве 45 г/кг у II опытной группы улучшало состояние минерального обмена по эссенциальным и условно-эссенциальным элементам. У птицы III опытной группы с заменой 7,5% скорость накопления токсичных элементов была выше по сравнению с птицей I и II опытной группы.

С увеличением количества вводимой щелочи происходит заметное снижение содержания клетчатки (Cheng G., et.al., 2014), по сравнению с исходным продуктом с 21,55% до 10,55%, при этом возрастает количество протеина с 16,23 до 18,67% ( $p \leq 0,05$ ) и безазотистого экстрактивного вещества с 38,56 до 48,55% ( $p \leq 0,05$ ) в лузге обработанной щелочью в количестве 60 г/кг, по сравнению с исходным продуктом. При этом уменьшается на 11-12% содержание токсичных веществ в организме цыплят.

Стабильность химического состава является одним из важнейших и необходимых условий нормального функционирования организма (Cosby D.E., 2015). Поэтому выявление и оценка отклонений в обмене макро и микроэлементов, а также их коррекция являются перспективным направлением современной сельскохозяйственной биологии. Какао лузга способствовала степени доступности минеральных веществ, содержащихся в

продукте, что выразалось в повышении эссенциальных элементов от 14,42 до 21,87 % ( $p \leq 0,05$ ).

Подопытная птица III группы превышала контрольные значения по уровню в теле бора – на 81,4%, лития – на 50,0%, никеля – на 26,6%, ванадия – на 46,6%, кобальта – на 85,7%, меди – на 14,7%, железа – на 55,9%, марганца – на 41,8% и цинка – на 18,7%, уступая им в концентрации мышьяка на 10,1%, селена – на 37,8% и йода – на 41,3%. Полученные результаты доказывают моделирующую роль какавеллы в обмене микро- и макроэлементами. Какао-лузга в опытах оказывает протективное действие на токсичные элементы, снижая их содержание в организме, а также обладает биоактивными свойствами при замене пшеницы на 5% какао-лузги.

Потенциал использования какавеллы в качестве минерального источника для улучшения производительности у птицы является значительным (Oloruntola O.D., et.al. 2018). В связи с этим для эффективности её действия необходимо проводить постоянный мониторинг элементного статуса организма для разработки методов коррекции по макро- и микроэлементам. Также в процессе исследования было установлено уменьшение усвоения макроэлементов кальция и калия и его накопление в организме цыплят I опытной группы на 2,9 и 3,2%, во II опытной – 3,9 и 2,9% и III опытных групп 7,7 и 9,3 % ( $p < 0,05$ ) соответственно, в сравнение с показателями группы контроля.

Анализ показывает, что какавелла представляет собой ценный побочный продукт пищевой промышленности, который можно использовать в птицеводстве (Goyal A.K., 2014). Под влиянием какао-лузги происходили изменения во вкусовых качествах мяса и суппродуктов бройлеров. В исследуемых группах вкусовые качества мяса птицы I, II, III групп находились в пределах 4,60 - 4,64 балла, против 4,54-4,56 в контрольной группе в диапазоне 4,55-4,57 балла.

Кормление птицы с помощью фитохимических веществ (продукты, полученные из растений, например, высушенное растительное сырье, эфирные

масла, чистые, изолированные соединения, или экстракт, которые содержат вторичные растительные метаболиты), которые были зарегистрированы в качестве надежного средства борьбы с негативными последствиями окислительного стресса в теплонапряженных птицы (Akbarian A., и др., 2016). Как установлено из экспериментальных данных, что использование в рационе какао лузги приводит к высокому использованию валовой энергии на рост, особенно это проявлялось у бройлеров III опытной группы - 21,3% от валовой энергии, что на 1,6% выше значений контрольной птицы.

Питание оказывает заметное влияние на выход качественного мяса животных, и их относительная масса органов очень полезна для прогнозирования токсического действия в кормлении (Ayodele et al. 2016; Oloruntola et al. 2018). Кроме того, токсины, содержащиеся в рационе питания, могут всасываться и накапливаться в различных тканях или органах-мишенях и вызывать повреждение клеток и изменять их нормальную структуру или функцию. В теле птиц III опытной группы была выявлена максимальная концентрация энергии - 14,5 МДж/гол, что превосходит контрольные показатели на 0,8 МДж/гол, I и II опытной групп – на 0,4 МДж/гол и 0,3 МДж/гол, соответственно.

Кроме того, цыплята регулируют потребление корма, чтобы удовлетворить свои потребности в энергии для роста (Ferket and Gernat, 2006; Gajana et al., 2011). Это может частично объяснить причину наблюдаемого увеличения потребления корма в рационе птицы. В опыте частичная замена пшеницы на какао лузгу сопровождалась повышением интенсивности межклеточного обмена, при этом наиболее оптимальными значениями характеризовались цыплята III опытной группы. У них наибольшая эффективность использования валовой энергии на рост составила - 21,3 %, что на 1,6 % выше значений контрольной птицы.

Кормление цыплят-бройлеров какао-шелухой приводило к снижению расхода корма на 1,3 %, уменьшению себестоимости продукции на 1,5 руб., при этом увеличивалась прибыль на 8,2 % при рентабельности на 0,6 %. Данные

показатели позволили обосновать практическое использование на птицефабриках данного продукта. Это позволит производству увеличить резервы для организации рентабельного производства.

Согласно Nworgu F.K. et.al., (1999), затраты на кормление покрывают от 60 до 70% от общей стоимости производства моногастрических животных. Таким образом, замена одного или нескольких основных традиционных кормовых ингредиентов дешевыми и доступными нетрадиционными кормовыми ингредиентами приведет к снижению затрат на производство кормов для животных и птицы.

Ввиду малой стоимости вторичных сырьевых ресурсов их использование в животноводстве заведомо снижает себестоимость животноводческой продукции. Однако в большинстве случаев используемые отходы скармливаются, как правило, без предварительной подготовки. При этом зачастую не учитывается действие данных кормовых средств на пищеварение и обмен веществ в организме животных (Чугунова О.В., и др. 2014).

Таким образом, представленные результаты свидетельствуют о перспективности использования какао лузги в птицеводстве с частичной заменой основного традиционного кормового ингредиента. Кроме того, использование какавеллы имеет высокую экономическую ценность, поскольку является дешевым сырьем для извлечения различных компонентов и может использоваться в качестве биологически активных добавок в птицеводстве.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании зоотехнических, биохимических, физиологических и экономических методов исследований проведено сравнительное изучение влияния какао лузги при различной обработке на обмен веществ и продуктивность цыплят-бройлеров сформулированы следующие выводы:

1. Частичное разрушение лигнина-целлюлозных комплексов, возникающее в результате экспозиции какао лузги с гидроксидом натрия в дозе от 45 до 60 г/кг корма приводило к увеличению доступности химических веществ для пищеварительных ферментов, а дополнительная экструзия выражалась эскалацией биологического потенциала за счет снижения клетчатки до 8,55 %, увеличением переваримости жира до 55,5% (>8 %), протеина до 68,6% (>12 %) и энергетического пула до 11 МДж.

2. Включение оптимальной дозировки какао лузги в рацион цыплят бройлеров в дозе 50 г/кг корма, стимулирует переваримость сырого жира на 1,2-4,5% и БЭВ на 2,0-5,9%, поедаемости кормов на 1,2% и среднесуточного привеса на 0,8 г/сутки. При введении в рацион 7% какао лузги проявляется небольшой отрицательный эффект, который выражается в снижении средне среднесуточного прироста на 5,8%.

3. Подготовка какао лузги путем обработки гидроксидом натрия в дозе 45 г/кг с последующей экструзией и включением в состав рациона путем замены 5 % зерновой части (пшеница) способствует увеличению переваримости сырого жира на 3,7 % ( $p \leq 0,05$ ), протеина на 2,3% ( $p \leq 0,05$ ) и БЭВ на 4,8% ( $p \leq 0,05$ ) и ростовых характеристик цыплят бройлеров на 5,2 %.

4. Метаболический потенциал какао лузги сопровождается вариабельностью морфо-биохимического статуса, выражался в увеличении интенсивности белкового обмена на 5,36 %, глюкозы на 12,5 %, холестерина на 21 % и обмена кальция, магния и железа в крови цыплят-бройлеров. Какао лузга обеспечила рост гемоглобина на 5,2 %, тромбоцитов – 9,84 % и лейкоцитов – 2,73 %.

5. Отсутствие отрицательного эффекта при включении в рацион модифицированной какао лузги подтверждалось позитивным влиянием на накопление протеина (11,8 %) и энергии (0,8 %), и убойного выхода на 1%, на фоне снижения жира на 1,9 %.

6. В зависимости от интенсивности минерального обмена и эффективности использования химических элементов, сформирован минеральный профиль  $\frac{B, Li, V, Na, P, Cd \uparrow}{As, Hg, Sr \downarrow}$ , который свидетельствует о участии установленных элементов в метаболических процессах происходящих в организме при внесении в рацион цыплят-бройлеров какао лузги.

7. Включение подготовленную какао лузгу в рацион бройлеров, как альтернативной части пшеницы сопровождалось повышением интенсивности межклеточного обмена, на фоне минимальных потерь энергии с пометом - 27,8 %, эффективностью использования валовой энергии на 1,6 % и увеличением энергии прироста на 5,5 %.

8. Эффективность включения какао лузги (обработка NaOH – 45 г/кг, и экструзия) при 5% замене зерновой части в составе рациона цыплят бройлеров подтверждается снижением расхода корма на 1 кг прироста на 1,3 %, себестоимостью продукции на 1,5 руб, и соответственно увеличением прибыли на 8,2 % при рентабельности производства на 0,6 %.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения эффективности использования отходов какао промышленности в кормлении цыплят бройлеров, обеспечивающих получение 55-60 г среднесуточного прироста, рекомендуем включать в состав рациона какао лузгу при замене 5% зерновой части после обработки щелочью в дозе 45 г/кг и последующей экструзией, что обеспечит повышение питательной ценности продукта, снижении себестоимости производства птицеводческой продукции и увеличение рентабельности на 0,6 %.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Результаты полученных комплексных исследований могут быть использованы как в практическом, так и научном плане и подтверждают необходимость дальнейшего использования различных методов подготовки отходов сельскохозяйственного производства к скармливанию в частности:

- изучение способов увеличения питательной ценности отходов сельскохозяйственного производства путем снижения уровня антипитательных веществ и внедрения альтернативных методов подготовки модифицированного сырья;

- использование какао лузги как матрицы (носителя) различных пробиотических и минеральных компонентов с целью создания препаратов направленного действия;

- определение механизмов влияния отходов какао производства на микробиологический статус кишечника и механизмов адаптации внешнесекреторной функции поджелудочной железы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашкина, Е.М. Эффективность применения какаоветлы при выращивании цыплят-бройлеров / Е.М. Абашкина, Л.В. Новиков, В.А. Манукян, Е.Ю. Байковская // Птицеводство. – Москва. – 2018. – №9. – С. 21-24.
2. Азимов, Д.С. Биологически активные добавки в комбикормах мясных кур / Д.С. Азимов // Птицеводство. – Москва. – 2014. – №11. – С. 13-14.
3. Андрианова, Е.Н., Григорьева, Е.Н, Кривопишина, Л.В. Хелаты микроэлементов в кормлении цыплят-бройлеров / Е.Н. Андрианова, Е.Н. Григорьева, Л.В. Кривопишина // Птицеводство. – Москва. –2018. – №5. – С. 8-11.
4. Антипова, Л.В., Морковкина, И.А., Попов, В.И. Использование молочного и растительного сырья как основы для функциональных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Морковкина, В.И. Попова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – №23. – С. 81-84.
5. Артюхов, А.И., Сорокин, А.Е. Люпин в кормлении птицы / А.И. Артюхов, А.Е. Сорокин // Птицеводство. – Москва. – 2016. – №11. – С. 2-6.
6. Астраханцев, А.А. Влияние БАД в рационах кур-несушек на интерьерные показатели / А.А. Астраханцев, П.В. Дородов, К.В. Косарев // Птицеводство. – Москва. – 2017. – №3. – С. 44-48.
7. Астраханцев, А.А., Косарев, К.В. Продуктивность кур-несушек при использовании БАД /А.А. Астраханцев, К.В. Косарев // Птицеводство. – Москва. – 2018. – №4. – С. 28-33.
8. Басова, Е.А. Влияние уровня энергии и аминокислот на продуктивность бройлеров / Е.А. Басова // Птицеводство. – Москва. – 2017. – №5. С. 8-9.
9. Бачкова, Р.С. Кормление птицы: наука и практика / Р.С. Бачкова // Птицеводство. – Москва. – 2016. – №6. – С. 2-7.

10. Беззубцева, М.М., Волков, В.С. Перспективы использования какаоеллы в кормопроизводстве и энергосберегающая технология ее переработки / М.М. Беззубцева, В.С. Волков // Крупный и малый бизнес в апк: роль, механизмы взаимодействия, перспективы. – Санкт-Петербург. – 2009. – 75 с.
11. Беззубцева М.М., Волков В.С., Ружьев В.А. Ресурсосберегающая технология переработки какаоеллы / М.М. Беззубцева, В.С. Волков, В.А. Ружьев // Формирование и развитие новой парадигмы науки в условиях постиндустриального общества. – Уфа. – 2021. – С. 5-18.
12. Белооков, А.А. Экономическая эффективность применения микробиологических препаратов в птицеводстве / А.А. Белооков, О.В. Белоокова // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2018. – №6. – С. 21-25.
13. Буряков, Н.П., Заикина, А.С. Доступный кальций в рационе кур родительского стада / Н.П. Буряков, А.С. Заикина // Птицеводство. – Москва. – 2018. №5. – С. 16-21.
14. Бухтиярова, Т.И. Совершенствование управленческой деятельности гусеводческих предприятий Курганской области / Т.И. Бухтиярова, Н.В. Гривас //Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 6. – С. 27 - 29.
15. Волинкина, М.Г., Хлыстунова, В.А., Костомахин, Н.М. Характеристика ферментных препаратов для животных / М.Г. Волинкина, В.А. Хлыстунова, Н.М. Костомахин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2016. – №3. – С. 54-61.
16. Вервейко, Б.Н., Кучеров, В.А. Пять лет на рынке комбикормов / Б.Н. Вервейко, В.А. Кучеров // Птицеводство. – Москва. – 2013. – №2. – С. 33-36.
17. Вяйзенен, Г.Н. Новая технология выращивания мясных цыплят / Г.Н. Вяйзенен, А.И. Токарь, А.Г. Вяйзенен и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2016. – №5. – 7-17.

18. Грязнов, А.А., Романова, О.В., Грязнова, О.А. Нетрадиционные сорта ячменя в животноводстве / А.А. Грязнов, О.В. Романова, О.А. Грязнова // Кормление сельскохозяйственных животных и птицы. – 2018. – №. 7. – 47-56.
19. Горковенко, Л.Г. Ресурсосберегающие подходы к кормлению птицы / Л.Г. Горковенко, Д.В. Осепчук, А.И. Петенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Кубань. – 2016. – № 115. – С. 1-10.
20. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введ. 01.01.1995. М.: Стандартинформ, 1993. 17 с.
21. ГОСТ 24230-80. Корма растительные. Метод определения переваримости *in vitro*. Введ. 01.07.1981. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 4 с.
22. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1977. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 8 с.
23. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2014. 18 с.
24. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания сырого жира (с Изменением №1). Введ. 01.01.1999. М.: Стандартинформ. 1997. 19 с.
25. Гутров, В.Ю. Повышение эффективности выращивания бройлеров за счёт оптимизации рационов / В.Ю. Гутров, И.В. Булатова, Н.Ю. Лазерева // Птицеводство. Москва. – №5. – 2017. – С. 23-25.
26. Дерендяев, Г.П., Сунцова, М.В. Система биологической безопасности в производстве комбикормов / Г.П. Дерендяев, М.В. Сунцова // Птицеводство. – Москва. – 2014. – №3. – С. 15-19.

27. Егоров, И.А. Современные подходы к кормлению птицы / И.А. Егоров // Птицеводство. – 2014. – №4. – С. 11-16.
28. Зяблицева, М.А., Белооков, А.А. Влияние микробиологических препаратов на качество мяса бройлеров / М.А. Зябликов, А.А. Белооков // Птицеводство. – Москва. – 2017. – №2. – С. 48-52.
29. Зяблицева, М.А., Белооков, А.А. Кормление цыплят-бройлеров при добавлении микробиологических препаратов / М.А. Зябликов, А.А. Белооков // Птицеводство. – Москва. – 2017. – №8. – С. 48-52.
30. Игнатович, Л.С. Использование нетрадиционных кормовых добавок в рационах кур-несушек / Л.С. Игнатович // Птицеводство. Москва. – 2016. – №. 11. – С. 16-19.
31. Кассамединов, А.И., Разумовская, Р.Г. Повышение питательной ценности кормов, применяемых в птицеводстве / А.И. Кассамединов, Р.Г. Разумовская // Вестник АГТУ. – 2008. – №3 (44). – С. 110-114.
32. Кокорева, Л.А., Заворохина, Н.В., Чугунова, О.В., Крюкова, Е.В. Перспективы использования в общественном питании порошков какао-веллы, выработанной с помощью ротационно-каскадной технологии измельчения / Л.А. Кокорева, Н.В. Заворохина, О.В. Чугунова, Е.В. Крюкова // Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли. – 2014. – С. 45-48.
33. Колчина, В.Л. Гематологические показатели цыплят-бройлеров при использовании в кормлении пробиотического препарата «Моноспорин» / В.Л. Колчина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2014. – №2. – С. 56-59.
34. Колодина, Е.Н. Влияние кормовой добавки на микробиоэценоз и продуктивность птицы / Е.Н. Колодина // Птицеводство. – Москва. – 2018. – №5. – С. 26-30.
35. Корнен, Н.Н., Першакова, Т.В., Шахрай, Т.А., Федосеева, О.В. Пищевые и биологически активные добавки из вторичных растительных ресурсов / Н.Н. Корнен, Т.В. Пашкова, Т.А. Шахрай, О.В. Федосеева //

Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №121. – С. 1037-1053.

36. Косыпов, С.А., Корниенко, С.А. Биологически активная добавка «Nutralite плюс» в кормлении цыплят-бройлеров / С.А. Косыпов, С.А. Корниенко // Кормление сельскохозяйственной птицы и кормопроизводство. – 2018. – №. 5. – С. 37-48.

37. Кундышев, П.П., Ландшафт, М.В., Кузнецов, А.С. Способы повышения эффективности птицеводства / П.П. Кундышев, М.В. Ландшафт, А.С. Кузнецов // Птицеводство. – Москва. – 2013. – №6. – С. 19-22.

38. Лебедев, С.В., Мирошникова, Е.П., Гречкина, В.В. Влияние микрочастиц железа и пробиотического препарата соя-бифидум на рост, развитие и морфо-биохимические показатели цыплят-бройлеров / С.В. Лебедев, Е.П. Мирошникова, В.В. Гречкина // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – №4. – С. 227-237.

39. Липова, Е.А. Эффективность использования рационах цыплят-бройлеров биологически активных веществ / Е.А. Липатова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Волгоград. – 2014. – №4. – С.3-4.

40. Лукичева, А.В. Коррекция энергетического обмена цыплят-бройлеров биологически активными веществами / А.В. Лукичева // Современные вопросы интенсификации кормления, содержания животных и улучшения качества продуктов животноводства. Матер. конф., посвящ. 80-летию МВА им. К.И. Скрябина. – Москва. – 1999. – С. 74-75.

41. Магомедов, Г.О., Черемушкина, И.В., Плотникова, И.В. Методика повышения качества порошка из каковеллы / Г.О. Магомедов, И.В. Черемушкина, И.В. Плотникова // Гигиена и Санитария. – Москва. – 2015. – Т. 94. – №9. – С. 90-92.

42. Манаенков, В.В. Состояние и перспективы развития российской комбикормовой отрасли // Бизнес партнер. – Москва. – 2013. – С. 58-60.

43. Манукян, В.А. Высокобелковый растительный концентрат для цыплят-бройлеров / В.А. Манукян, Е.Ю. Байковская, Т.М. Ребракова и др. // Птицеводство. – Москва. – 2017. – №12. – С. 25-28.

44. Мацерушка, А.Р., Туз, Д.В., Очнев, С.В. Пути повышения производства продуктов птицеводства / А.Р. Мацерушка, Д.В. Туз, С.В. Очнев // Птицеводство. – Москва. – 2015. – №1. – С. 41-43.

45. Недопёкина, С.В. Изменения в крови цыплят при введении в рацион новой кормовой добавки / С.В. Недопёкина, С.Д. Чернявских, И.Н. Гальцева, А.Д. Коваленко // Птицеводство. – Москва. – 2018. – № 10. – 2018. – С. 26-28.

46. Нестеров, Д.В., Сипайлова О.Ю. Влияние цинка на эффективность использования кормовых ферментных препаратов / Д.В. Нестеров, О.Ю. Сипайлова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – №6 (112). – С. 156-159.

47. Никитин, А.Ю., Лебедев, С.В., Гречкина, В.В. Влияние ферментного препарата Ровабио на переваримость, рост и морфо-биохимические показатели крови у цыплят-бройлеров кросса «Смена -7» / А.Ю. Никитин, С.В. Лебедев, В.В. Гречкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург. – 2019. – №2 (76). – С. 247-249.

48. Норбабаева, С.Т., Эргашев, Д.Д., Комилзода, Д.К., Бозоров, Ш.Э. Использование нетрадиционных кормов в рационе яичных кур в условиях Таджикистана / С.Т. Норбабаева, Д.Д. Эргашев, Д.К. Комилзода, Ш.Э. Бозоров // Животноводство. – 2015. – №3. – С. 38-41.

49. Нуралиев, Е.Р., Кочиш, И.И. Применение фитобиотика «Провитол» для улучшения конверсии корма в промышленном птицеводстве / Е.Р. Нуралиев, И.И. Кочиш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – С. 38-45.

50. Османян, А.К. Использование предстартерных рационов с разным содержанием энергии, протеина и аминокислот в кормлении цыплят-

бройлеров / А.К. Османян, Р. Махдави, А.Н. Шевяков // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2018. – №3. – С. 26-34.

51. Околелова, Т.М. Повышение продуктивности и сохранности бройлеров при использовании препаратов Стролитин и Бутофан ОР / Т.М. Околелова, Р.Ш., Мансуров, Л.В. Кривопишина и др. // Птицеводство. – Москва. – 2015. – №2. – С. 21-24.

52. Околелова, Т.М. Российский препарат подтвердил эффективность в Бразилии / Т.М. Околелова // Птицеводство. – Москва. – 2016. – №1. – С. 25-28.

53. Остроумов, Л.А. Биохимические аспекты использования кормовой добавки «Лазет-Вита» в питании цыплят-бройлеров / Л.А. Остроумов, Г.Б. Гаврилов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – №8. – С. 32-36.

54. Покровская, Ю.С., Безвиконная, Т.В., Симонян, А.В. Разработка технологии выделения суммы аминокислот из какаоеллы и лекарственной формы на ее основе / Ю.С. Покровская, Т.В. Безвиконная, А.В. Симонян // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины. – Волгоград. – 2004. – 146 с.

55. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / ВНИТИП; Подгот.: Имангулов Ш.А., Егоров И.А., Околелова Т.М. и др. Сергиев Посад. – 2000. – 19 с.

56. Рябуха, Л.А., Ланцева, Н.Н. Продуктивность сельскохозяйственной птицы при скармливании комбинированных кормовых добавок / Л.А. Рябуха, Н.Н. Ланцева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – №8. – С. 14-24.

57. Сван, Д. Оптимальное решение для современных рационов птицы / Д.Сван // Птицеводство. – Москва. – 2015. – №6. – 2015. – С. 33-37.

58. Симоненков, Д.А. исследование процесса дезинсекции какаоеллы с использованием методов электротехнологий / Д.А. Симоненков // Известия

Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №46. – С. 261-265.

59. Симонян, А.В., Покровская, Ю.С. Получение водного экстракта какаоеллы / А.В. Симонян, Ю.С. Покровская // Фармация. – 2011. – №7. – С. 39-42.

60. Скоклеенко, М.В., Куличенко, А.И., Мамченко, Т.В. Применение вторичных продуктов переработки какао бобов для повышения конкурентоспособности кондитерских изделий / М.В. Скоклеенко, А.И. Куличенко, Т.В. Мамченко // Молодой ученый. – 2014. – №6. – С. 366-368.

61. Спесивцев, А.С. Корма с оптимальными вариациями биологически активных веществ в рационах цыплят-бройлеров / А.С. Спесивцев // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2018. – №3. – С. 53-66.

62. Темираев, Р.Б. Биологически активные добавки в рационах бройлеров / Р.Б. Темираев, А.А. Баева, З.Г. Дзидзоева // Птицеводство. – 2011. – №9. – С. 50-51.

63. Тухбатов, И.А. Переваримость и использование питательных веществ рациона цыплятами-бройлерами под влиянием БАД / И.А. Тухбатов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2014. – №4. – С. 34-40.

64. Усова, Т.В. Влияние биологического комплекса кормов на показатели продуктивности и состав микрофлоры кишечника цыплят-бройлеров / Т.В. Усова, Н.Н. Ланцева, А.Н. Швыдков и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2017. – №. 11. – С. 46-52.

65. Фаритов, Т.А. Повышение качества кормов и эффективность их использования / Т.А. Фаритов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – №5-6. – С. 87-91.

66. Фёдоров, М.В., Кокорева, Л.А. Использование какаоеллы в общественном питании / М.В. Фёдоров, Л.А. Кокорева // Использование

пищевых добавок при производстве продуктов питания. – Пятигорск. – 2004. – С.8-13.

67. Фисинин, В.И., Сурай, П. Иммуитет в современном животноводстве и птицеводстве: от теории к практике иммуномодуляции / В.И. Фисинин, П. Сурай // Птицеводство. – Москва. – 2013. – №5. – С. 4-10.

68. Фисинин, В.И. Научно-практический опыт мирового и отечественного птицеводства / В.И. Фисинин // Материалы Четвертой междунаро.конф. «Птицеводство мировой и отечественный опыт». – М.: Птицепромиздат. – 2007. – С. 10-33.

69. Фисинин, В.И. Снижение токсичности комбикормов для цыплят-бройлеров при использовании шунгита / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.В. Егорова и др. // Птицеводство. – Москва. – 2016. №2. – С. 23-27.

70. Фицев А.И., Григорьев Н.Г., Гаганов А.П. Современная оценка энергетической и протеиновой питательности растительных кормов / А.И. Фицев, Н.Г. Григорьев, А.П. Гаганов // Кормопроизводство. – 2003. – №12. – С. 29-32.

71. Фицев, А.И., Малиевская И.В. Зернобобовые в комбикормах цыплят-бройлеров // Сб. науч. тр./ Всерос. ин-т.животноводства: Комбикорма и балансирующие добавки в кормлении животных. – 2005. – Вып. 60. – С. 151-153.

72. Хамелин, К. Лучший препарат для рационов племенной птицы / К. Хамелин // Птицеводство. – Москва. – 2016. – №6. – С. 36-37.

73. Чугунова, О.В., Кокорева, Л.А., Заворохина, Н.В. Перспективы использования какаоеллы при производстве шоколадного сиропа / О.В. Чугунова, Л.А. Кокорева, Н.В. Заворухина // Пиво и напитки. – 2014. – №6. – С. 62-64.

74. Штеле, А.Л. Основные факторы использования зернобобовых культур в кормлении птицы / А.Л. Штеле // Птицеводство. – Москва. – 2015. – №2. – С. 25-30.

75. Abdelmoez, W., Mostafa, N., Mustafa, A. Utilization of oleochemical industry residues as substrates for lipase production for enzymatic sunflower oil hydrolysis. *J Clean Prod.* – 2013. – Vol. 59. – P. 290-297.
76. Adamafio, N.A., Cooper Aggrinage, E, Onaye, E.O., Laary, J.K., Onaye, J. Effectiveness of corn stalk ash in reducing tannin level and improving in vitro enzymatic degradation of polysaccharides in crop residues. *Ghana J Sci.* – 2004. – Vol. 44. – P. 87-92.
77. Adamafio, N.A. Theobromine Toxicity and Remediation of Cocoa By-products: An Overview. *J. Biol. Sci.* – 2013. – Vol. 37. – P. 570-576.
78. Adebowale, B.A., Olubamiwa, O. Growth Response of *Clarias gariepinus* juvenile to Cocoa Husk Endocarp Based Diets. *Agric. J.* – 2008. – Vol. 3. – P. 425-428.
79. Adeyeye, S.A., Agbede, J.O., Aletor, V.A., Oloruntola, O.D. Performance and carcass characteristics of growing rabbits fed diets containing graded levels of processed cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk meal supplemented with multi-enzyme. *J Appl Life Sci Int.* – 2018. – Vol. 17. – № 2. – P. 1-11
80. Afolayan, S.B., Dafwang, I.I., Tegbe, T.B., Sekoni, A. Response of broiler chickens fed maize-based diets substituted with graded levels of sweet potato meal. *Asian J Poult Sci.* – 2012. – Vol. 6. – №1. – P. 15-22.
81. Ahmad, F., Daud, W.M., Ahmad, M.A., Radzi, R. The effects of acid leaching on porosity and surface functional groups of cocoa (*Theobroma cacao*)-shell based activated carbon. *Chem. Eng. Res. Des.* – 2013. – Vol. 91. – P. 1028-1038.
82. Ahmad, F., Daud, W.M., Ahmad, M.A., Radzi, R. Using cocoa (*Theobroma cacao*) shell-based activated carbon to remove 4-nitrophenol from aqueous solution: Kinetics and equilibrium studies. *Chem. Eng. J.* – 2011. – Vol. 178. – P. 461-467.
83. Akbarian, A., Michiels, J., Degroote, J. Association between heat stress and oxidative stress in poultry: mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *J Anim Sci Biotech.* – 2016. – Vol. 7. – P. 35-37.

84. Akinfala, E.O., Aderibigbe, A.O., Matanmi, O. (2002) Evaluation of the nutritive value of whole cassava plant as replacement for maize in the starter diets for broiler chickens. *Livest Res Rural Dev.* – 2002. – Vol. 14. – №. 6. – P. 123-132.
85. Akimov, S.S., Lebedev, S.V., Grechkina, V.V., Miroshnikova, M.S., Topuria, G.M. The effectiveness of using mathematical modeling in assessing the quality of food products. *IOP: Earth and Environmental Science.* – Vol. 624 (2021) 012158.
86. Andrade, I.O., Pires, A.V., Carvalho, G.P. Perdas da características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim – elefante contendo subprodutos agrícolas – Losses, fermentation characteristics and nutritional. *Rev. Bras. Zootecn.* – 2010. – Vol. 39. – P. 2578-2588.
87. Aravindan, R., Anbumathi, P., Viruthagiri, T. Lipase applications in food industry. *Indian J Biotechnol.* – 2007. – Vol. 6. – 141 p.
88. Arentoft, B.W., Ali, A., Streibig, J.C., Andreasen, C.A New method to evaluate the weed-suppressing effect of mulches: A comparison between spruce bark and cocoa husk mulches. *Weed Res.* – 2013. – Vol. 53. – P. 169-175.
89. Arlorio, M., Coisson, J.D., Travaglia, F., Varsaldi, F. Antioxidant and biological activity of phenolic pigments from *Theobroma cacao* hulls extracted with supercritical CO<sub>2</sub>. *Food Res. Int.* – 2005. – Vol. 38. – P. 1009-1014.
90. Awolu, O.O., Oyeyemi, S.O. Optimization of bioethanol production from cocoa (*Theobroma cacao*) bean shell. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* – 2015. – №4. – P. 506-514.
91. Aybastier, Ö., Demir, C. Optimization of immobilization conditions of *Thermomyces lanuginosus* lipase on styrene–divinylbenzene copolymer using response surface methodology. *J Mol Catal B Enzym.* – 2010. – Vol. 63. – P.170-173.
92. Ayinde, O.E., Ojo, V., Adeyina, A.A., Adesoye, O. Economics of Using Cocoa Bean Shell as Feed Supplement for Rabbits. *Pak. J. Nutr.* – 2010. – Vol. 9. – P. 195-197.

93. Ayodele, S.O., Oloruntola, O.D., Agbede, J.O. Effect of diet containing *Alchornea cordifolia* leaf meal on performance and digestibility of Weaner rabbits. *World Rabbit Sci.* – 2016. – Vol. 24. – P. 201-2016.
94. Barazarte, H., Sangronis, E., Unai, E. La cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Arch. Latinoam. Nutr.* – 2008. – Vol. 58. – P. 64-70.
95. Barbosa, O., Ortiz, C., Berenguer-Murcia, Á. Glutaraldehyde in biocatalysts design: a useful crosslinker and a versatile tool in enzyme immobilization. *RSC Adv.* – 2014. – №4. – P.1583-1600.
96. Barbosa-Pereira, L., Guglielmetti, A., Zeppa, G. Pulsed Electric Field Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Cocoa Bean Shell and Coffee Silverskin. *Food Bioproc. Technol.* – 2018. – Vol. 11. – P. 818-835.
97. Bentil, J.A., Dzagbafia, V.B., Alemawor, F. Enhancement of the nutritive value of cocoa (*Theobroma cacao*) bean shells for use as feed for animals through a two-stage solid state fermentation with *Pleurotus ostreatus* and *Aspergillus niger*. *Int. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Res.* – 2015. – Vol. 3. – P. 20-30.
98. Bhardwaj, K., Raju, A., Rajasekharan, R. Identification, purification, and characterization of a thermally stable lipase from rice bran. A new member of the (phospho) lipase family. *Plant Physiol.* – 2001. – Vol. 127. – P.1728-1738.
99. Bonvehi, J.S., Beneria, M.A. Composition of dietary fibre in cocoa husk. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A.* – 1998. – Vol. 207. – P. 105-109.
100. Byoung, J.A., Chang, H.S., Lee, S.M., Choi, D.H., Cho, S.T., Han, G.S., Yang, I. (2014). Effect of binders on the durability of wood pellets fabricated from *LarixKaemferi* C. and *LiriodendromTulipifera* L. Sawdust. *Renewable energy.* – 2014. – Vol. 62. – P. 18-23.
101. Caballero, V.E., Wilson, S.L., Aroca, A.G. Influence of the pH of glutaraldehyde and the use of dextran aldehyde on the preparation of cross-linked

enzyme aggregates (CLEAs) of lipase from *Burkholderia cepacia*. *Electron J Biotechnol.* – 2011. – №14. – P. 10-15.

102. Castillejo, G., Bulló, M., Anguera, A., Escribano, J., Salas-Salvadó, J. A controlled, randomized, double-blind trial to evaluate the effect of a supplement of cocoa husk that is rich in dietary fiber on colonic transit in constipated pediatric patients. *Pediatrics.* – 2006. – Vol. 118. – P. 641-648.

103. Chan, S.Y., Choo, W.S. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. *Food Chem.* –2013. – Vol. 141. – P. 3752-3758.

104. Chen, J.C., Tsai, S.W. Enantioselective synthesis of (S)-Ibuprofen ester prodrug in cyclohexane by *Candida rugosa* lipase immobilized on Accurel MP1000. *Biotechnol Prog.* – 2000. – Vol.16. – P. 986-992.

105. Chung, B.Y., Iiyama, K., Han, K.W. Compositional characterization of cacao (*Theobroma cacao* L.) hull. *Agric. Chem. Biotechnol.* – 2003. – Vol. 46. – P. 12-16.

106. Collar, C., Rosell, C.M., Muguerza, B., Moulay, L. Breadmaking performance and keeping behavior of cocoa-soluble fiber-enriched wheat breads. *Food Sci. Technol. Int.* – 2009. – Vol. 15. – P. 79-87.

107. Day, E.J., Dilworth, B.C. Toxicity of jimson weed seed and cocoa shell meal to broiler. *Poult. Sci.* – 1984. – Vol. 63. – P. 466-468.

108. Dong, T., Zhao, L., Huang, Y., Tan, X. Preparation of cross-linked aggregates of aminoacylase from *Aspergillus melleus* by using bovine serum albumin as an inert additive. *Bioresour Technol.* – 2010. – Vol. 101. P. 6569-6571.

109. Donkoh, A., Atuahene, C., Wilson, B., Adomako, D. Chemical composition of cocoa pod husk and its effect on growth and food efficiency in broiler chicks. *Anim Feed Sci Technol.* – 1991. – №35. P. 161-169.

110. Dwevedi, A., Kayastha, A.M. Optimal immobilization of  $\beta$ -galactosidase from Pea (Ps BGAL) onto Sephadex and chitosan beads using response surface methodology and its applications. *Bioresour Technol.* – 2009. – Vol. 100. – P. 2667-2675.

111. Egbunike, G.N., Agiang, E.A., Owosibo, A., Fatufe, A.A. Effect of protein on performance and haematology of broiler fed cassava peel-based diets. *Arch Zootecn.* – 2019. – Vol. 58. – №.224. – P.655-662.
112. Eghosa, O.U., Rasheed, A.H., Martha, O., Luqman, A.A. Utilization of cocoa pod husk (CPH) as substitute for maize in layers mash and perception of poultry farmers in Nigeria. *Int J Sci Nature.* – 2010. – Vol. 1. – №. 2. – P. 271-275.
113. Emiola, I.A., Ojebiyi, O.O., Akande, T.O. Performance and Organ Weights of Laying Hens Fed Diets Containing Graded Levels of Sun-dried Cocoa Bean Shell (CBS) *Int. J. Poult. Sci.* – 2011. – Vol. 10. – P. 987-990.
114. Emtenani, S., Asoodeh, A., Emtenani, S. Molecular cloning of a thermo-alkaliphilic lipase from *Bacillus subtilis* DR8806: expression and biochemical characterization. *Process Biochem.* – 2017. – №48. – P. 1679-1685.
115. Falay, A.E. Evaluation of the Chemical and Nutrient composition of Cocoa husk (*Theobroma cacao*) and its potential as a fish feed ingredient. *Niger. J. Lasic Appl. Sci.* – 1990. – Vol. 4. – P. 157-164.
116. Ferket, P.R., Gernat, A.G. Factors that affect feed intake of meat birds: a review. *Int J Poult Sci.* – 2006. – Vol. 5. – №.10. – P. 905-911
117. Fioresi, F., Vieillard, J., Bargougui, R., Bouazizi, N. Chemical modification of the cocoa shell surface using diazonium salts. *J. Colloid Interface Sci.* – 2017. – Vol. 494. – P. 92-97.
118. Firatligil-Durmus, E., Evranuz, O. Response surface methodology for protein extraction optimization of red pepper seed (*Capsicum frutescens*) *LWT Food Sci Technol.* – 2010. – Vol. 43. – P. 226-231.
119. Gajana, C.S., Nkukwana, T.T., Chimonyo, M., Muchenje, V. Effect of altering the starter and finisher dietary phases on growth performance of broilers. *African J Biotechn.* – 2011. – Vol. 10. – №. 64. – P. 14203-14208.
120. Garcia-Galan, C., Berenguer-Murcia, Á., Fernandez-Lafuente, R., Rodrigues, R.C. Potential of different enzyme immobilization strategies to improve enzyme performance. *Adv Synth Catal.* – 2011. – №.353. – P. 2885-2904.

121. Gotor-Fernández, V., Brieva, R., Gotor, V. Lipases: useful biocatalysts for the preparation of pharmaceuticals. *J Mol Catal B Enzym.* – 2006. – №40. – P. 111-120.
122. Gottifredi, J.C., Gonzo, E.E. On the effectiveness factor calculation for a reaction-diffusion process in an immobilized biocatalyst pellet. *Biochem Eng J.* – 2005. – Vol. 24. – P. 235-242.
123. Goyal, A.K., Brahma, B.K. Antioxidant and nutraceutical potential of bamboo: an overview. *Int J Fundamental Appl Sci.* – 2014. – Vol. 3. – P. 2-10.
124. Guauque, M., Torres, M., Foresti, M., Ferreira, CLEAs of *Candida antarctica* lipase B (CALB) with a bovine serum albumin (BSA) cofeeder core: study of their catalytic activity. *Biochem Eng J.* – 2014. – Vol. 90. – P. 36-43.
125. Guzik, U., Hupert-Kocurek, K., Wojcieszynska, D. Immobilization as a Strategy for improving enzyme properties-application to oxidoreductases. *Molecules.* – 2014. – Vol. 33 – P. 8995-9018.
126. Grechkina, V.V., Lebedev, S.V., Miroshnikov, I.S., Ryazanov, V.A., Sheida, E.V., Korolev, V.L. Justification of rational and safe biotechnological methods of using fat additives from vegetable raw materials / V.V. Grechkina, S.V. Lebedev, I.S. Miroshnikov, V.A. Ryazanov, E.V. Sheida, V.L. Korolev // *IOP: Earth and Environmental Science.* – 2021. – Vol. 624. – №1. – P. 012160.
127. Hale, S., Alling, V., Martinsen, V., Mulder, J., Breedveld, G., Cornelissen, G. The sorption and desorption of phosphate-P, ammonium-N and nitrate-N in cacao shell and corn cob biochars. *Chemosphere.* – 2013. – Vol. 91. – P. 1612-1619.
128. Hartati, I. Hydrotropic Extraction of Theobromine from Cocoa Bean Shell. *Momentum.* – 2010. – Vol. 6. – P. 17-20.
129. Hasan, F., Shah, A.A., Javed, S., Hameed, A. Enzymes used in detergents: lipases. *Afr J Biotechnol.* – 2013. – №9. – P. 4836-4844.
130. Hernandez, K., Fernandez-Lafuente, R. Control of protein immobilization: coupling immobilization and site-directed mutagenesis to improve

biocatalyst or biosensor performance. *Enzyme Microb Technol.* – 2011. – №.48. – P. 107-122.

131. Hernández-Hernández, C., Viera-Alcaide, I., Sillero, A.M. Bioactive compounds in Mexican genotypes of cocoa cotyledon and husk. *Food Chem.* – 2018. – Vol. 240. – P. 831-839.

132. Hwang, E.T., Gu, M.B. Enzyme stabilization by nano/microsized hybrid materials. *Eng Life Sci.* – 2013. – Vol. 13. – P. 49-61.

133. Jimoh, A.A., Ayedun, E.S., Oyelade, W.A., Oloruntola, O.D. Protective effect of soursop (*Annona muricata* linn.) juice on oxidative stress in heat stressed rabbits. *J Anim Sci Techn.* – 2018. – Vol. 60. – №. 28. – P. 345-387.

134. Jozinović, A., Panak Balentić, J., Ačkar, Đ., Babić, J. Cocoa husk application in enrichment of extruded snack products; Proceedings of the Fourth International Congress on Cocoa Coffee and Tea; Torino. Italy. – 2017. – p. 68.

135. Kalaivani, S.S., Vidhyadevi, T., Murugesan, A. Equilibrium and kinetic studies on the adsorption of Ni (II) ion from an aqueous solution using activated carbon prepared from *Theobroma cacao* (cocoa) shell. *Desalin. Water Treat.* – 2014. – Vol. 54. – P. 1629-1641.

136. Karkania, V., Fanara, E., Zabaniotou, A. Review of sustainable biomass pellets production- A study for agricultural residue pellets market in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* – 2012. – Vol.16. – P. 1426-1436.

137. Khanahmadi, S., Yusof, F., Amid, A., Mahmud, S.S., Mahat, M.K. Optimized preparation and characterization of CLEA-lipase from cocoa pod husk. *J Biotechnol.* – 2015. – Vol. 202. – P. 153-161.

138. Kim, K.H., Lee, K.W., Kim, D.Y., Park, H.H., Extraction and fractionation of glucosyltransferase inhibitors from cacao bean husk. *Process Biochem.* – 2004. – Vol. 39. – P. 2043-2046.

139. Limousy, L., Jeguirim, M., Dutournie, P., Kraiem, N., Lajili, M., Said, R. Gaseous products and particulate matter emissions of biomass residential boiler fired with spent coffee ground pellets, *Fuel.* – 2013. – Vol. 107. – P. 323-329.

140. Liu, Q., Jiang, L., Li, Y., Wang, S., Wang, M. Study on aqueous enzymatic extraction of Red Bean protein. *Procedia Eng.* – 2011. – Vol. 15. – P.5035-5045.
141. Lopez-Serrano, P., Cao, L., Sheldon, R. Cross-linked enzyme aggregates with enhanced activity: application to lipases. *Biotechnol Lett.* – 2002. – Vol. 24. – P.1379-1383.
142. Lebedev, S., Sheida, E., Vershinina, I., Grechkina, V., Gubaidullina, I., Miroshnikov, S., Shoshina, O. Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. *AIMS Agriculture and Food.* – 2021. – Vol. 6. – №1. – P. 14-31.
143. Lv, G.Y., Wang, P., He, J.Y., Li, X.N. Medium optimization for enzymatic production of l-cysteine by *Pseudomonas* sp. Zjwp-14 using response surface methodology. *Food Technol Biotechnol.* – 2008. – Vol. 46. – P. 395-401.
144. Magistrelli, D., Zanchi, R., Malagutti, L., Galassi, G., Canzi E., Rosi F. Effects of Cocoa Husk Feeding on the Composition of Swine Intestinal Microbiota. *J. Agric. Food Chem.* – 2016. – Vol. 64. – P. 2046-2052.
145. Malaták, J., Bradna, J. Use of waste material mixtures for energy purposes in small combustion devices. *Res. Agric. Eng.* – 2014. – Vol. 60. – P. 50-59.
146. Mancini, G., Papirio, S., Lens, N.L., Esposito, G. Solvent Pretreatments of Lignocellulosic Materials to Enhance Biogas Production: A Review. *Environ. Eng. Sci.* – 2016. – №.33. – P. 843-850.
147. Mansur, D., Tago, T., Masuda, T., Abimanyu, H. Conversion of cacao pod husks by pyrolysis and catalytic reaction to produce useful chemicals. *Biomass and Bioenergy.* – 2014. – Vol. 66. – P. 275-285.
148. Martin-Cabrejas, M.A., Valiente, C., Esteban, R.M., Molla, E., Waldron, K. Cocoa hull: A potential source of dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* – 1994. – Vol. 66. – P. 307-311.

149. Martínez, R., Torres, P., Meneses, M.A., Figueroa J.G., Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Res. Int.* – 2012. – Vol. 49. – P. 39-45.
150. Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Mugerza, B. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT Food Sci. Technol.* – 2011. – Vol. 44. – P. 729-736.
151. Matsumoto, M., Tsuji, M., Okuda, J., Sasaki, H. Inhibitory effects of cacao bean husk extract on plaque formation in vitro and in vivo. *Eur. J. Oral Sci.* – 2004. – Vol. 112. – P. 249-252.
152. Mazzutti, S., Goncalves-Rodrigues, L.G., Mezzomo, N., Venturi, V., Ferreira, S.R. Integrated green-based processes using supercritical CO<sub>2</sub> and pressurized ethanol applied to recover antioxidant compounds from cocoa (*Theobroma cacao*) bean hulls. *J. Supercrit. Fluids.* – 2018. – Vol. 135. – P. 52-59.
153. Modi, A.A., Feld, J.J., Park, Y., Kleiner, D.E. Increased caffeine consumption is associated with reduced hepatic fibrosis. *Hepatology.* – 2014. – Vol. 51. – №.1. – P. 201-209.
154. Mollea, C., Chiampo, F., Conti, R. Extraction and characterization of pectins from cocoa husks: A preliminary study. *Food Chem.* – 2018. – Vol. 107. – P. 1353-1356.
155. Munawai, S.S., Subiyanto, B. Characterization of biomass pellet made from Solid Waste Oil Palm Industry. *Procedia Environmental Sciences.* – 2014. – Vol. 20. – P. 336-341.
156. Nsor-Atindana, J., Zhong, F., Mothibe, K.J. In vitro hypoglycemic and cholesterol lowering effects of dietary fiber prepared from cocoa (*Theobroma cacao* L.) shells. *Food Funct.* – 2012. – Vol. 3. – P. 1044-1050.
157. Nunes, L.R., Matias, J.O., Castalao, J.S. Mixed biomass pellets from thermal energy production: A review of combustion models. *Applied Energy.* – 2014. – Vol. 127. – P. 135-140.
158. Ofori-Boateng, C., Teong-Lee, K. The potential of using cocoa pod husks as green solid base catalysts for the transesterification of soybean oil into

biodiesel: Effects of biodiesel on engine performance. *Chemical Engineering Journal*. – 2019. – Vol. 200. – P. 395-401.

159. Ogunsipe, M.H., Balogun, K.B., Oladepo, A.D., Ayoola, M.A., Arikewuyo, M.T. Nutritive value of cocoa bean shell meal and its effect on growth and haematology of weaning rabbits. *Nigerian J Agric Food Environ*. – 2017. – Vol. 13. – №.1. – P. 23-28.

160. Ogunsipe, M.H., Ibidapo, I., Oloruntola, O.D., Agbede, J.O. Growth performance of pigs on dietary cocoa bean shell meal. *Livest. Res. Rural Dev*. – 2018. – Vol. 29. – №1. – P.345-352.

161. Okeh, C.O., Onwosi, Ch.O., Odibo, F.C. Biogas production from rice husks generated from various rice mills in Ebonyi State, Nigeria. *Renewable Energy*. – 2014. – Vol. 62. – P. 204-208.

162. Okiyama, D.G., Navarro, S.B., Rodrigues, C.C. Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends Food Sci. Technol*. – 2017. – Vol. 63. – P. 103-112.

163. Oloruntola, O.D., Ayodele, S.O., Oloruntola, D.A. Effect of pawpaw (*Carica papaya*) leaf meal and dietary enzymes on broiler performance, digestibility, carcass and blood composition. *Rev Elev Med Vet Pays Trop*. – 2018. – Vol. 71. – №.3. – P. 234-241.

164. Oloruntola, D.A., Dada, E.O., Osho, I.B., Ogundolie, O.O. Effects of hydro-ethanolic leaf extract of *Tithonia diversifolia* on parasitaemia level, serum metabolites and histopathology of organs in Swiss Albino mice infected with *Plasmodium berghei* NK65. *Asian J Med Health*. – 2017. – Vol. 6. – №. 2. – P. 1-7.

165. Olubamiwa, O., Ikyo, S.M., Adebowale, B.A., Omojola, A.B., Hamzat, R.A. Effect of Boiling Time on the Utilization of Cocoa Bean Shell in Laying Hen Feeds. *Int. J. Poult. Sci*. – 2006. – Vol. 5. – P. 1137-1139.

166. Ooshima, T., Osaka, Y., Sasaki, H., Osawa, K. Caries inhibitory activity of cacao bean husk extract in in-vitro and animal experiments. *Arch. Oral Biol*. – 2019. – Vol. 45. – P. 639-645.

167. Osawa, K., Miyazaki, K., Shimura, S. Identification of Cariostatic Substances in the Cacao Bean Husk: Their Anti-glucosyltransferase and Antibacterial Activities. *J. Dent. Res.* – 2011. – Vol. 80. – P. 2000-2004.
168. Panzanaro, S., Nutricati, E., Miceli, A. Biochemical characterization of a lipase from olive fruit (*Olea europaea* L.) *Plant Physiol Biochem.* – 2010. – Vol. 48. – P. 741-745.
169. Parvin, N., Mandal, T.K., Saxema, V., Sarkar, S., Saxena, A.K. Effect of increasing protein percentage feed on the performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Asian J Poult Sci.* – 2010. – Vol. 4. – №.2. – P. 53-59.
170. Percival, R.S., Devine, D.A., Duggal, M.S., Chartron, S., Marsh, P.D. The effect of cocoa polyphenols on the growth, metabolism and biofilm formation by *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis*. *Eur. J. Oral Sci.* – 2006. – Vol.114. – P. 343-348.
171. Plaza-Recobert, M., Trautwein, G., Perez-Cadenas. M., Alcañiz-Monge, J. Preparation of binderless activated carbon monoliths from cocoa bean husk. *Microporous Mesoporous Mater.* – 2017. – Vol. 243. – P. 28-38.
172. Pouomogne, V., Gabriel, T., Pouemegne, J.B. A preliminary evaluation of cacao husks diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Aquaculture.* – 1997. – Vol. 156. – P. 211-219.
173. Quanhong, L., Caili, F. Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein. *Food Chem.* – 2005. – Vol. 92. – P. 701-706.
174. Rade, I., Branislava, S., Matevz, P., Marija, B., Katarina, K., Borut, S. Determination of caffeine and associated compounds in food, beverages, natural products, pharmaceuticals, and cosmetics by micellar electrokinetic capillary chromatography. *J Chromatog Sci.* – 2008. – Vol. 46. – P. 137-143.
175. Raita, M., Champreda, V., Laosiripojana, N. Biocatalytic ethanolysis of palm oil for biodiesel production using microcrystalline lipase in tert-butanol system. *Process Biochem.* – 2010. – Vol. 45. P. 829-834.

176. Ramos, S., Moulay, L., Granado-Serrano, A.B. Hypolipidemic Effect in Cholesterol-Fed Rats of a Soluble Fiber-Rich Product Obtained from Cocoa Husks. *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – Vol.56. – P. 6985-6993.
177. Rangabhashiyam, S., Anu, N., Selvaraju, N. Sequestration of dye from textile industry wastewater using agricultural waste products as adsorbents. *J. Environ. Chem. Eng.* – 2013. – Vol. 1. – P. 629-641.
178. Ravindran, R., Jaiswal, A.K. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. *Trends Biotechnol.* – 2016. – Vol. 34. – P. 58-69.
179. Reddy, L., Wee, Y.J., Yun, J.S., Ryu, H.W. Optimization of alkaline protease production by batch culture of *Bacillus* sp. RKY3 through Plackett-Burman and response surface methodological approaches. *Bioresour Technol.* – 2008. – Vol. 99. – P. 2242-2249.
180. Redgwell, R., Trovato, V., Merinat, S., Curti, D. Dietary fibre in cocoa shell: Characterisation of component polysaccharides. *Food Chem.* – 2013. – Vol. 81. – P. 103-112.
181. Ribas, M.C., Adebayo, M.A., Prola, L.D.T., Lima, E.C. Comparison of a homemade cocoa shell activated carbon with commercial activated carbon for the removal of reactive violet 5 dye from aqueous solutions. *Chem. Eng. J.* – 2014. – Vol. 248. – P. 315-326.
182. Rodrigues, R.C., Barbosa, O., Ortiz, C., Berenguer-Murcia, Á. Amination of enzymes to improve biocatalyst performance: coupling genetic modification and physicochemical tools. *RSC Adv.* – 2014. – №.4. – P. 38350-38374.
183. Ruchi, G., Anshu, G., Khare, S. Lipase from solvent tolerant *Pseudomonas aeruginosa* strain: production optimization by response surface methodology and application. *Bioresour Technol.* – 2008. – Vol. 99. – P. 4796-4802.
184. Sanchez Mundo, M.L., Martínez Mendez, D., Chávez-Reyes, Y. Chemical and nutritional characteristics of biscuits added with cocoa shell powder;

Proceedings of the Fourth International Congress on Cocoa Coffee and Tea; Torino, Italy. – 2017. – p. 147.

185. Sanchez-Silva, L., Lopez-González, D., Villaseñor, J., Sanchez, P., Valverde, J.L. Thermogravimetric-mass spectrometric analysis of lignocellulosic and marine biomass pyrolysis. *Bioresource Technology*. – 2012. – Vol. 109. – P. 163-172.

186. Sarkar, P., Yamasaki, S., Basak, S., Bera, A., Bag, P.K. Purification and characterization of a new alkali-thermostable lipase from *Staphylococcus aureus* isolated from *Arachis hypogaea* rhizosphere. *Process Biochem*. – 2012. – Vol. 47. – P. 858-866.

187. Saucier, C., Adebayo, M.A., Lima, E.C., Cataluña, R. Microwave-assisted activated carbon from cocoa shell as adsorbent for removal of sodium diclofenac and nimesulide from aqueous effluents. *J. Hazard. Mater.* – 2015. – Vol. 289. – P. 18-27.

188. Serra, J., Ventura, F. Protein quality assessment in cocoa husk. *Food Research International*. – 1999. – Vol. 32. – P. 201-208.

189. Shad, M.A., Nawaz, H., Rehman, T., Ikram, M. Determination of biochemicals, phytochemicals and antioxidative properties of different part of *Cichorium intybus* L.: a comparative study. *The J Anim Plant Sci*. – 2013. – Vol.23. – №.4. – P. 1060-1066.

190. Sheldon, R.A. Characteristic features and biotechnological applications of cross-linked enzyme aggregates (CLEAs) *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2011. – Vol. 92. – P. 467-477.

191. Stepankova, V., Bidmanova, S., Koudelakova, T., Prokop, Z. Strategies for stabilization of enzymes in organic solvents. *ACS Catal*. – 2013. – Vol. 3. – P. 2823-2836.

192. Stergiou, P.Y., Foukis, A., Filippou, M., Koukouritaki, M. Advances in lipase-catalyzed esterification reactions. *Biotechnol Adv*. – 2013. – Vol. 31. – P.1846-1859.

193. Sukha, D.A. Potential value added products from Trinidad and Tobago cocoa; Proceedings of the Revitalisation of the Trinidad and Tobago cocoa industry – Targets, Problems and Options; St. Augustine, FL, USA. 20 September. – 2003. – pp. 69-73.
194. Syamsiro, M., Saptoadi, H., Tambunan, B.H., Pambudi, N.A. A preliminary study on use of cocoa pod husks as a renewable source of energy in Indonesia. *Energy for Sustainable development*. – 2012. – Vol. 16. – P. 74-77.
195. Talekar, S., Ghodake, V., Ghotage, T., Rathod, P. Novel magnetic cross-linked enzyme aggregates (magnetic CLEAs) of alpha amylase. *Bioresour Technol*. – 2012. – Vol.123. – P. 542-547.
196. Tran, T.N., Bayer, I.S., Heredia-Guerrero, J.A., Frugone, M. Cocoa Shell Waste Biofilaments for 3D Printing Applications. *Macromol. Mater. Eng*. – 2017. – Vol. 302. – P. 1700219.
197. Tu, C. Study about Stability of Cacao Husk Pigment and Its Dyeing Properties on Cotton. *Key Eng. Mater*. – 2016. – Vol. 671. – P. 133-138.
198. Turcotte, V., Blais, J.-F., Mercier, G., Drogui, P. Use of cocoa shells as biofiltration support for the treatment of effluents from the food industry. *Can. J. Civ. Eng*. – 2009. – Vol. 36. – P. 1059-1070.
199. Venkatesh Babu, N.S., Vivek, D.K., Ambika, G. Comparative evaluation of chlorhexidine mouthrinse versus cacao bean husk extract mouthrinse as antimicrobial agents in children. *Eur. Arch. Paediatr. Dent*. – 2011. – Vol. 12. – P. 245-249.
200. Vītola, V., Ciproviča, I. The effect of cocoa beans heavy and trace elements on safety and stability of confectionery products. *Rural Sustain. Res*. – 2016. – Vol. 35. – P. 19-23.
201. Vriesmann, L.C., Amboni, R. D., Petkowics, C. L. Cacao pod husks (*Theobromacaco* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial Crops and Products*. – 2016. – Vol.34. – P. 1173-1181.

202. Vriesmann, L.C., Teófilo, R.F. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid, *LWT-Food. Sci Technol.* – 2012. №.49. – P. 108-116.
203. Vriesmann, L.C., Teófilo, R.F., Petkovic, C.L. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. *LWT Food science and technology.* – 2018. – Vol. 49. – P. 108-116.
204. Wang, M., Jiang, L., Li, Y., Liu, Q. Optimization of extraction process of protein isolate from Mung Bean. *Procedia Eng.* – 2011. – Vol.15. – P. 5250-5258.
205. Xu, D.Y., Yang, Y., Yang, Z. Activity and stability of cross-linked tyrosinase aggregates in aqueous and nonaqueous media. *J Biotechnol.* – 2011. – Vol. 152. – P. 30-36.
206. Yadav, A.S. et al. Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry - a review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences.* – 2016. – Vol. 4(3S). – P. 368-383.
207. Yu, C.Y., Li, X.F., Lou, W.Y., Zong, M.H. Cross-linked enzyme aggregates of Mung bean epoxide hydrolases: a highly active, stable and recyclable biocatalyst for asymmetric hydrolysis of epoxides. *J Biotechnol.* – 2013. – Vol.166. – P. 12-19.
208. Zhengang, L., Quek, A., Balasubramanian, R. Preparation and characterization of fuel pellets from woody biomass, agro-residues and their corresponding hydrochars. *Applied Energy.* – 2014. – Vol. 113. – P. 1315-1322.
209. Zhang, B.B., Zhou, G., Li, C. AMPK: an emerging drug target for diabetes and the metabolic syndrome. *Cell Metabolism.* – 2009. – Vol. 9(5). – P. 407-416.
210. Zhu, J., Sun, G. Lipase immobilization on glutaraldehyde-activated nanofibrous membranes for improved enzyme stabilities and activities. *React Funct Polym.* – 2012. – Vol. 72. – P. 839-845.

## Приложение 1 – Химический состав какаоовеллы

Компоненты (в 100 г продукта)	Какао лузга
Вода, г	4,8
Белки, г	15,0
Жиры, г	4,5
Насыщенные жирные кислоты, г	2,7
Углеводы, г:	5,7
крахмал	4,6
моно- и дисахариды	1,1
Клетчатка, г	16,5
Целлюлоза, г	13,7
Пентозаны, г	7,8
Танины, г	9,0
Пищевые волокна, г	56,8
Органические кислоты (в пересчёте на молочную кислоту), г	0,8
Зола, г	8,1
Минеральные вещества, мг:	
натрий	3
калий	2875
кальций	331
магний	701
фосфор	770
железо	5,8
Витамины, мг:	
Е (токоферол)	1,800
В <sub>1</sub> (тиамин)	0,158
В <sub>2</sub> (рибофлавин)	0,460
В <sub>6</sub> (пиридоксин)	0,100
В <sub>9</sub> (фолацин)	0,057
РР (ниацин)	3,750
Пантотеновая кислота	1,890
Биотин	0,019
Теобромин, г	2,7
Кофеин, г	0,19
Дубильные вещества, г	1,3
Энергетическая ценность, ккал	147

## Приложение 2 – Состав и питательность ростового рациона, г/кг

Показатели	Контрольная	I	II	III
Пшеница	532	532	532	532
Шрот соевый	75	75	75	75
Жмых подсолнечный	180	180	180	180
Рыбная мука	41	41	41	41
Масло растительное	40	40	40	40
Кукуруза	40	40	40	40
Отруби пшеничные	10	10	10	10
Известняк	20	20	20	20
Соль	2	2	2	2
Премикс	10	10	10	10
Лузга какао	-	50	-	-
Лузга какао + NaOH (45 г/кг)	-	-	50	-
Лузга какао + NaOH (45 г/кг) + экструдирование	-	-	-	50
В рационе содержится:				
Сухое вещество	877	864	8752	874
Сырой протеин	217,3	222,0	224,2	226,0
Сырой жир	102,1	96,8	83,5	102,1
Сырая клетчатка	54,8	57,7	53,0	52,5
Аминокислоты:				
Лизин		11,1		
Метионин		4,3		
Триптофан		2,4		
Метионин-цистин		6,9		
Минеральные вещества, мг:				
кальций		10,5		
фосфор		6,1		
Витамины, мг:				
А		19,1		
Д		2		
Е		34		
В <sub>1</sub>		4		
В <sub>2</sub>		2		
В <sub>3</sub>		11		
В <sub>5</sub>		67		
В <sub>6</sub>		5		
В <sub>12</sub>		16		

## Приложение 3 – Состав и питательность стартового рациона, г/кг

Показатель	Группа			
	Контроль	Опыт		
		I	II	III
<b>Состав рациона:</b>				
пшеница полновесная	406	351	351	351
жмых подсолнечный 35 %	184	184	184	184
шрот соевый 40 %	200	200	200	200
рыбная мука 58 %	40	40	40	40
масло растительное	60	60	60	60
кукуруза	163	163	163	163
отруби пшеничные	10	10	10	10
известняк	15	15	15	15
соль поваренная	2	2	2	2
премикс	10	10	10	10
лузга какао	-	50	-	-
лузга какао + NaOH (45 г/кг)	-	-	50	-
лузга какао + NaOH (45 г/кг) + экструдирование	-	-	-	50
<b>В рационе содержится:</b>				
обменной энергии, МДж	13,16	13,11	13,13	13,14
сухого вещества	813	813	814	816
сырого протеина	223,7	223,8	225,0	226,5
сырого жира	82,2	96,5	96,8	87,1
сырой клетчатки	46,8	52,8	50,0	47,1
кальция	9,00	8,8	8,8	8,8
фосфора	6,5	6,4	6,4	6,4
<b>аминокислоты:</b>				
лизина	12,7	12,7	12,7	12,7
метионина	4,3	4,3	4,3	4,3
триптофана	3,1	3,1	3,1	3,1
метионин + цистин	7,9	7,9	7,9	7,9
<b>Витамины:</b>				
А, тыс. МЕ	20	20	20	20
Д, тыс. МЕ	2,0	2,0	2,0	2,0
Е, мг	36,9	36,9	36,9	36,9
В <sub>1</sub> , мг	4,9	4,9	4,9	4,9
В <sub>2</sub> , мг	2,4	2,4	2,4	2,4
В <sub>3</sub> , мг	16,5	16,5	16,5	16,5
В <sub>5</sub> , мг	84,4	84,4	84,4	84,4
В <sub>6</sub> , мг	6,5	6,5	6,5	6,5
В <sub>12</sub> , мг	16	16	16	16