

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный аграрный
университет –МСХА имени К.А. Тимирязева»

На правах рукописи

МОЛДАВСКИЙ ЮРИЙ АНДРЕЕВИЧ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЦИОНОВ
С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ИЗОЛЕЙЦИНА
В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ ПОРОСЯТ**

Специальность:

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор
Буряков Николай Петрович

Москва, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
1.1. Процесс гидролиза белков и абсорбции аминокислот в пищеварительной системе свиней.....	12
1.2. Полноценность протеиновой питательности кормов для свиней...	20
1.3. Изолейцин и другие аминокислоты с разветвленными цепями	26
1.4. Метаболизм аминокислот с разветвленной цепью углерода	29
1.5. Значимая роль изолейцина в рационах поросят наряду с другими разветвленно-цепочечными аминокислотами.....	30
1.6. Рекомендации по уровню аминокислот с разветвленными цепями для поросят.....	33
1.7. Уровни аминокислот с разветвленными цепями в различном кормовом сырье	35
1.8. Потребность поросят в аминокислотах с разветвленными цепями	37
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	44
3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	50
3.1. Условия содержания и кормления подопытных животных	50
3.2. Зоотехнические показатели роста поросят-отъемышей	54
3.2.1. Показатели роста и продуктивности поросят-отъемышей в группах	54
3.2.2. Индивидуальные показатели роста поросят	56
3.3. Потребление комбикорма и его затраты на 1 кг прироста живой массы	60
3.4. Биохимические показатели крови поросят-отъемышей на доращивании.....	63

3.5. Экономическая оценка результатов исследования	67
3.6. Производственная апробация результатов исследования	68
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
Предложения производству	83
Перспективы дальнейшей разработки темы	84
Список сокращений и условных обозначений.....	85
Библиографический список	86
Приложение А	115
Приложение Б.....	116
Приложение В	119
Приложение Г	120
Приложение Д	121
Приложение Е.....	123
Приложение Ж.....	124
Приложение З	128
Приложение И	131
Приложение К	133
Приложение Л	134
Приложение М.....	136
Приложение Н	137
Приложение О	138
Приложение П	139
Приложение Р.....	140

Приложение С	141
Приложение Т.....	142
Приложение У	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время в Российской Федерации свиноводство является одним из ключевых направлений животноводства при производстве мяса. В 2023 г. во всех типах хозяйств было произведено 4 532 тыс. т свинины в убойной массе, а потребление мяса всех типов достигло рекордных значений и составило 81 кг на душу населения. По потреблению мяса в РФ свинина заняла второе место, достигнув уровня 30,9 кг на 1 чел. в год, или 36% от всего потребляемого мяса.

С 2018 г. Российская Федерация стала самообеспеченной страной по производству свинины, но ее производство продолжило увеличиваться за счет активной поддержки государства. С 2019 г. производители свинины начали реализовывать экспортный потенциал по этому виду мяса, и за прошедшие годы Российская Федерация серьезно увеличила экспорт свинины и продукции свиноводства до 240 тыс. т в убойной массе.

Президент Российской Федерации В.В. Путин в своем Послании Федеральному Собранию 2024 г. обозначил задачи к 2030 г. по росту российского АПК не менее чем на 25%, а увеличение экспорта сельхозпродукции – в 1,5 раза. Продукция свиноводства может сыграть одну из ключевых ролей в решении данных задач.

С учетом растущего потребления внутри страны, а также высокого потенциала увеличения поставок продукции свиноводства на внешние рынки, необходимы поиски новых решений для увеличения производства и снижения себестоимости продукции свиноводства, для придания большей конкурентоспособности отечественной продукции на внешних рынках и снижения стоимости свинины для населения РФ.

Одновременно с интенсификацией производства свинины, повышением генетического потенциала животных, благодаря проделанной селекционерами и генетиками серьезной работе, за последние годы существенно возросло многоплодие свиноматок. Так, на некоторых свинокомплексах России средний по стаду показатель многоплодия

достигает 16-18 поросят на свиноматку за опорос. В свою очередь, это приводит к проблемам, связанным с периодом отъема и адаптации поросят на участках доращивания.

Принимая во внимание структуру себестоимости производства свинины и долю кормов в ней, в качестве одного из первых можно ставить вопрос обеспечения потребности свиней в протеине и полноценности белкового кормления.

Одними из ключевых факторов, обеспечивающими высокую продуктивность животных, являются сбалансированное по аминокислотам питание и соблюдение оптимальных соотношений аминокислот в корме. (Черепанов Г.Г., Кальницкий Б.Д., 1998; Рядчиков В.Г., 1999; Еримбетов К.Т., 2007; Еримбетов К.Т., Обвинцева О.А., 2009, 2011; Nemechek et al., 2012; Kampman et al., 2013; Prandini et al., 2013; Tous et al., 2014; Пьянкова Е.В. и др., 2015; Liu et al., 2015; Millet et al., 2018; Wang et al., 2018; Li et al., 2018; Ruiz-Ascacibar et al., 2019; Kim et al., 2019).

В последние годы ученые активно исследуют незаменимые аминокислоты с разветвленными боковыми цепями (АРЦ). Эти соединения играют важную роль в метаболизме и регуляции функций организма у животных. АРЦ составляют до 60% от всех циркулирующих аминокислот в организме. Они обладают уникальными физиологическими и биохимическими свойствами, которые отличают их от других аминокислот. Для млекопитающих АРЦ являются незаменимыми. Однако в отличие от других протеиногенных аминокислот АРЦ не метаболизируются в печени. Основной катаболизм незаменимых аминокислот с разветвленными боковыми цепями (АРЦ) происходит во внепеченочных тканях, преимущественно в скелетных мышцах.

Скелетные мышцы составляют до 40% массы организма, поэтому способность этих тканей к дезаминированию данной группы аминокислот, вероятно, является наиболее значимой несмотря на относительно невысокую

активность лейцин-, изолейцин- и валинтрансаминазы в скелетных мышцах (Шейбак, 1999, 2014).

АРЦ обладают уникальными свойствами и выполняют различные физиологические и метаболические функции. Исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что они способствуют повышению синтеза белка, ингибированию их распада и участвуют в регуляции энергетического обмена. Использование АРЦ и их метаболитов открывает большие перспективы для улучшения роста и здоровья животных, улучшения экономических показателей при выращивании свинины (Brinegar et al., 1950, Becker et al., 1963, Bravo et al., 1970, Oestemer et al., 1973, Taylor et al., 1985, Bergström et al., 1996, Lenis and van Diepen, 1997, James et al., 2000, Kerr et al., 2004, Kendall, 2004, Fu, 2005, Wiltafsky et al., 2009, Zhu et al., 2009, Htoo et al., 2010, Monirujjaman, Ferdouse, 2014; Duan et al., 2016; Manjarn et al., 2016; Cemin et al., 2019; Еримбетов и др., 2020; Rudar et al., 2020; Kwon et al., 2020; Zhang et al., 2021).

В связи со всем вышеизложенным, а также в связи с появлением новых коммерческих продуктов аминокислот – таких, как кормовая добавка L-Изолейцин, необходимо изучение и подтверждение их эффективности применения в условиях Российской Федерации с учетом отечественной кормовой базы и составов комбикормов, применяемых на российских свиноводческих предприятиях.

Степень разработанности темы. Теоретической и методологической базой в исследованиях послужили труды отечественных и зарубежных ученых в области кормления сельскохозяйственных животных. Так, большое значение при работе над темой диссертации оказали исследования таких ученых, как В.М. Голушко, И.А. Даниленко, Б.Д. Кальницкий, М. Раск, В.Г. Рядчиков, К.Т. Еримбетов, Н.С.-А. Ниязов, Х.Д. Якубе, Y. Duan, W.D. Kwon, S. Zang, Е.В. Пьянкова, G. Mann, J. Nishimura.

Цель и задачи исследования. Целью исследования явилось определение эффективности применения кормовой добавки L-Изолейцин в кормлении поросят в раннем постнатальном онтогенезе.

В задачи исследования входили:

1. Разработать рецептуры престаартерных комбикормов для поросят-отъемышей с различным уровнем сырого протеина и включением разных уровней кормовой добавки L-Изолейцин в раннем постнатальном онтогенезе.
2. Изучить влияние кормовой добавки L-Изолейцин на рост и развитие поросят в период отъема и кормления престаартерным кормом.
3. Оценить влияние кормовой добавки на биохимические показатели крови поросят.
4. Определить оптимальное соотношение АРЦ по отношению к изолейцину.
5. Рассчитать экономическую эффективность применения кормовой добавки L-Изолейцин в кормлении поросят-отъемышей.
6. Провести производственную проверку лучшего варианта комбикорма для поросят-отъемышей.
7. Дать рекомендации производству и определить перспективы дальнейшей разработки темы.

Научная новизна исследования. Новизна работы заключается в том, что впервые проведены комплексные исследования применения кормовой добавки L-Изолейцин в России на поросятах-отъемышах в составе престаартерного корма СПК-3, а также исследовано применение кормовой добавки L-Изолейцин в составе пшенично-ячменных рационов кормления поросят-отъемышей без использования продуктов переработки крови. В результате проведенных исследований получены новые данные о влиянии кормовой добавки на рост и развитие поросят-отъемышей. Также получены новые данные об оптимальном соотношении: изолейцин:лейцин:валин – в комбикормах при выращивании поросят-отъемышей в период доращивания.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в расширении знаний о влиянии испытуемой кормовой добавки на сохранность, рост, развитие молодняка на доращивании, а также на биохимический состав крови поросят-отъемышей.

Методология и методы исследования. Методологическую основу исследований составили труды отечественных и зарубежных ученых в области кормления и содержания свиней. При выполнении диссертационной работы использовались общепринятые зоотехнические, биохимические, гематологические, статистические и экономические методы исследований, выполненные на современном научном оборудовании.

Объектом исследований являлся молодняк поросят-отъемышей, полученный от свиноматок F1 датской селекции.

Предметом исследований явилась кормовая добавка L-Изолейцин в неодинаковых уровнях и кормовых рационах с учетом аминокислотного профиля и различных соотношений АРЦ.

Цифровой материал обработан методами математической статистики с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel. Разность считали достоверной по отношению к контрольной группе при $p < 0,05$.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Рецептуры престартерных комбикормов для поросят-отъемышей с использованием различных уровней протеина и изолейцина.
2. Снижение стоимости кормов на 1 кг прироста живой массы при использовании синтетических аминокислот при снижении уровня сырого протеина в комбикормах для поросят-отъемышей.
3. Оптимальное соотношение усвояемых АРЦ в комбикормах для поросят-отъемышей: изолейцин:лейцин:валин, соответствующее 100:178:144.
4. Оптимальное отношение усвояемого изолейцина к усвояемому лизину на уровне 49%.

Степень достоверности и апробация результатов. Материалы выводы и предложения производству, перспективы дальнейшей разработки темы, изложенные в диссертации, базируются на исследованиях, проведенных на достаточных по численности поголовья поросят-отъемышей с применением современных апробированных методик и биометрической обработки полученных результатов.

Полученные в ходе экспериментальных исследований цифровой материал, научные положения, выводы и предложения производству, отраженные в диссертационной работе, опираются на современные методы и методики исследований. Степень их достоверности доказана биометрической обработкой исходного материала на персональном компьютере с пакетом программ Microsoft Office Excel при использовании таблицы Стьюдента (Меркурьева Е.К., 1970; Овсянников А.И., 1976; Антонова В.С. и др., 2011).

Основные материалы и результаты научного исследования доложены, обсуждены, получили положительные отзывы на конференциях:

- в рамках Международной выставки Agros-2022 «Оптимизация затрат на комбикорма. Новые источники белка» (Москва, 2022 г.);

- «Животноводство, и кормопроизводство. Мясо, молоко, комбикорма, ветфарма» (Москва, 2024 г.);

- на Международном форуме «Актуальные вопросы кормления, содержания и воспроизводства в свиноводстве» (Патайя, 2023 г.);

- Международном семинаре MismaPro «Современные подходы к оптимизации стоимости рационов и повышению продуктивности в свиноводстве» (Республика Беларусь, Минск, 2024 г.).

Работа также отмечена золотой медалью на Международной агропромышленной выставке «Агрорусь-2024» и награждена дипломом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в области науки и инноваций АПК (Санкт-Петербург, 2024 г.).

Личное вклад соискателя. Автором, овладевшим методиками исследований, были организованы и проведены научно-хозяйственный опыт и производственная проверка; проанализированы полученные результаты, систематизированные с последующим логическим анализом; сделаны выводы и сформулированы предложения производству; подготовлены научные публикации, апробированные на конференциях различного уровня; выполнены все разделы диссертационной работы.

Публикации результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликованы 7 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерством образования и науки РФ, 3 монографии.

Объём и структура диссертации. Диссертационная работа включает в себя: введение, обзор литературы, материалы и методику исследований, данные производственной апробации, обсуждение результатов исследования, выводы, предложения производству, формулировку перспектив дальнейших исследований, библиографический список, приложения.

Диссертационная работа изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 5 рисунков, 13 таблиц и 19 приложений. Библиографический список включает в себя 288 источников, в том числе 221 источник – на иностранных языках.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Процесс гидролиза белков и абсорбции аминокислот в пищеварительной системе свиней

Ключевым аспектом эффективного кормления животных является всестороннее осознание физиологических и биохимических механизмов, действующих в организме, особенно механизмов пищеварения, которые инициируют метаболические процессы.

В процессе нормального пищеварения происходит расщепление протеинов в корме до аминокислот, что представляет собой переход из коллоидного в кристаллическое состояние. Этот процесс разложения сложных белков до более простых компонентов, не имеющих специфичности по отношению к видам и тканям, что далее позволяет им абсорбироваться в кровоток через стенки кишечника, обеспечивается серией ферментативных реакций в пищеварительной системе.

В ротовой полости человека не происходит переваривания белков ввиду отсутствия протеолитических ферментов в слюне и секрете слюнных желез. После измельчения пища переходит в желудок, где начинается процесс переваривания белков благодаря выработке соляной кислоты и пепсина – катализатора, образующегося из его неактивной формы пепсиногена в присутствии соляной кислоты. Пепсиноген, производимый главными клетками желудочной слизистой, преобразуется в пепсин, отличаясь от него наличием дополнительных 44 аминокислот. Пепсин содержит 4 типа аспарагиновых протеиназ: пепсин А, В, С, также известный как гастрицин, и химозин, или ренин, который присутствует только у новорожденных, где выполняет функцию свертывания молока и требует лишь водородных ионов для активации [120]. Пепсин, работающий оптимально в кислой среде (рН 2,0-3,0), теряет активность при рН 5,0-6,0 [121]. Важная роль соляной кислоты также заключается в способности увеличивать в объеме белковые молекулы, облегчая их расщепление

пепсином. Процесс начинается с разрушения связей, формирующих трехмерную структуру белка, в результате чего средствами пептического гидролиза формируются полипептиды и свободные аминокислоты. Специфическая активность пепсина заключается в предпочтении расщепления связей, сформированных аминокетонами ароматических аминокислот, что приводит к формированию полипептидов с лейцином, фенилаланином и тирозином на концах аминокислотных цепочек.

Аминокислоты из желудка перемещаются в форме «нерастворимых» и «растворимых» белков, а также малых пептидов. Холецистокинин и соматостатин, ключевые желудочно-кишечные гормоны, играют важную роль в контроле моторики желудочно-кишечного тракта. Их секреция стимулируется процессом кормления. Важность желудочной эвакуации заключается в ее способности регулировать перенос питательных веществ в тонкий кишечник, в его начальные отделы, отвечающие за усвоение белков. Голодание способствует быстрому опорожнению желудка и ускорению транзита пищи по желудочно-кишечному тракту. Скорость эвакуации белка и других пищевых компонентов зависит от множества параметров включая объем пищи, консистенцию потребляемой массы [122], содержание углеводов [123], жиров, клетчатки [106], массу тела [124], уровень кислотности внутреннего и внешнего происхождения [125] и pH кишечника [126].

Существует дискуссия среди ученых относительно влияния качества кормового белка на скорость его желудочной эвакуации, которая обычно различается при первоначальном введении диеты и сглаживается после адаптации к ней. Отмечено, что высокое содержание свободных аминокислот в комбикормах может замедлять опорожнение желудка [127].

В кишечнике происходят ключевые этапы превращения пищи в усвояемые организмом составляющие включая этапы переваривания и последующего абсорбирования питательных элементов в систему кровотока и лимфатическую систему. Когда белки и пептиды вместе с другими

нутриентами переходят из желудка в начальный отдел тонкой кишки – двенадцатиперстную кишку, они соединяются с панкреатическими ферментами включая трипсин, химотрипсин и уникальные протеолитические ферменты, вырабатываемые бруннеровыми железами. В этой же зоне карбоксипептидазы А и В производят гидролиз свободных пептидов.

Процесс секреции протеаз поджелудочной железой тесно связан с активацией энтерокиназы в верхних слоях эпителия тонкой кишки, что обеспечивает превращение трипсиногена в трипсин [128]. Дальнейший гидролиз белков и пептидов во многом зависит от характеристик действующих протеаз и пептидаз. Различный комбикорм, в том числе добавки из рыбной муки, проходит через процессы гидролиза в определенной последовательности, начиная с освобождения треонина и продолжаясь чередованием освобождения таких аминокислот, как изолейцин, лизин, валин, лейцин, фенилаланин, метионин и гистидин [129]. Процесс транспортировки кишечного содержимого, или химуса, через двенадцатиперстную кишку занимает по времени от 2 до 4 ч.

Поступая с кормом, белок приводит к повышению уровня азота в просвете тонкого кишечника, что зависит от характеристик конкретных белков. Эффективность и растворимость белка напрямую влияют на его содержание в кишечнике, важным является также общий уровень потребляемого протеина. Белки муцина, образуя слизистый защитный слой вместе с секретами бокаловидных клеток, способствуют предотвращению прикрепления патогенной микрофлоры к стенкам кишечника легкому прохождению содержимого.

Рецепторы, чувствительные к аминокислотам, расположенные в желудочно-кишечном тракте, такие, как рецепторы умами и mGluR1, играют ключевую роль в регулировании секреции муцина и бикарбоната [130]. Специфика действия треонина на выработку муцина у свиней [158] объясняется его восприятием специализированными рецепторами T1R1 и T1R3 [131]. Дополнительно секреция муцина стимулируется

некрахмалистыми полисахаридами включая галактоолигосахариды, фруктоолигосахариды и арабиноксиланы.

В современной нутрициологии доступность аминокислот описывается как их способность высвобождаться из белковых структур в процессе пищеварения под воздействием протеолитических энзимов, последующее их проникновение через эпителиальные слои кишечника и интеграция в системный метаболизм [133]. Усвоение аминокислот осуществляется преимущественно в проксимальных участках тонкого кишечника у свиней [134]. Эпителиальные клетки кишечной стенки адаптированы к усвоению аминокислот, используя механизмы активного и пассивного транспорта, что позволяет усваивать L-формы аминокислот против их концентрационного градиента. D-изомеры некоторых аминокислот также эффективно абсорбируются стенкой кишечника. В мембранных структурах клеток присутствуют не менее 4 видов аминокислотных транспортеров, позволяющих доставлять аминокислоты в цитоплазму.

Исследования J. Yen [135] показали, что введение в рацион свиней свободных аминокислот – таких, как лизин и треонин, способствует более быстрому их усвоению по сравнению с молекулярно-связанными формами. Процесс высокомолекулярного усвоения особенно критичен для маленьких поросят, поскольку пассивный иммунитет формируется через усвоение иммуноглобулинов из молозива [136].

Тощая и подвздошная кишки функционируют интегрально в плане абсорбции аминокислот, не имея строгого разграничения в своих функциях. Отличия между этими отделами кишечника заметны по анатомическим характеристикам: например, брыжеечный слой жира не распространяется до полной длины подвздошной кишки, которая отличается более тонкими стенками и узким просветом по сравнению с тощей кишкой. В нижнем сегменте подвздошной кишки по сравнению с верхними ее частями наблюдается снижение активности определенных гидролитических ферментов, что влечет за собой уменьшение эффективности расщепления

белков и абсорбции аминокислот. Следовательно, основное всасывание пищевых и эндогенных аминокислот происходит в илеуме. При приближении к толстой кишке возрастает содержание микрофлоры, способствующей модификации аминокислотного состава химуса [137, 138]. В связи с этим для точной оценки усвояемости аминокислот в рационе необходим анализ содержимого конечного участка подвздошной кишки, достигающего до илеоцекального перехода, вместо анализа по всей длине кишечного тракта [139, 140].

В процессе усвоения аминокислот в пищеварительном тракте моногастричных животных различные элементы оказывают значительное влияние на доступность аминокислот. Примером могут служить особые характеристики протеиновых структур, которые ограничивают доступ энзимов внутрь белковой молекулы и к связям между аминокислотами ввиду препятствия ферментативному расщеплению, что ведет к неполному разложению белка. Например, в случае кератина, по причине глубокого расположения лизина внутри молекулы, он остается недоступным для протеолитических ферментов.

Важно также рассмотреть последовательность аминокислот в молекуле, которая может устойчиво противостоять ферментативному расщеплению, ограничивая доступность аминокислот [141]. Некоторые аминокислоты – например, аланин и лейцин, могут способствовать более быстрому усвоению лизина и других аминокислот [142], а также стимулировать поглощение АТФ и необходимых ионов металлов. В то же время фитаты могут блокировать адсорбцию аминокислот, мешая таким образом их всасыванию. Скорость абсорбции аминокислот тоже играет роль в их доступности. Повышенное содержание нутриентов в дистальных сегментах тонкой кишки активирует определенные сигналы – такие, как пептиды YY, GLP-1 и GLP-2, которые, влияя на гипоталамус, регулируют скорость продвижения пищевых масс [143].

В области биохимии и физиологии питания применяется ряд подходов для оценки биодоступности питательных веществ, каждый из которых обладает своими сильными и слабыми сторонами. Популярный метод, впервые предложенный К. Thomas в прошлом веке и улучшенный Н. Mitchell в 1924 г., заключается в оценке усвоения азота из корма, что отражает его перевариваемость в пищеварительном тракте животных [144]. Исследователями К. Kuiken и С. Lyman в 1948 г. метод был адаптирован для определения доступности отдельных незаменимых аминокислот у моногастричных животных с использованием концепции кажущейся и истинной доступности аминокислот с помощью методик Томаса и Митчелла. Этот подход, получивший название фекального индекса, был официально признан ФАО и ВОЗ в 1966 г. как стандарт для оценки биологической ценности продуктов питания. Несмотря на его важность, метод подвергается критике ввиду предполагаемой неадекватности результатов, особенно при анализе растительных кормов с низким содержанием качественного белка, что связывают с действием микрофлоры толстого кишечника [145].

Изучение процесса абсорбции аминокислот в илеуме (подвздошной кишке) представляет собой ключевую методологию для оценки эффективности кормов для свиней. Для анализа усвоения питательных веществ применяются различные методы экстракции переваренной массы из илеума включая использование канюли в форме буквы «Т», илеоколонический и илеоректальный анастомозы среди прочих. Химус, извлеченный из данной области, содержит как непереваренные части пищи, так и аминокислоты и эндогенные белки.

К числу источников эндогенного азота относятся пищеварительные секреты, отслоившийся эпителий желудочно-кишечного тракта, слизь, альбумины, глобулины, а также плазменные аминокислоты [147]. Расчет степени усвоения аминокислот, при котором не учитываются потери эндогенных веществ, приводит к показателю, называемому кажущейся

перевариваемостью (AID), который не отражает полной картины усвоения питательных веществ корма [148].

Исследования Т. Зебровской [149] показали, что у свиней массой 40-50 кг потребности в аминокислотах удовлетворяются за счет эндогенных источников на 6-7%. Результаты анализа данных по кажущейся усвояемости аминокислот из различных кормов, проведенного на свиньях весом от 25 до 120 кг [150-152], демонстрируют значительную изменчивость в коэффициентах перевариваемости для одного и того же корма в разных исследованиях, что может быть обусловлено различиями в массе тела [153].

При определении истинной перевариваемости аминокислот в подвздошной кишке (TID) потери эндогенных аминокислот компенсируются путем их вычета из общей массы аминокислот в конечном отделе подвздошной кишки, что обеспечивает более высокую степень точности в оценке их перевариваемости. Вопреки этому точное количественное определение эндогенного и экзогенного азота в желудочно-кишечном тракте свиней все еще остается недостаточно исследованным [154, 155]. Трудности, связанные с необходимостью использования сложного оборудования, высокими затратами и трудоемкостью процесса, приводят к тому, что такие исследования проводятся не на регулярной основе.

В качестве альтернативного метода определения усвоения питательных веществ используется концепция стандартизированной усвояемости аминокислот (SID), основанная на коррекции количества аминокислот, поглощенных в конечном отделе илеума, с учетом средних потерь эндогенных аминокислот. Данная методология нашла свое применение в международных исследованиях в сфере кормления свиней, в которых с успехом оценена усвояемость аминокислот в разнообразных кормовых компонентах [156, 157]. Тем не менее существующие данные о влиянии физиологического состояния животных (например, изменения, связанные с массой тела) на усвояемость аминокислот довольно ограничены. В частности, исследования, проведенные группой ученых под руководством

H. Stein, не выявили значительных различий в уровнях усвояемости аминокислот между молодняком и взрослыми особями.

Применение биохимических методов для оценки биодоступности аминокислот в условиях *in vitro*, то есть исследования вне живого организма, получило распространение после 1998 г. Среди разработанных подходов выделяется пепсин-панкреатиновая методика. Этот метод был дополнен и улучшен S. Boisen и J. Fernandes в 1995 г., а в 1998 г. его усовершенствовал S. Boisen.

Метод основан на процессе ферментативного гидролиза исследуемых протеинов в условиях, имитирующих желудочно-кишечное пищеварение, с использованием протеолитических ферментов – таких, как пепсин, панкреатин, трипсин, химотрипсин, эрепсин и проназа, а также натуральных желудочных и кишечных соков [159, 160]. Этот процесс приводит к количественному определению аминокислот, которые впоследствии переходят в диализат. Данный метод демонстрирует высокую надежность и корреляцию с результатами биодоступности аминокислот, полученными в прямых исследованиях *in vivo* [161, 162], что делает его ценным инструментом для оценки усвояемости сырого протеина и аминокислот в кормах.

В толстом кишечнике не происходит выделение пищеварительных ферментов, однако попадающие сюда пищевые остатки подвергаются расщеплению с помощью кишечной флоры. Это расщепление и активность микрофлоры зависят от времени, на протяжении которого остатки пищи находятся в слепой кишке и других нижних сегментах пищеварительной системы. Скорость, с которой остатки пищи выводятся из толстого кишечника, напрямую связана с объемом слепой кишки и перистальтическими движениями. Физические характеристики этого отдела, такие, как кислотность, регулируются благодаря наличию летучих жирных кислот, что в свою очередь оказывает влияние на активность микрофлоры, проявляющуюся в протеолитической, дезаминирующей и

декарбоксилирующей функциях. При этом аммиак, образующийся в процессе полного расщепления аминокислот, частично попадает через стенки кишечника в кровь, а его диффузия напрямую зависит от pH среды. Бактерии используют аммиак (а также пептиды и аминокислоты) для синтеза бактериального белка.

Исследования показали, что большая часть азота в кишечнике свиней, не связанная с их рационом, составляет 60-90% от общего количества азота, указывая на значительное присутствие эндогенного азота. Работы Е. Головки подтвердили, что 50-80% азота в фекалиях свиней не связано напрямую с потребляемым кормом. Стабильное количество непереваренного кормового азота в кале [163] ставит перед исследователями задачу регулирования рационов по доступным аминокислотам, что важно для оптимизации уровня сырого протеина в кормлении, эффективного использования кормов и экономии ресурсов.

1.2. Полноценность протеиновой питательности кормов для свиней

В течение долгого времени корма для свиней формулировались с учетом потребностей в сыром протеине. В процессе пищеварения, под воздействием протеолитических ферментов в желудочно-кишечном тракте, белок гидролизуется на аминокислоты. Эти аминокислоты через кишечник попадают в кровоток и транспортируются к различным тканям и органам, где происходит синтез белков мяса, молочных белков, ферментативных веществ, гормонов, компонентов иммунной системы, нуклеотидов и других важных биомолекул. Следовательно, ценность протеина для животных заключается не в нем самом, а в его способности служить источником аминокислот [55-57].

Эффективность кормового протеина зависит от его биологической ценности, которая определяется количеством и сочетанием представленных в нем незаменимых и заменимых аминокислот. Концепция «идеального

протеина», представленная в середине 1960-х гг., гласит, что важно достигать оптимального баланса этих аминокислот. Данная идея оказалась не новой – еще в 1946 г. Н.Н. Mitchell и R.J. Block акцентировали внимание на идеальном балансе аминокислот. Предварительные исследования фокусировали на анализе аминокислотного состава крыс, цыплят и свиней, полагая, что состав аминокислот в их тканях остается стабильным независимо от возраста или диеты. В 1980 г. D.J.A. Cole определил профиль идеальных незаменимых аминокислот для свиней на основе их содержания в туше, но этот подход не учитывал способность организма к метаболическим трансформациям аминокислот. Различные исследования продемонстрировали влияние различных факторов, в том числе состава и содержания питательных веществ корма, возраста, дефицита определенных аминокислот и генетики, на аминокислотный состав туш [59-63]. Несмотря на начальную роль в определении идеального баланса аминокислот, анализ туш не учитывает изменения в потребностях и росте животных, что привело к использованию их возрастных характеристик для определения оптимальных аминокислотных профилей [64, 65].

Исследования M.F. Fuller et al. [66] подчеркивают различие в аминокислотных потребностях для поддержания жизненных функций и для накопления белка, указывая на то, что общий аминокислотный состав, необходимый организму, зависит от скорости синтеза белка. С увеличением скорости синтеза белка важность оптимального соотношения аминокислот для поддержания уменьшается, делая аминокислотный состав более схожим с аминокислотным профилем накопленного белка.

Некоторые ученые, опираясь на анализ содержания аминокислот в молоке свиноматки, которое эволюционно приспособлено к потребностям поросят, предполагают, что это соотношение является оптимальным для их роста и развития. Стабильность аминокислотного состава молока свиноматки, несмотря на различия в рационе, подчеркивает преимущества его использования как эталона [67]. Во время лактации потери аминокислот

поросятами являются минимальными, за исключением треонина, метионина и триптофана. После перехода на твердый корм потребности в этих аминокислотах растут ввиду увеличенных потерь эндогенного белка, вызванных появлением в рационе клетчатки, наличием антипитательных веществ и изменениями в гормональном фоне [68]. Интересно, что уровень гистидина в организме выше, чем в молоке, и это объясняется его склонностью к аккумуляции в карнозине при избытке питания. Следовательно, применение такой методики для определения идеального баланса аминокислот в рационе свиней вызывает дискуссии, особенно в отношении серосодержащих аминокислот, колебания концентрации которых достигают 30% [69]. Тем не менее отсутствуют убедительные аргументы для дальнейшего уменьшения доли незаменимых аминокислот в идеальном белке по сравнению с их содержанием в молоке свиноматки.

Основным выводом из сравнения двух вышеназванных подходов стало решение принять лизин за базовую единицу при оценке потребностей животных в остальных жизненно необходимых аминокислотах, выражая их потребности как процентное соотношение к лизину [70-72]. Это решение обосновано его ролью как первой лимитирующей аминокислоты в рационах свиней, отсутствием промежуточных метаболитов и прямым использованием для синтеза белка и поддержания основных функций организма, а также простотой количественного определения [73].

Усвоение протеинов корма свиньями, определяемое в большей степени уровнем доступных азотсодержащих веществ и балансом необходимых аминокислот, разнится. При выращивании свиней значительная доля затрат на комбикорма относится на компоненты, обеспечивающие потребность в энергии и белке. Важно точно удовлетворить потребности животных в этих элементах, используя бюджетные корма и добавки. С физиологической точки зрения потребность в протеине для моногастричных животных трактуется как необходимость в определенном количестве и правильном соотношении незаменимых аминокислот [1-4]. Переваривание белков в пищеварительном

тракте ведет к их разложению на аминокислоты, которые затем используются для формирования белка органов и тканей. В этом процессе активно участвуют более 22 аминокислот, однако 10 из них не могут быть синтезированы организмом самостоятельно. Дефицит аминокислот может быть скомпенсирован их внешним поступлением или внутренними механизмами синтеза и переаминирования. Отсутствие хотя бы одной незаменимой аминокислоты негативно влияет на процесс синтеза белков и их накопление, тормозя рост мышечной массы и развитие органов [5, 6].

Эффективное использование кормового протеина достигается при сбалансированном наличии незаменимых аминокислот в рационе. Этот протеин получил название идеального [4, 8, 9]. Его главное достоинство заключается в универсальности применения благодаря стабильности идеального баланса аминокислот, не зависящего от изменений в рационе определенной половозрастной группы животных. Оценка кормов на основании их способности предоставлять «идеальное» соотношение аминокислот представляет собой важный аспект в формировании рационов. Первые методики такой оценки были разработаны Митчелом и Блоком, когда в качестве эталона используется аминокислотный состав яичного белка. Низкое содержание любой незаменимой аминокислоты снижает оценку питательной ценности протеина. Перерасход протеина связан с потерями аминокислот ввиду их избытка по сравнению с потребностями животных, что ведет к увеличению затрат на производство [11].

Организм представляет собой сложную систему, находящуюся в постоянном движении, требующую для своего развития идеально сбалансированных соотношений аминокислот, количество которых теоретически является неограниченным. При достижении коэффициента биологической ценности, равного единице, и полной утилизации азота из корма это еще не гарантирует оптимального использования каждой аминокислоты. Даже небольшой избыток одной из незаменимых аминокислот может служить источником азота для синтеза заменимых

аминокислот. В современной науке под «идеальным протеином» понимается протеин, состав аминокислот в котором полностью соответствует потребностям организма для роста и поддержания нормального течения метаболических процессов со всех аминокислот, доступных для усвоения организмом. Ключевое внимание уделяется поддержанию необходимого баланса незаменимых аминокислот с достаточным количеством азота для эффективного синтеза заменимых аминокислот [110].

Перегрузка рационов животных белками и аминокислотами негативно влияет на состояние их здоровья, выработку продукции и не является экономически целесообразной. Стремление к оптимизации баланса аминокислот в организме растущих свиней, соблюдение идеальных пропорций являются ключевым методом для улучшения усваивания питательных элементов и увеличения объемов производства продукции [32-37].

Аминокислоты и их производные играют ключевую роль в фундаментальных биологических процессах, действуя как главные строительные блоки для синтеза белков и активных биосубстанций – таких, как гормоны и нейромедиаторы. Эти молекулы значительно влияют на метаболические пути, способствуя регуляции и поддержанию гомеостаза организма, особенно в контексте метаболизма белков и производства жизненно важных соединений, обеспечивая нормальное функционирование органов и систем [19].

Аминокислоты, выступая в качестве строительных блоков для организма, могут принимать участие в широком спектре биохимических процессов. Их участие можно описать преимущественно в трех ключевых метаболических направлениях. Во-первых, эти молекулы интегрируются в протеом клеток, внося вклад в структурные и функциональные составляющие организма, и после процесса распада белков освобожденные аминокислоты повторно вливаются в общий ресурс для нового синтеза. Во-вторых, аминокислоты могут подвергаться процессам катаболизма, когда их

углеродные цепочки утилизируются для энергообеспечения или запасаются в форме гликогена и липидов, причем азотистые группы эффективно удаляются через мочевыделительную систему. Наконец, третьим важным направлением их использования является биосинтез новых азотистых компонентов, необходимых для поддержания жизнедеятельности организма: например, для создания нуклеотидов, креатина, нейромедиаторов и гормонов. Структуры, полученные таким путем, обычно не подлежат рециркуляции в первичном виде, оканчивая свой метаболический цикл трансформацией в другие соединения – такой, как, например, превращение пуринов в мочевую кислоту [38].

Исследование и коррекция уровней потребления аминокислот у свиней способствуют разработке подходов к созданию «идеального протеина», что позволяет значительно уменьшить потребление кормового протеина для производства единицы продукции. Процесс определения потребности в протеине тесно связан с потребностями в ключевых незаменимых аминокислотах – в частности, в лизине и его балансе с другими незаменимыми аминокислотами в доступной форме. Такой белок достигает высокой эффективности в синтезе продукции животноводства, и его использование позволяет сократить расходы в сравнении с текущими кормовыми стандартами [48-50].

Для достижения идеального аминокислотного профиля важно учитывать количество кормовых аминокислот, которые могут быть эффективно усвоены в пищеварительном тракте, а именно фокусируясь на стандартизированных или истинно перевариваемых аминокислотах. Внедрение в рационы аминокислотных добавок, производимых на промышленном уровне, особенно критически важных аминокислот – таких, как лизин, метионин, треонин и триптофан, способствовало необходимости более детальной оценки потребностей в других незаменимых аминокислотах. Это связано с тем, что при балансировке рационов при помощи коммерчески

доступных аминокислотных добавок другие аминокислоты могут оказаться дефицитными [51].

1.3. Изолейцин и другие аминокислоты с разветвленными цепями

По разным оценкам, в биосфере насчитывается от 10 млрд до 1 трлн уникальных белков, которые поддерживают жизнь приблизительно 1 млн видов живых существ.

Все биологические белки формируются из ограниченного количества элементарных строительных единиц, известных как аминокислоты, которые соединены в полипептидные цепочки [16].

Аминокислоты на земле присутствуют в течение свыше 3 млрд лет.

Современными учеными обнаружено свыше 300 разнообразных аминокислот в природе, 20 аминокислот которых играют ключевую роль в формировании белковых структур как в животных, так и в растительных организмах. Эти аминокислоты включаются в полипептидную цепь в соответствии с инструкциями, закодированными в ДНК, и потому относятся к категории протеиногенных аминокислот.

Многообразие структурных особенностей и функциональных возможностей белковых молекул обусловлено химическими и физико-химическими характеристиками боковых цепей (радикалов R) аминокислот. Это позволяет белкам выполнять уникальные функции, которые отсутствуют у других биополимеров [17].

Изолейцин, также известный как аминотетрагидроптеридиновая кислота, является структурным изомером лейцина. В его молекуле метильная группа присоединена к первому атому углерода, что отличает его от лейцина, где эта группа связана со вторым углеродным атомом. Эта аминокислота занимает важное место в рационе свиней, будучи шестой по значимости незаменимой аминокислотой. Исследования на животных показали, что изолейцин способен регулировать уровень глюкозы в крови, стимулируя ее утилизацию

в скелетных мышцах [30]. Также изолейцин вместе с валином и лейцином и их производными оказывает защитное действие на митохондрии, снижая риск окислительных повреждений и поддерживая энергетический метаболизм в нейронных клетках.

Исследования показали, что лимфоциты, за которыми следуют эозинофилы и нейтрофилы, обладают высоким содержанием изолейцина, что подчеркивает его значение для иммунных реакций [53]. Кроме того, эксперименты, проведенные J. Nishimura и коллегами на мышах с повышенным потреблением жиров и изолейцина, продемонстрировали его способность уменьшать накопление жира, снижая тем самым прирост массы тела и уровень триглицеридов в крови. Недостаток этой аминокислоты в свою очередь ведет к потере эндогенного азота и нарушению процессов белкового метаболизма.

Изолейцин является одной из важных незаменимых аминокислот, которые организм не способен синтезировать самостоятельно. Их необходимость поступления с пищей обуславливается различными факторами включая общее физиологическое состояние и вид животного. Определение потребностей в этих аминокислотах проводится через измерение азотного баланса.

Разрабатываемые стандарты показывают, что потребности в изолейцине и других незаменимых аминокислотах (таких, как триптофан) особенно высоки у младенцев и молодняка млекопитающих на этапе вскармливания. Ключевыми периодами, когда организму требуется больше незаменимых аминокислот, являются моменты интенсивного восстановления после значительных потерь крови, получения травм, ожогов или в процессе регенерации тканей, что подчеркивает их критическую роль в поддержании здоровья и восстановлении [16].

Поскольку ионы изолейцина обладают нейтральным зарядом, они практически не влияют на диссоциационные процессы α -карбоксильных или

α -аминогрупп. Следовательно, константа диссоциации pK сохраняет свое относительное постоянство [17].

Большинство протеиногенных аминокислот может быть произведено при помощи определенных микроорганизмов. Этот процесс, известный также как микробная ферментация, осуществляется путем аэробного культивирования микроорганизмов в разведенных питательных средах, которые включают в себя легко усваиваемые источники углерода и азота. Для ферментативного производства изолейцина применяются регуляторно модифицированные штаммы *Pseudomonas trifoli* и *Escherichia coli*, лишенные некоторых ферментов, что позволяет инициировать процесс накопления аминокислоты за счет нарушения обратной связи. При этом дальнейший ход реакции блокируется. Изолейцин также может быть получен с использованием химического синтеза [16].

Изолейцин является частью группы аминокислот, которая включает в себя лейцин и валин, отличаясь структурой своих углеродных цепей. Эти аминокислоты связаны между собой в процессах метаболизма и абсорбции в фиксированных соотношениях [18].

Аминокислоты обладают разнообразными функциями в живых организмах, являясь основой для биосинтеза протеинов, а также играя роль в производстве глюкозы, участвуют в образовании мочевины и других важных метаболических процессах. Вместе с их производными они являются важными для контроля производства фосфолипидов, гликогена и влияют на процессы разложения белка.

Аминокислоты, циркулирующие в плазме крови, подразделяются на гликогенные и кетогенные в зависимости от их способности к образованию глюкозы или кетонных тел, а также различаются по их способности к синтезу в организме (заменимые или незаменимые). Метаболизм аминокислот регулируется в основном митохондриями. Аминокислоты также играют центральную роль в поддержании и выполнении множества клеточных функций, являются критически важными для создания

соединений, необходимых для доставки азота и углерода [40]. Алифатические аминокислоты с разветвленной цепью особенно значимы в клеточном синтезе стероидов и кетоновых тел [41].

1.4. Метаболизм аминокислот с разветвленной цепью углерода

Печень является ключевым органом для окислительного удаления карбоксильной группы из молекул разветвленных кетокислот, извлеченных из кровотока. В метаболическом пути аминокислот с разветвленной цепью (АРЦ) действуют одинаковые ферменты на начальных этапах: трансаминирование и декарбоксилирование данных кетокислот. В отличие от многих других аминокислот, в основном метаболизируемых в печени, АРЦ также активно расщепляются в мышцах и почках. Важно заметить: АРЦ отличаются тем, что используют уникальный для себя путь катаболизма. Эти незаменимые аминокислоты начинают расщепляться в мышечных тканях. После употребления белковой пищи свыше половины АРЦ освобождается в результате гидролиза белков, проникает через мембраны энтероцитов и сосудов и входит в кровоток. Учитывая, что основными потребителями этих аминокислот являются мышечные и другие непаренхиматозные органы, АРЦ можно рассматривать как маркер доступности аминокислот. Также существует предположение того, что одна или несколько аминокислот из этой группы выполняют важную функцию знакового молекулярного механизма для регуляции синтеза белка и предотвращения его избыточного распада, сохраняя тем самым аминокислотный баланс. Метаболиты АРЦ – такие, как глутамат, глутамин и аланин, играют ключевую роль как исходные вещества для синтеза глюкозы в процессах глюконеогенеза [42-45].

Как замечено выше, аминокислоты с разветвленными цепями (АРЦ) не подвергаются непосредственному метаболизму в печени, а преобразуются в основном в скелетных мышцах и других тканях. Тем не менее печень способна осуществлять окислительное превращение АРЦ в альфа-

кетокислоты после их конверсии в других тканях [46]. В начале этого процесса, благодаря действию аминотрансфераз с разветвленной цепью, данные аминокислоты трансформируются в альфа-кетокислоты с разветвленной цепью (лейцин в альфа-кетоизокапроат, валин в альфа-кетоизовалерат и изолейцин в альфа-кето-бета-метилвалерат) за счет отделения аминогруппы. Затем альфа-кетокислоты декарбоксилируются специфической дегидрогеназой. В результате катаболизм этих метаболитов АРЦ приводит к образованию итоговых продуктов (ацетил-КоА из лейцина и сукцинил-КоА из валина, а из изолейцина – и ацетил-КоА, и сукцинил-КоА), которые вовлекаются в цикл Кребса. При этом современные исследования по-прежнему изучают нерешенные аспекты регуляции катаболизма этих аминокислот: в частности, новые механизмы контроля действия ферментов в этом процессе включая регулировку их активности через микроРНК и посттрансляционные модификации (например, фосфорилирование, ацетилирование и убиквитинирование). Оценивается также влияние циркадных ритмов, возрастных изменений и механизма mTORC1 на эти ферменты. Такие исследования открывают перспективы для создания методов профилактики расстройств, ассоциированных с метаболизмом АРЦ [47].

1.5. Значимая роль изолейцина в рационах поросят наряду с другими разветвленно-цепочечными аминокислотами

В рационах поросят аминокислоты с разветвленными цепями: лейцин, изолейцин, валин – обычно служат лимитирующими сразу после лизина, метионина, треонина и триптофана. Доступность этих аминокислот на рынке кормовых добавок, за исключением лейцина, дает возможность сократить содержание общего белка в комбикорме, не уменьшая при этом уровень незаменимых аминокислот. Оптимизация рецептур комбикормов с

уменьшенным количеством общего протеина предполагает тщательный расчет потребностей в ограничивающих аминокислотах, в том числе АРЦ.

Важно отметить, что избыточное присутствие лейцина и валина способно активировать распад изолейцина, и наоборот, повышая их взаимные потребности ввиду общих путей распада, что существенно усложняет расчет баланса потребления [19].

Практика раннего отъема поросят (до 30 дней), стандартная для индустриального производства свинины, приводит к стрессу и увеличению летальности среди молодняка, обусловленному переходом от материнского молока к более грубым кормам. Этот этап является критичным, поскольку в подсосный период пищеварительная система поросят находится на этапе формирования функциональных ферментативных систем, еще не полностью адаптированных к переработке корма, что проявляется в ограниченной секреторной активности желудочно-кишечного тракта. Следовательно, глубокое понимание физиологии пищеварения и выявление наиболее подходящего по питательным характеристикам рациона для раннего отъема поросят имеют важное значение для повышения их выживаемости и здоровья [12-15].

По данным исследований последних лет, АРЦ влияют на несколько синтетических и катаболических клеточных сигнальных каскадов, ведущих к изменению фенотипов у млекопитающих [25-27]. Помимо этого, АРЦ обладают уникальными свойствами, выполняя различные физиологические и метаболические функции. В частности, на различных моделях *in vitro* и *in vivo* показано, что они способствуют повышению синтеза белка, ингибированию их распада и участвуют в регуляции энергетического обмена. Использование АРЦ и их метаболитов открывает большие перспективы для улучшения роста и здоровья животных и человека [20-23, 28-31].

В рецептурах комбикормов для поросят балансировка уровней и соотношений таких незаменимых аминокислот, как лейцин, валин и

изолейцин, по отношению к другим аминокислотам, особенно к лизину, играет критическую роль в стимулировании роста и развития, влияя на синтез белковых компонентов в тканях мяса.

Таким образом, разработка кормов с идеальным балансом протеина и незаменимых аминокислот, способствующих улучшению среднесуточного прироста веса, оптимизации конверсии корма в мясную продукцию и улучшению его качества, представляет собой важную задачу в сфере свиноводства [24].

Создание эффективных рационов с низким уровнем сырого протеина требует детального понимания нужд организма в ключевых аминокислотах включая разветвленно-цепочечные аминокислоты (АРЦ). Важно отметить, что избыток таких аминокислот, как лейцин и валин, может стимулировать увеличение метаболического распада изолейцина, и наоборот, вызвать возможное искажение данных об их фактической потребности ввиду уникальной способности к совместному метаболизму.

Научный интерес к пониманию физиологической роли и метаболических процессов, связанных с РЦА, а также к исследованию способов их применения выражается через изучение необходимых уровней этих аминокислот для различных физиологических условий и оптимизацию их баланса при разработке разнообразных фармацевтических средств и кормовых добавок, эффективность которых подкреплена метаболическими и фармакологическими свойствами лейцина, изолейцина и валина [39].

До недавнего времени только 4 аминокислоты были доступны для кормопроизводства: лизин, треонин, метионин и триптофан. Сейчас на рынке появился также валин, а недавно в Российской Федерации было разрешено использовать изолейцин. Доступность этих аминокислот позволит специалистам, занимающимся кормлением, уменьшить содержание сырого протеина в рационе и более точно удовлетворять потребности животных. Это также дает возможность использовать более дешевое сырье.

Растущие цены на традиционные источники белка (такие, как соевый шрот и рыбная мука) привели к необходимости использования альтернативных источников белка, в том числе высушенных клеток крови и других побочных продуктов, которые образуются при получении плазмы крови свиней, главным образом – в престаартерном и стартерном рационе поросят. Несмотря на то, что высушенные клетки крови содержат большое количество лейцина и валина, главный их недостаток заключается в низком уровне изолейцина [74]. Так, продуктивность поросят снижалась при введении в рацион свыше 2% высушенных клеток крови [75, 76]. Снижение продуктивности было обусловлено антагонизмом аминокислот с разветвленными цепями [77].

Исследования показали, что валин и/или изолейцин являются следующими после лизина, треонина и триптофана лимитирующими аминокислотами в рационе поросят с низким содержанием сырого протеина [78, 79]. То, будет валин или изолейцин следующей лимитирующей аминокислотой, зависит от компонентов и соответствия их уровня и соотношения концепции идеального протеина. В большинстве случаев валин и изолейцин являются ко-лимитирующими факторами в рационе с низким содержанием сырого протеина. Поскольку валин и изолейцин доступны на рынке и используются в рационе вместе с высушенными клетками крови, необходимо переоценить требования и оптимальные соотношения этих двух аминокислот. Поскольку потенциально может возникнуть антагонизм аминокислот с разветвленными цепями, целесообразно обсудить это явление в контексте всех трех аминокислот.

1.6. Рекомендации по уровню аминокислот с разветвленными цепями для поросят

В настоящее время основными поставщиками информации о кормлении свиней являются различные кормовые компании и производители

генетики. В своей работе зоотехники по кормам чаще всего опираются именно на последних. В таблице 1 приведены некоторые рекомендации от различных компаний по уровню аминокислот и по их отношению к лизину.

Таблица 1 – Рекомендации по уровню и соотношению аминокислот с разветвленной цепью от различных компаний, присутствующих на российском рынке [111-117]

Показатель	Рекомендации						
	Evonic Industries.	PIC Genetic	SEGES Danich Nutrient Standarts	Topigs Norsvin	Hypor	Danbread International	Genesus
Масса поросят, кг	до 10	7,5-11	6-9	6-9	до 10	До 9	7-13
Уровень SID лизина, %	1,40	1,42	1,25	1,26	1,38	-	1,37
Соотношение SID лейцина к лизину, %	135	100	86-90	100	-	102	100
Соотношение SID валина к лизину, %	68	67	62-64	68	68	70	67
Соотношение SID изолейцина к лизину, %	60	55	46-48	55	56	58	55

Из анализа рекомендаций поставщиков генетики и кормов, представленных в Российской Федерации, следует, что данные рекомендации являются весьма близкими, но не всегда отвечают реалиям кормовой базы, применяемой в РФ. Как описано выше, большинство престартерных кормов для поросят-отъемышей за рубежом содержит в своем составе большое количество различных вариантов сухих клеток крови – таких, как сухая плазма, сухой гемоглобин, сухая кровяная мука и пр. Вследствие этого уровень лейцина и отображение его в рекомендациях отличаются от практических значений в питательности, применяемой в РФ. Как следствие, необходимо уточнение этих показателей, в том числе

отношения изолейцина к лизину и, возможно, соотношения аминокислот с разветвленной цепью между собой.

1.7. Уровни аминокислот с разветвленными цепями в различном кормовом сырье

В нашей стране составы престартерных кормов для поросят-отъемышей отличаются от зарубежных аналогов и рекомендаций. На Западе широкое распространение получило использование продуктов переработки крови, в то время как в Российской Федерации только небольшое количество производителей используют данные продукты в составе своих комбикормов. Это связано в первую очередь с опасением переноса различных заболеваний через некачественно обработанную кровь.

Таблица 2 –Уровни аминокислот с разветвленными боковыми цепями (АРЦ) в сырье для приготовления престаартерных комбикормов [111, 118]

Компонент	Рекомендации*	Уровень сырого протеина, %	Усвояемая аминокислота, %			
			лизин	лейцин	валин	изолейцин
Пшеница	INRA	11,00	0,25	0,67	0,41	0,35
	AD 2010	12,10	0,28	0,72	0,46	0,37
Ячмень	INRA	9,90	0,28	0,56	0,46	0,29
	AD 2010	10,00	0,28	0,57	0,39	0,28
Кукуруза	INRA	7,60	0,19	0,86	0,33	0,25
	AD 2010	8,00	0,19	0,85	0,32	0,23
Соевый шрот	INRA	43,50	2,42	2,95	1,84	1,77
	AD 2010	44,00	2,39	2,94	1,87	1,79
Рыбная мука	INRA	62,60	4,28	4,10	2,80	2,33
	AD 2010	63,00	3,91	3,78	2,50	2,13
Концентрат соевого протеина	INRA	54,00	3,14	2,43	2,43	2,32
	AD 2010	62,80	3,52	2,73	2,73	2,71
Кровяная мука	INRA	87,70	6,60	9,02	6,26	0,95
	AD 2010	85,00	6,35	8,42	5,88	0,88
Сыворотка молочная сухая	INRA	10,90	0,73	0,81	0,47	0,51
	AD 2010	12,30	0,96	1,03	0,64	0,67

* Примечание. INRA – The INRA-CIRAD-AFZ feed tables/<https://www.feedtables.com/>; AD 2010 – AMINO Dat 4.0. Platinum version (2010): Evonik Degussa GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany.

В настоящее время зоотехники по кормам на практике располагают недостаточным количеством источников, откуда можно почерпнуть данные о содержании аминокислот с разветвленной цепью в основном кормовом сырье. Поэтому в данном направлении необходимо усиливать работу отечественной науки для обеспечения производителей актуальной информацией.

1.8. Потребность поросят в аминокислотах с разветвленными цепями

Необходимость исследования потребности в лейцине не является актуальной, поскольку в типичных рационах для поросят не наблюдается дефицит этой аминокислоты. Исследования потребности поросят в изолейцине и валине ограничиваются работами, проведенными за последние 10 лет. Чтобы оценить средние значения аминокислот с разветвленными цепочками для поросят разного возраста, были собраны соответствующие данные всех доступных публикаций и проведено их сравнение с результатами собственных исследований [74].

Для более точного сравнения экспериментов и согласованного предоставления результатов уровень изолейцина валина, лейцина в рационах, а также значения потребности/соотношения были выражены в стандартизированной илеальной доступности (SID). Для этого SID рассчитывали из общего значения, опираясь на установленные коэффициенты SID для конкретного компонента рациона [80] или исходя из значений кажущейся илеальной доступности (AID), скорректированной на эндогенные потери [81].

Эггерт с соавт. [82] впервые опубликовал данные об общей потребности поросят в возрасте 2-5 недель в лейцине, которым скармливали в рационе и в состав которого входили казеин и аминокислоты. Потребность в лейцине находилась в пределах от 1 до 1,25%. В исследовании Чунг и Бейкер [83] с использованием однокомпонентного рациона было установлено, что оптимальное соотношение лейцина к лизину составляет 100% для поросят на

доращивании весом 10-20 кг и 110% для поросят в период роста весом 25-50 кг [84]. Аугспургер и Бейкер [85], используя рацион, состоящий из кукурузы, арахисового шрота, сыворотки и соевого шрота, определили, что потребность поросят массой 10-20 кг в илеально усвояемом лейцине составляет приблизительно 1,05%, что соответствует соотношению усвояемого лейцина к лизину – 100%.

Вероятно, существуют оптимальные соотношения трех аминокислот с разветвленными цепочками. Национальным исследовательским центром (NRC) в 1998 г. [86] при использовании факториального подхода были определены оптимальные соотношения усвояемых изолейцина, лейцина и валина к лизину на уровне 55, 100 и 68% соответственно и оптимальное соотношение изолейцина, лейцина, валина – 100:185:126. Используя метод окисления индикаторной аминокислоты, Эланго с соавт. [87] установил, что оптимальное соотношение изолейцин:лейцин:валин составляет 100:180:120 в рационе неонатальных поросят (–1,5 кг живой массы). Это было адекватным и соответствует рекомендациям NRC (1998 г.). На основе этих данных оптимальное соотношение стандартизировано илеально усвояемых лейцин:лизин на уровне 100 и 110% считается адекватным для рациона поросят.

В типичном рационе свиней, применяемом на Западе, на основе кукурузы и соевого шрота аминокислоты с разветвленными цепями составляют 40% от всех незаменимых аминокислот, поэтому общепринято, что в рационе наблюдается скорее избыток, чем недостаток аминокислот с разветвленными цепями [88].

Известно, что избыток лейцина снижает потребление корма и продуктивность свиней [89]. Исследования показали, что низкое содержание высушенных клеток крови в рационе (до 2–3%) не влияет на продуктивность. Однако наблюдалось снижение продуктивности при введении в рацион более 3–4% высушенных клеток крови для поросят-отъемышей и 4-5% – для финишного периода [90, 91]. Введение синтетического изолейцина в рацион для повышения

соотношения усвояемого изолейцина к лизину до 62–66% полностью восстанавливало продуктивность животных [75].

Введение высушенных клеток крови в рацион повышает не только уровень лейцина и валина, но также фенилаланина и тирозина. Поэтому эффект подавления роста может быть обусловлен одновременным избытком всех аминокислот. Однако добавление только лейцина или всех избыточных аминокислот (лейцина, валина, гистидина и фенилаланина) в корм из кукурузы и соевого шрота приводило к снижению продуктивности поросят, сходному с результатами, полученными при скармливании рациона на основе кукурузы и высушенных клеток крови [92]. Из этого можно сделать вывод о том, что снижение продуктивности вызвано в основном избытком лейцина. В основе данного явления лежит следующий механизм: при введении в рацион высушенных клеток крови наблюдается избыток лейцина, что приводит к усилению катаболизма других аминокислот с разветвленными цепями посредством активации ферментов распада (трансаминазы аминокислот с разветвленными цепями) – главным образом в скелетной мускулатуре, и, как следствие, снижается количество доступного изолейцина и валина.

Изучая взаимодействие лейцина и валина, Фу с соавт. [93] обнаружил, что добавление только валина или вместе с лейцином в контрольный рацион, состоящий из кукурузы и высушенных клеток крови, не влияет на продуктивность поросят. Лангер и Фуллер [94] в 2000 г. сообщили, что увеличение содержания валина ослабляет негативные эффекты избытка лейцина в рационе с лимитированным содержанием изолейцина в отношении использования азота поросятам на доращивании и откорме, а избыток лейцина в рационе с низким содержанием валина не снижает использования азота. Ученый Глоагуен с соавт. [95] подтвердил, что избыток лейцина в рационе при соотношении усвояемого лейцина к лизину на уровне 165% не оказывал влияния на продуктивность поросят массой 12-21 кг, если при этом соотношение усвояемого валина к лизину поддерживалось на уровне 70%. В заключение подтверждено, что избыток лейцина оказывает большее негативное

влияние на использование изолейцина, нежели валина. Это предполагает необходимость увеличения потребности в изолейцине или оптимального соотношения усвояемого изолейцина к лизину при избытке лейцина в рационе.

Бейкер с соавт. [96] впервые опубликовал данные о том, что потребность в изолейцине у поросят с живой массой 5-12 кг, которым скармливали рацион на основе декстрозы и кровяной муки, составила 0,73% в расчете на среднесуточный прирост живой массы и затрат корма на 1 кг прироста живой массы. Джеймс с соавт. [97] установил, что оптимальной продуктивности у поросят с живой массой 6-9 кг, которые получали рацион, состоящий из кукурузы, соевого шрота и сыворотки и содержащий 4% высушенных клеток крови, можно достичь при уровне стандартизированного, илеально усвояемого изолейцина 0,69%. Керр с соавт. [76] показал, что потребность в стандартно усвояемом изолейцине у поросят массой 7-11 кг с рационом, в состав которого входили кукуруза, соевый шрот, сыворотка и 7,5% высушенных клеток крови, составляет 0,73% исходя из данных по средней продуктивности и содержанию азота мочевины в плазме крови поросят. Для поросят массой 6-14 кг Остемер с соавт. [98] определил оптимальное значение стандартного усвояемого изолейцина на уровне 0,63%, используя рацион из кукурузного крахмала, глюкозы и кровяной муки. На основе данных по затратам корма на 1 кг прироста живой массы Фу с соавт. [99] установил, что потребность в стандартном илеально усвояемом изолейцине поросят массой 14-22 кг составляет 0,66% при использовании рационов на основе кукурузы и соевого шрота.

Для поросят на доращивании и откорме с живой массой 18-40 кг Ленис и Ван Дипен [100] определили потребность в стандартном илеально усвояемом изолейцине на уровне 0,57%, основываясь на результатах среднесуточных приростов и конверсии корма. Используя рацион, состоящий из кукурузы и соевого шрота, а также 7,5% высушенных клеток крови, Парр с соавт. [101, 102] показал, что потребность в стандартном илеально усвояемом изолейцине составила 0,50% для поросят на доращивании и откорме массой 27-42 кг,

опираясь на результаты среднесуточных приростов живой массы и среднесуточного потребления корма.

Опубликованные данные по потребности в изолейцине для поросят на доращивании и откорме живой массой 40-80 кг являются устаревшими. Основываясь на среднесуточных приростах живой массы и данных о затратах корма на 1 кг прироста, Бейкер с соавт. [96] установил, что потребность в стандартном илеально усвояемом изолейцине у поросят массой 53-75 кг, которым скармливали рацион на основе кукурузного крахмала, глюкозы и кровяной муки, составляет 0,48%. В другом эксперименте эти же авторы определили несколько заниженный уровень стандартного илеально усвояемого изолейцина на уровне 0,37% для поросят живой массой 45-61 кг, получавших рацион из кукурузного крахмала, декстрозы и кровяной муки. Парр с соавт. [102] показал, что оптимальный уровень стандартного илеально усвояемого изолейцина для свиней заключительного периода откорма массой 87-100 кг составил 0,31% при использовании рациона, состоявшего из сои, кукурузы и 5,0% высушенных клеток крови. Оптимальный уровень стандартного илеально усвояемого изолейцина по Кендаллу [103] для свиней массой 91-116 кг, которые получали рацион из кукурузы и 5,0% высушенных клеток крови, составил 0,36%. Такая же потребность в стандартизированном, илеально усвояемом изолейцине была установлена Дином с соавт. [104] для свиней массой 85-118 кг, которым скармливали аналогичный рацион.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что средняя потребность в стандартизированном, илеально усвояемом изолейцине составила 0,71; 0,65; 0,54; 0,43; 0,34% для поросят на доращивании и откорме с живой массой 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 и 70-120 кг соответственно. Эти значения немного превышают рекомендованные NRC нормы: 0,65; 0,55; 0,45; 0,37; 0,29; соответственно для каждой весовой категории.

Для правильной оценки соотношения изолейцина в рационах, которые изучали в приведенных опытах, изолейцин был первой, а лизин – второй лимитирующей аминокислотой. Стоит отметить, что примерно в половине

экспериментальных рационов не использовали вообще или вводили незначительное количество высушенных клеток крови, и это обеспечивало нормальное содержание лейцина. В оставшейся половине экспериментов использовали большие количества высушенных клеток крови, поэтому в рационе наблюдали избыток лейцина.

Джеймс с соавт. [106] в 2000 г. определил оптимальное соотношение стандартизированного, илеально усвояемого изолейцина к лизину на уровне 54% для поросят массой 6-9 кг, которым скармливали рацион на основе кукурузы, соевого шрота, сыворотки и высушенных клеток крови на уровне 138%. Керр с соавт. [76] сообщает, что максимальная продуктивность поросят живой массы 7-10 кг, которые получали рацион, состоящий из кукурузы, соевого шрота, сыворотки и высушенных клеток крови лейцина к лизину, составила 168% при уровне стандартного илеально усвояемого изолейцина к лизину 61%.

Вильтафски с соавт. [106] в своих исследованиях изучал рацион, состоящий из кукурузы, ячменя и кукурузного глютена, и определил, что оптимальное соотношение стандартизированного, илеально усвояемого изолейцина к лизину составило 54%, опираясь на показатели среднесуточных приростов живой массы и потребления кормов для поросят с живой массой 8-25 кг. Ученый Хту с соавт. [107] показал, что максимальная продуктивность поросят весом 10-22 кг была получена при стандартном илеально усвояемом изолейцине к лизину на уровне 51% при использовании рациона, в состав которого входят пшеница, ячмень, соевый шрот и высушенные клетки крови при соотношении лейцина к лизину 129%. Бергстром с соавт. [108] изучал оптимальное содержание изолейцина для поросят стартерного периода при двух уровнях лизина. Опираясь на показатель среднесуточного прироста живой массы, они выявили, что оптимальное соотношение стандартного илеально усвояемого изолейцина к лизину для поросят с живой массой 11–24 кг составило 56% при содержании 0,81% стандартно илеально усвояемых лизина и лейцина 131 и 55% при содержании 1,18% стандартно илеально усвояемых лизина и лейцина 110%.

Линдерман с соавт. [109] определил, что оптимальное количество изолейцина для поросят массой 24-40 кг при использовании рациона на основе пшеницы, ячменя, соевого шрота и высушенных клеток крови при соотношении стандартного илеально усвояемого лейцина к лизину 129%, основываясь на данных по среднесуточным приростам и затратам корма на 1 кг прироста живой массы, оптимальный уровень изолейцина составил 55%.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа была выполнена в период с 2022 по 2024 гг. в ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва), и АО «Племзавод Шойбулакский» (п. Оршанка) Республики Марий Эл.

Исследования были проведены в ходе научно-хозяйственного опыта и завершались производственной апробацией. Общая схема научных исследований представлена в таблице 3 и на рисунке 1.

Для проведения эксперимента было сформировано 8 групп поросят-отъемышей, полученных от свиноматок F1 датской селекции (контрольная 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – опытные) по 68 гол. в каждой. Поросята-отъемыши были отобраны из одной недельной группы отъема для минимизации влияния внешних факторов на ход проведения эксперимента.

Эффективность использования рационов с разным уровнем изолейцина в раннем постнатальном онтогенезе поросят								
Объект исследования: поросята-отъемыши (n=68)								
Группа								
Показатель	1 к (контрольная)	опытная						
		2	3	4	5	6	7	8
Состав комбикормов	Основной рацион (комбикорм СПК-3 для поросят в возрасте 9 – 42 дня) с содержанием сырого протеина 22%	ОР + 500 г на тонну комбикорма L-изолейцина	ОР + 1000 г на тонну комбикорма L-изолейцина	ОР + 1500 г на тонну комбикорма L-изолейцина	ОР + 2000 г на тонну комбикорма L-изолейцина	ОР – Дефицит по сырому протеину 10% с учетом баланса аминокислот за исключением изолейцина с содержанием сырого протеина 20%	ОР – Дефицит по сырому протеину 20% с учетом баланса аминокислот за исключением изолейцина с содержанием сырого протеина 18%	ОР – Дефицит по сырому протеину 20% с учетом баланса аминокислот идентичному ОР с содержанием сырого протеина 18%
Исследуемые показатели								
Химический состав кормовых средств и комбикормов:	Зоотехнические:			Биохимические:			Экономическая эффективность:	
<ul style="list-style-type: none"> • сухое вещество, • сырой протеин, • сырая зола, • сырой жир, • сырая клетчатка, • кальций, фосфор, натрий, • лизин, • метионин и цистин. 	<ul style="list-style-type: none"> • сохранность поголовья, • живая масса, • среднесуточный прирост живой массы, • абсолютный прирост живой массы, • относительный прирост живой массы, • возраст достижения живой массы 100 кг, • затраты комбикорма, • затраты ЭКЕ на 1 кг прироста, • затраты сырого протеина на 1 кг прироста, • переваримого протеина на 1 кг прироста, • затраты усвояемого лизина на 1 кг прироста. 			<ul style="list-style-type: none"> • глюкоза, • общий белок, • альбумин, • мочевины, • кальций общий, • неорганический фосфор, • щелочной резерв, • альфа-глобулины, • бета-глобулины • гамма-глобулины. 			<ul style="list-style-type: none"> • общее потребление корма за период опыта, • затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы, • затраты комбикорма на группу, • затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы. • стоимость 1 кг комбикорма. • 	
Производственная проверка (n=514)								
Предложения производству, перспективы дальнейшей разработки темы								

Рисунок 1 – Общая схема исследований

Таблица 3 – Схема проведения опыта

Группа	Особенности кормления поросят - отъемышей
1 (контроль)	Основной рацион (комбикорм СПК-3 для поросят в возрасте 9 – 42 дня) с содержанием сырого протеина 22%
2	ОР + 500 г на тонну комбикорма L- изолейцина
3	ОР + 1000 г на тонну комбикорма L- изолейцина
4	ОР + 1500 г на тонну комбикорма L- изолейцина
5	ОР + 2000 г на тонну комбикорма L- изолейцина
6	ОР – Дефицит по сырому протеину 10% с учетом баланса аминокислот за исключением изолейцина с содержанием сырого протеина 20%
7	ОР – Дефицит по сырому протеину 20% с учетом баланса аминокислот за исключением изолейцина с содержанием сырого протеина 18%
8	ОР – Дефицит по сырому протеину 20% с учетом баланса аминокислот идентичному ОР с содержанием сырого протеина 18%

Подопытных поросят-отъемышей содержали в групповых станках по 34 гол. в каждом. Был обеспечен свободный доступ к кормушкам и ниппельным поилкам. Кормление осуществлялось вволю.

Для проведения эксперимента использовали изолейцин, разработанный компанией CJ CheilJedang «Corporation, 330, Dongho-ro, Jung-gu, Seoul, 04560, Republic of Korea (Корея) и произведенный CJ (Shenyang) Biotech Co., Ltd.», 38-23, Yunong road, Shenbei New District, Shenyang City, Liaoning Province, China (Китай). В соответствии с инструкцией по применению РФ-КД-00550 от 03.08.2020 г. добавка содержит в своем составе L-Изолейцин (высушенный экстракт продуктов ферментации *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13032, источник штамма *Corynebacterium glutamicum* KFCC11040) в количестве 90,0–100,0%. Является продуктом микробиологического синтеза.

Рационы для подопытных животных составлены на основе «Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах» ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2018 г. и рассчитаны с использованием программного комплекса «КормОптима». Данный программный комплекс позволяет оптимизировать рецептуры полнорационных комбикормов в соответствии с заданными уровнями питательных веществ, ввода компонентов комбикормов, а также с целью минимизации стоимости рецепта.

Производили комбикорм СПК-3 на комбикормовом заводе ООО «Маризернопродукт», г. Йошкар-Ола. Данный комбикормовый завод оснащен автоматической линией производства полнорационных гранулированных комбикормов. Оборудование, установленное на производстве комбикормов, было поставлено в Россию в 2012 г. голландским подразделением компании Ottevanger – компанией Wynveen. Линия оборудована автоматическими системами дозирования макро- и микрокомпонентов в количестве 5 ед. с различным количеством бункеров в каждой. Всего на производстве в автоматическом режиме могут дозироваться 36 компонентов. Помимо этого, предусмотрен ввод добавок и лекарственных средств непосредственно в смеситель, в ручном режиме. Также линия включает в себя участок дробления, смешивания, гранулирования и финишного напыления масла на гранулу. Комбикорм после смешивания подвергался термической обработке в кондиционере-охладителе. Размеры гранул составляли 2,2 мм в диаметре и 4 мм в длину. На заводе установлены системы для упаковки комбикорма в мешки, через которые фасовали престартерный комбикорм для проведения эксперимента.

Подтверждение питательной ценности корма, проводили в С-ЗИЛ ФГБУ ВНИИЗЖ, г. Санкт-Петербург. Исследования проводили на следующие показатели: массовая доля влаги по ГОСТ Р 54951-2012, массовая доля золы не растворимой в соляной кислоте по ГОСТ 32045-2012, массовая доля сырого протеина по ГОСТ 13496.4-2019, массовая доля сырого жира по ГОСТ 13496.15-2016, массовая доля сырой клетчатки по ГОСТ 26657-97 п. 4, массовые доли кальция по ГОСТ 26570-95 п. 4, фосфора по ГОСТ 26657-97 п. 4 и натрия по ГОСТ 30503-97, а также массовую долю содержания лизина и метионина и цистина по методике измерения доли аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии М-02-902-142-07.

Внутри каждой группы было отобрано и промаркировано ушными бирками 6 животных по методу пар-аналогов по 3 свинки и 3 хрячка в каждой.

В ходе опыта изучали интенсивность роста подопытного молодняка путем взвешивания в возрасте 27, 40, для групп по 68 голов и в возрасте 27, 40, 82, и 158 суток, для групп по 6 животных, и расчетов абсолютного, относительного среднесуточного приростов живой массы. Проводили учет сохранности поголовья, а также ветеринарных обработок, лечения и пр.

Расход кормов учитывали путем взвешивания задаваемых кормов в кормушки и взвешивания остатков корма при взвешивании поросят в возрасте 40 суток.

В возрасте поросят 27 и 40 суток изучали биохимические показатели крови. Исследования крови проводили в ГБУ Республики Марий Эл «РЕСПУБВЕТЛАБОРАТОРИЯ» Испытательная лаборатория, г. Йошкар-Ола (n=6).

Содержание глюкозы, общего кальция, альбумина и глобулинов определяли по «Методическим указаниям по применению унифицированных биохимических методов исследований крови, мочи, молока в ветеринарных лабораториях», утвержденных ГУВ МСХ СССР 03.04.1981 г., в соответствии с разделами 5, 8, 13 данной инструкции. Для определения содержания глюкозы и кальция применяли титрометрический метод анализа. Для альбумина и глобулинов – фотометрический. Для определения неорганического фосфора, щелочного резерва и содержания общего белка в сыворотке крови использовали «Методы ветеринарной лабораторной диагностики. Справочник под редакцией И.П. Кондрахина, издательство «КолоС», 2004 г., стр. 67, 82–84, 89. Для определения общего белка использовали рефрактометрический способ анализа, для неорганического фосфора – фотометрический, для определения щелочного резерва – диффузионный. Мочевину определяли с помощью фотометрического метода анализа, согласно «Инструкции по применению набора для колориметрического определения содержания мочевины в биологических жидкостях по реакции с диацетилмонооксидом «Мочевина Агат»», утверждённым Руководителем Департамента государственного контроля

лекарственных средств, изделий медицинских и медицинской техники МЗ РФ В.Е. Акимочкиным от 18.09.2003 г.

Математическую и статистическую обработку данных производили стандартными методами корреляционного и дисперсионного анализа по В.С. Антоновой и др. (2011), Е.К. Меркурьевой и др. (1970) с использованием статистического модуля в Microsoft Excel персонального компьютера. Достоверность различий оценивали по t-критерию Стьюдента, разность считали достоверной по отношению к контролю при $p < 0,05$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Условия содержания и кормления подопытных животных

Расчет рационов с пониженным содержанием сырого протеина требует точного знания потребности в лимитирующих аминокислотах. Опыты по изучению потребности в изолейцине на свиньях зачастую проводились с использованием рационов, в которые в качестве источника белка вводили сухие клетки крови, характеризующиеся низким уровнем изолейцина. В то же время данный вид сырья содержит много лейцина и валина, избыток которых может повышать катаболизм изолейцина и приводить к завышению потребности в нем, так как у разветвленно-цепочечных аминокислот (изолейцин, лейцин, валин) общие механизмы катаболизма в обмене веществ. В связи с этим было решено провести опыты для определения потребности поросят-отъемышей в изолейцине при использовании в рационе других видов белкового сырья.

Свиноводческий комплекс АО «Племзавод Шойбулакский» (пятая площадка) расположен вблизи поселка Оршанка Республики Марий Эл. Данный свиноводческий комплекс является предприятием промышленного типа с циклическим, поточным производством.

Поросята были отняты от свиноматок в возрасте 28 суток. Содержание поросят было групповым, поставочным, по 34 головы в каждом станке. Станки оборудованы автоматическими кормушками по 2 кормушки на каждые 2 станка, nipple-поилками. В станках была создана также зона отдыха поросят. В этих целях $\frac{1}{3}$ часть станка закрывается крышкой, образуя «домик», где поросята могут чувствовать себя защищенными, тем самым снижая уровень напряженности и стресса послеотъемного периода (рис. 2).

Кормление и содержание, а также микроклимат и фронт кормления подопытных животных в период проведения научно-хозяйственного опыта были идентичными. В дополнение к основному рациону поросята-отъемыши опытных групп получали кормовые добавки в соответствии со схемой

исследований (табл. 3, рис. 1). Кормление свиней осуществлялось в станках с использованием полнорационных комбикормов.



Рисунок 2 – Условия содержания поросят-отъемышей

Поросята-отъемыши контрольной, а также 2, 3, 4, 5 опытных групп получали полнорационный комбикорм СПК-3, в состав которого входили пшеница, ячмень, кукуруза, соевый шрот, ферментированный соевый шрот (Сойколак), сывороточный жировой концентрат (СЖК 50%), сыворотка сухая молочная, рыбная мука, масло подсолнечное, L-Лизин сульфат (75%), DL-Метионин (98%), соль поваренная, монокальцийфосфат, известняковая мука, «Мегасодиум» (сульфат натрия кормовой), «Витацид плюс» (смесь органических кислот), «Бутилин 54» (бутират кальция 54%), лечебный премикс «ДОКСИ-ФУД» (доксисицилин), премикс для свиней П53 (1,3%).

Поросята-отъемыши 6, 7, 8 опытных групп получали полнорационный комбикорм СПК-3, в состав которого входили пшеница, ячмень, кукуруза, соевый шрот, ферментированный соевый шрот («Сойколак»), сывороточный

жировой концентрат (СЖК 50%), сыворотка сухая молочная, масло подсолнечное, L-Лизин сульфат 75%, DL-Метионин 98%, L-Валин 98%, L-Треонин 98%, L-Триптофан 98%, соль поваренная, монокальцийфосфат, известняковая мука, «Мегасодиум» (сульфат натрия кормовой), «Витацид плюс» (смесь органических кислот), «Бутилин 54» (бутират кальция 54%), лечебный премикс «ДОКСИ-ФУД» (доксацилин), премикс для свиней П53 (1,3%).

Таблица 4 – Уровни АРЦ и их отношение к лизину в комбикормах для поросят-отъемышей, %

Показатель	Группа							
	1 к	2	3	4	5	6	7	8
Сырой протеин	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	20,00	18,00	18,00
Лизин	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Лизин усвояемый	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,30	1,31	1,31
Лейцин	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,51	1,27	1,27
Лейцин усвояемый	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,37	1,14	1,14
Изолейцин	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	0,83	0,71	0,90
Изолейцин усвояемый	0,84	0,89	0,94	0,99	1,04	0,76	0,64	0,84
Валин	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,01	1,01	1,01
Валин усвояемый	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Соотношение: Лейцин усвояемый / Лизин усвояемый, %	115	115	115	115	115	105	87	87
Соотношение: Изолейцин усвояемый / Лизин усвояемый, %	66	70	73	77	81	58	49	64
Соотношение: Валин усвояемый / Лизин усвояемый, %	72	72	72	72	72	71	70	70
Соотношение: усвояемых АРЦ Изолейцин:Лейцин:Валин	100:175:110	100:165:105	100:156:98	100:149:93	100:141:89	100:180:120	100:178:144	100:135:110

Поскольку АРЦ, изолейцин, лейцин, валин имеют одинаковые пути метаболизма в организме свиней, необходимо учитывать баланс этих аминокислот в корме по соотношению друг к другу, а не только отдельно по соотношению к лизину. Нами было предложено изучить соотношение изолейцин:лейцин:валин для престартерных кормов для поросят-отъемышей (табл. 4).

По показаниям ветеринарного врача проводили ветеринарные мероприятия для поросят-отъемышей.

3.2. Зоотехнические показатели роста поросят-отъемышей

3.2.1. Показатели роста и продуктивности поросят-отъемышей в группах

В ходе проведения исследования измеряли живую массу поросят в возрасте 27 и 40 суток, в период кормления престартерным комбикормом. В последующем рассчитывали среднесуточные приросты живой массы, абсолютный и относительный приросты живой массы, учитывали сохранность поросят и ветеринарные обработки поголовья. Динамика по приростам живой массы отражена в таблице 5.

В связи с тем, что опытная группа 6 показала по всем основным показателям наихудший результат, нами была проведена дополнительная проверка полнорационного комбикорма СПК-3 для выяснения соответствия рецептуре приготовления. В ходе проверки отчетов автоматизированной системы дозирования производства комбикормов на ООО «Маризернопродукт» было выявлено расхождение в дозировании компонентов с изначальным рецептом комбикормов. Поэтому было принято решение рассматривать данную группу как лимитированную по обменной энергии и лизину при оценке результатов работы. Так, по данным проверки в лаборатории на содержание основных питательных веществ корма были получены следующие данные по группе 6: отклонение в уровне лизина от расчетного составило 0,18%, что было выше уровня погрешности и не входило в интервал погрешности, предусмотренной методом определения.

С учетом вышеизложенного наибольшая масса поросят-отъемышей в возрасте 40 суток была в контрольной группе, составив 11,25 кг, наименьшей была масса у поросят 7 и 8 опытных групп, составив 9,82 кг.

Наибольший абсолютный прирост живой массы, рассчитанный на 1 гол., наблюдался также в контрольной группе 1, но при этом в группах 7 и 8, где дефицит сырого протеина по отношению к контролю составлял 20%, прирост был выше, чем в группах 3 и 5.

Относительный прирост живой массы на 1 голову в возрасте 40 суток был наивысшим в опытной группе 2, составив 58,37%, наименьший показатель был в опытной группе 3, составив 50,7%. Следует отметить, что показатели относительного прироста живой массы на 1 гол. в 7 и 8 опытных группах составили 55,71 и 53,72% соответственно. Это является сопоставимым с показателем относительного прироста живой массы в контрольной группе, находясь на уровне 55,14%.

3.2.2. Индивидуальные показатели роста поросят

Для проведения биохимических исследований крови поросят-отъемышей внутри каждой группы было отобрано по 6 животных: 3 свинки и 3 боровка. На протяжении всего периода выращивания контролировали динамику роста данных животных до момента отправки на убой.

Таблица 6 – Динамика живой массы и продуктивности поросят (n = 6), кг

Показатель	Группа							
	1 к	2	3	4	5	6	7	8
Живая масса в возрасте 27 суток	6,99±0,23	6,57±0,19	6,28±0,11	6,42±0,20	6,34±0,28	6,07±0,25	6,49±0,26	6,35±0,26
Живая масса в возрасте 40 суток	10,39±0,45	10,41±0,53	9,71±0,41	10,39±0,31	10,13±0,47	9,07±0,24	10,37±0,44	9,72±0,30
Среднесуточный прирост живой массы в период кормления престартерным комбикормом, г	262±24	295±40	264±31	305±16	292±33	231±18	298±15	258±10
% к контролю	100	112,6	100,76	116,41	111,45	88,17	113,74	98,47
Живая масса в возрасте 82 суток	39,33±1,47	39,83±2,20	38,33±1,56	40,67±0,84	38,50±1,88	38,67±1,26	38,83±1,56	37,33±1,28
% к контролю	100	101,27	97,46	103,41	97,89	98,32	98,73	94,91
Живая масса в возрасте 158 суток	128,17±3,44	128,33±2,35	120,67±4,25	116,67±3,60	125,00±3,50	126,67±3,52	129,83±3,56	131,33±2,12
% к контролю	100	100,12	94,15	91,03	97,53	98,83	101,30	102,47
Абсолютный прирост живой массы	716,1	730,6	679,9	661,5	711,9	723,6	740,0	749,9
Абсолютный прирост живой массы 1 головы	121,2±3,36	121,8±2,43	114,4±4,34	110,3±3,60	118,7±3,31	120,6±3,27	123,3±3,56	125,0±2,14
Среднесуточный прирост живой массы, г	924±26	929±17	865±33	842±28	905±25	921±25	942±27	955±16
Возраст достижения живой массы 100 кг, суток	127,7	127,5	135,3	138,2	130,5	129,0	126,3	125,0
Сохранность поросят, %	83,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	83,0

Примечание. Разность достоверна по отношению к контрольной группе при $p < 0,05$.

После отправки животных на убой, исходя из среднесуточных приростов живой массы, был рассчитан возраст достижения массы 100 кг. Наилучший показатель был в опытных группах 7 и 8, составив 126,3 и 125 дней соответственно, тогда как максимальный возраст достижения массы 100 кг был отмечен в 4 опытной группе с введением 1500 г изолейцина в состав комбикорма и отношением его к лизину 77%. Возраст достижения массы 100 кг в этой группе составил 138,2 суток.

На рисунке 3 представлены сравнения среднесуточных приростов живой массы по группам в зависимости от уровня протеина и изолейцина в групповой и индивидуальной оценке.

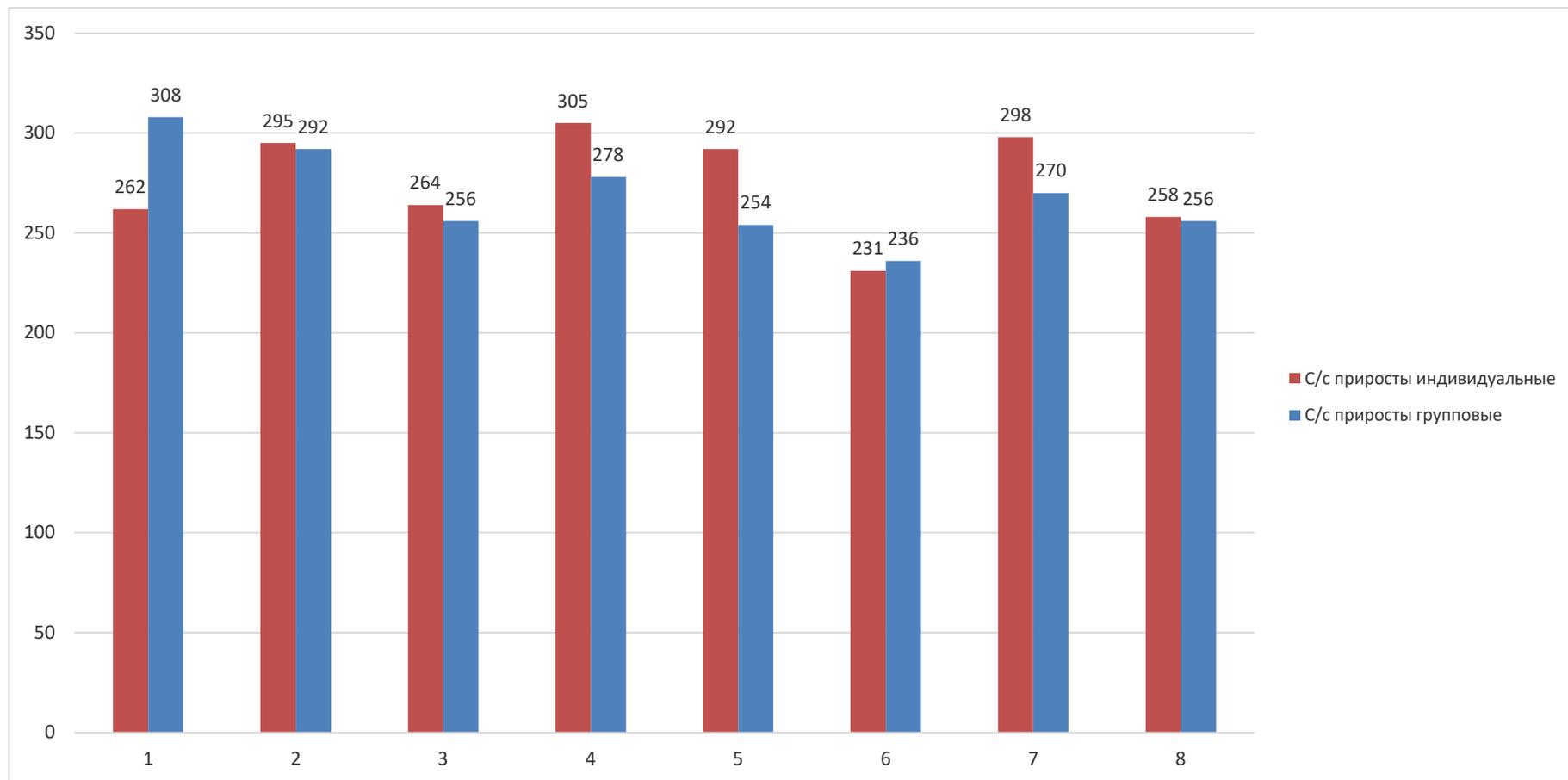


Рисунок 3 – Среднесуточный прирост, г

3.3. Потребление комбикорма и его затраты на 1 кг прироста живой массы

В ходе эксперимента была проведена оценка потребления комбикормов и их затрат на 1 кг прироста живой массы. Для этого производили постоянное взвешивание и учет засыпаемых в кормушки комбикормов, а также взвешивание остатков комбикорма в кормушках после завершения эксперимента.

Таблица 7 – Потребление и затраты комбикорма

Показатель	Группа							
	1 к	2	3	4	5	6	7	8
Общее потребление комбикорма за период, кг	335,74	316,64	274,42	289,38	273,26	258,16	276,38	269,32
% к контролю	100	94,31	81,74	86,19	81,39	76,89	82,32	80,22
Среднесуточный прирост живой массы, г	308±11	292±12	256±8	278±9	254±11	236±9	270±12	256±15
Среднесуточное потребление комбикорма, г	380	358	310	327	309	292	313	305
Потребление комбикорма, % к контролю	100	94,31	81,74	86,19	81,39	76,89	82,32	80,22
Затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,23	1,23	1,21	1,18	1,22	1,24	1,16	1,19

Полученные данные показали, что наименьшие затраты корма на 1 кг прироста живой массы были в опытных группах 7 и 8 с дефицитом содержания сырого протеина 20% от норм кормления, использованных при разработке комбикормов СПК-3. Затраты корма в данных группах составили 1,16 и 1,19 кг корма на 1 кг прироста.

Следует отметить, что в опытной группе 6, которая была выбрана как лимитированная и индикативная по обменной энергии и уровню лизина, затраты корма на 1 кг прироста живой массы были самыми высокими и составили 1,24 кг на 1 кг прироста живой массы.

В группах с содержанием сырого протеина 22%, согласно рекомендациям, использованным при разработке рецептур престартерного корма СПК-3, с увеличением уровня изолейцина в корме и соответственно с повышением уровня лейцина по отношению к изолейцину, потребление корма также показывало динамику снижения.

Особо следует отметить уровень прироста живой массы поросят-отъемышей в зависимости от уровня потребления корма. На рисунке 2 представлена зависимость среднесуточного прироста живой массы от потребления комбикорма. Линейно, с увеличением потребления корма, возрастает среднесуточный прирост живой массы поросят-отъемышей независимо от уровней изолейцина, соотношения АРЦ в корме и пр.

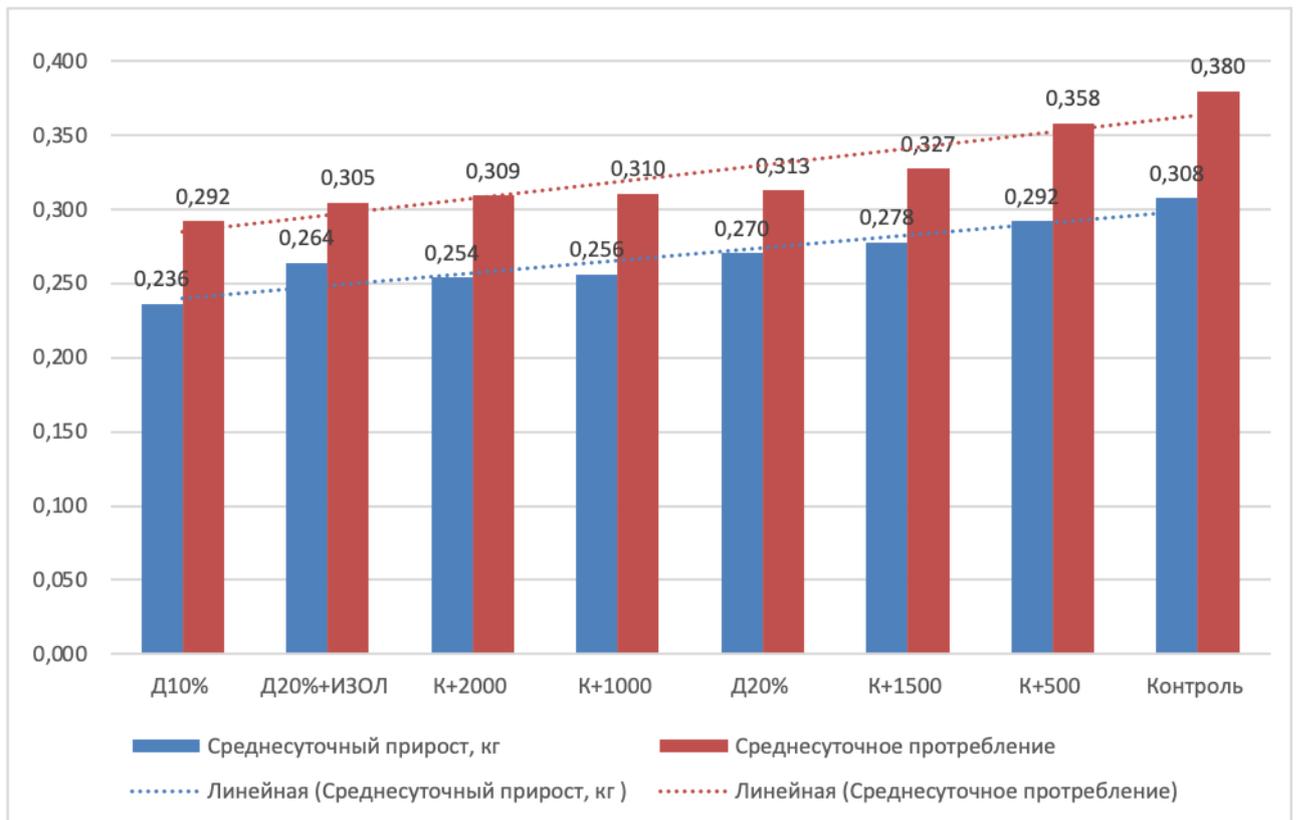


Рисунок 4 – Зависимость среднесуточного прироста живой массы от потребления комбикорма

По нашему мнению, именно потребление корма в критический период после отъема является основным лимитирующим фактором, ограничивающим рост и развитие поросят (рис. 4).

Для анализа эффективности использования различных уровней изолейцина и протеина в рационах поросят-отъемышей были рассчитаны затраты энергии, ЭКЕ, сырого и переваримого протеина, а также затраты аминокислот с разветвленной боковой цепью на 1 кг прироста живой массы (табл. 8).

Таблица 8 – Затраты питательных веществ корма на 1 кг прироста живой массы поросят

Показатель	Группа							
	1 к	2	3	4	5	6	7	8
Затраты ЭКЕ на кг прироста живой массы	1,80	1,80	1,77	1,72	1,78	1,81	1,69	1,74
% к контролю	100,00	100,00	98,33	95,56	98,89	100,56	93,89	96,66
Затраты обменной энергии МДж на 1 кг	17,95	17,95	17,67	17,23	17,81	18,10	16,94	17,37
Затраты сырого протеина, г на 1 кг	270,60	270,60	266,20	259,60	268,40	248,0	208,8	214,2
% к контролю	100	100	98,37	95,93	99,19	91,95	77,16	79,15
Затраты переваримого протеина, г, на 1 кг	246,0	246,0	242,0	236,0	244,0	226,9	189,1	196,4
Затраты усвояемого изолейцина, г, на 1 кг	10,33	10,95	11,37	11,68	12,69	9,42	7,42	10,00
% к контролю	100,0	106,0	110,1	113,1	122,8	91,2	71,9	96,75

Данные, полученные в ходе эксперимента, показывают, что затраты питательных веществ на 1 кг прироста живой массы были ниже в группах 7 и 8 с содержанием сырого протеина 18%. При этом самыми низкими затратами ЭКЕ, обменной энергии, сырого и переваримого протеина, а также усвояемого изолейцина были в опытной группе 7 с уровнем сырого протеина 18%, отношением усвояемого изолейцина к усвояемому лизину 49% и соотношением усвояемых алифатических аминокислот изолейцин:лейцин:валин на уровне 100/178/144. Затраты ЭКЕ в данной группе составили 93,98%, обменной энергии – 94,37%, сырого протеина – 77,16%, переваримого протеина – 76,86%, усвояемого изолейцина – 71,90% по отношению к контрольной группе.

3.4. Биохимические показатели крови поросят-отъемышей на дорастивании

Кровь отбирали из яремной вены поросенка, используя вакуумные пробирки и катетер. Для этого жестко фиксировали поросенка, держали его за передние и задние конечности, прижимая частью спины к твердой поверхности.



Рисунок 5 – Забор крови у подопытных животных

Изучение биохимических показателей крови (белок общий, альбумины, глобулины, мочевины) показало, что они находились в пределах физиологической нормы (табл. 9, рис. 5).

Таблица 9 – Биохимические показатели крови подопытных животных ($M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	Возраст поросят, сутки	Группа							
		1 к	2	3	4	5	6	7	8
Глюкоза, ммоль/л	27	2,75 ± 0,14	2,75 ± 0,09	2,63 ± 0,15	2,83 ± 0,18	2,85 ± 0,10	3,38 ± 0,15	2,95 ± 0,18	2,90 ± 0,19
	40	3,20 ± 0,09	3,13 ± 0,07	3,20 ± 0,08	3,17 ± 0,07	3,10 ± 0,13	3,28 ± 0,07	3,18 ± 0,07	3,22 ± 0,09
Кальций общий, ммоль/л	27	2,69 ± 0,06	2,74 ± 0,05	2,75 ± 0,02	2,73 ± 0,03	2,70 ± 0,04	2,68 ± 0,05	2,71 ± 0,04	2,68 ± 0,01
	40	2,28 ± 0,06	2,25 ± 0,03	2,43 ± 0,04	2,38 ± 0,04	2,36 ± 0,04	2,31 ± 0,02	2,39 ± 0,04	2,42 ± 0,03
Фосфор неорганический, ммоль/л	27	3,08 ± 0,32	2,94 ± 0,38	2,93 ± 0,16	2,48 ± 0,01	3,12 ± 0,31	3,04 ± 0,17	2,77 ± 0,24	3,29 ± 0,15
	40	3,20 ± 0,16	3,31 ± 0,12	3,28 ± 0,08	3,50 ± 0,06	3,37 ± 0,12	3,21 ± 0,12	3,45 ± 0,11	3,51 ± 0,04
Щелочной резерв, об.% CO ₂	27	44,80±1,27	45,25±1,35	43,90±1,16	43,45±0,86	43,90±1,16	44,35±0,45	43,90±0,90	44,35±0,86
	40	47,45±1,32	47,20±1,08	49,00±1,08	47,50±1,14	48,40±1,90	46,90±1,29	48,10±0,60	48,40±1,52

Следует отметить, что в опытных группах с увеличением содержания изолейцина в комбикорме наблюдалось повышение уровня общего белка, и это свидетельствовало о нарушении белкового обмена. Как отмечалось выше, дисбаланс АРЦ в рационе может приводить к антагонистическим проявлениям по отношению к другим АРЦ, в данном случае – лейцину и валину.

Таблица 10 – Показатели белкового обмена подопытных поросят ($M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	Возраст поросят, сутки	Группа							
		1 к	2	3	4	5	6	7	8
Общий белок, г/л	27	42,70 ± 1,10	46,53 ± 1,10	46,00 ± 1,63	42,70 ± 1,88	49,25 ± 2,58	46,00 ± 1,10	47,63 ± 1,27	42,70 ± 1,10
	40	42,30 ± 0,73	43,80 ± 0,98	43,80 ± 0,98	43,80 ± 0,98	42,30 ± 0,73	41,60 ± 0,76	42,30 ± 0,73	44,15 ± 1,81
Альбумин, г/л	27	56,50 ± 2,14	53,00 ± 4,33	56,75 ± 3,23	54,25 ± 2,95	46,25 ± 4,52	54,25 ± 3,07	49,50 ± 5,25	51,75 ± 0,65
	40	47,50 ± 2,05	48,17 ± 1,72	51,83 ± 1,62	49,17 ± 0,79	52,50 ± 2,55	57,67 ± 2,03	53,67 ± 0,67	51,17 ± 0,70
Мочевина, ммоль/л	27	4,33 ± 0,11	5,15 ± 0,48	4,65 ± 0,46	4,63 ± 0,30	5,03 ± 0,81	4,75 ± 0,79	4,48 ± 0,74	4,75 ± 0,37
	40	4,75 ± 0,35	4,43 ± 0,48	5,20 ± 0,77	5,13 ± 0,33	5,17 ± 0,45	4,33 ± 0,21	3,80 ± 0,24	3,10 ± 0,09*

Рационы поросят-отъемышей с более низким уровнем сырого протеина по сравнению с рекомендациями ВИЖ достоверно снижают уровень мочевины в сыворотке крови, что в свою очередь может характеризовать повышенную активность обмена белка в организме. Так, в группе с содержанием сырого протеина на 20% ниже рекомендованных норм и с использованием кормовой добавки изолейцина уровень мочевины был достоверно ниже, чем в контрольной группе, и составил 3,10%.

В рационах с содержанием белка 22% при увеличении уровня изолейцина наблюдали меньшее снижение концентрации альбумина на протяжении проведения эксперимента. Так, содержание альбумина в контрольной группе составило 89,2% от количества альбумина в возрасте 27 суток, тогда как с увеличением уровня изолейцина уровень альбумина относительно начала эксперимента увеличивался и составил 95,38; 96,88%; 95,01%; 103,96%

соответственно. Снижение концентрации сывороточного альбумина отмечается при голодании, мальабсорбции, хронических гастроэнтеритах, когда нарушаются переваривание и всасывание белка.

Самый низкий уровень альфа-глобулинов при постановке животных на эксперимент был отмечен в опытной группе 8, а самый высокий – в опытной группе 5, составив, соответственно, 8,00 и 18,25 г на 1 л. При этом самый высокий уровень бета-глобулинов отмечали в опытных группах 7 и 8, а самый низкий – в опытной группе 4 и в контрольной группе. Самый низкий уровень гамма-глобулинов был отмечен в опытной группе 3, а самый высокий – в опытной группе 4 (табл. 11).

Таблица 11 – Уровни глобулинов в крови подопытных животных ($M \pm m$, $n = 6$)

Показатель	Возраст поросят, сутки	Группа							
		1 к	2	3	4	5	6	7	8
Альфа-глобулины, г/л	27	11,00 ± 2,65	12,50 ± 1,08	11,00 ± 0,75	10,75 ± 1,08	18,25 ± 4,71	10,50 ± 1,38	11,25 ± 0,29	8,00 ± 1,11
	40	15,33 ± 1,28	17,00 ± 0,68	14,83 ± 1,08	16,33 ± 0,71	13,00 ± 1,48	13,67 ± 1,38	14,33 ± 0,71	15,83 ± 0,80
Бета-глобулины, г/л	27	12,25 ± 1,04	13,50 ± 2,50	14,25 ± 1,75	12,00 ± 3,15	17,25 ± 2,94	18,25 ± 3,07	20,75 ± 4,38	25,00 ± 3,00
	40	16,83 ± 0,79	16,67 ± 0,80	17,83 ± 0,65	16,83 ± 0,75	17,50 ± 1,18	16,17 ± 1,28	17,50 ± 0,56	18,00 ± 0,52
Гамма-глобулины, г/л	27	20,25 ± 1,31	21,00 ± 5,65	18,00 ± 1,58	23,00 ± 1,41	18,75 ± 1,08	17,00 ± 1,49	18,50 ± 1,38	15,25 ± 2,02
	40	20,33 ± 1,43	18,17 ± 1,40	15,50 ± 1,95	17,50 ± 0,67	17,00 ± 1,39	12,50 ± 0,43	14,50 ± 1,06	15,00 ± 0,82
А/Г коэффициент	27	1,14	1,02	1,15	1,13	1,01	1,25	1,12	1,20
	40	0,90	0,93	1,08	0,97	1,11	1,36	1,16	1,06

Более низкий уровень гамма-глобулинов в группах 7 и 8 свидетельствует о меньшей напряженности иммунитета. Такие животные имеют более низкую вероятность приобретения вторичного иммунного дефицита, а это в свою очередь может стать причиной усиления колострального иммунитета и привести к увеличению выработки поствакцинального иммунитета.

3.5. Экономическая оценка результатов исследования

После завершения эксперимента была рассчитана экономическая эффективность применения престартерных комбикормов с различными уровнями изолейцина и соотношениями АРЦ в корме (табл. 12).

Таблица 12 – Экономическая оценка результатов исследования

Показатель	Группа							
	1 к	2	3	4	5	6	7	8
Общее потребление корма за период опыта, кг	335,74	316,64	274,42	289,38	273,26	258,16	276,38	269,32
% к контролю	100	94,31	81,74	86,19	81,39	76,89	82,32	80,22
Среднесуточное потребление комбикорма, г	380	358	310	327	309	292	313	305
Затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы	1,23	1,23	1,21	1,18	1,22	1,24	1,16	1,19
Абсолютный прирост живой массы, кг	271,9	258,0	226,5	245,5	224,4	209,0	239,0	223,6
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	51,62	52,23	52,82	53,38	53,95	47,34	44,93	45,83
Затраты комбикорма на группу, тыс. руб.	17,33	16,54	14,49	15,45	14,74	12,22	12,42	12,34
Затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы, руб.	63,74	64,10	63,99	62,92	65,69	58,48	51,96	55,21
% к контролю	100	100,56	100,39	98,71	103,06	91,75	81,51	86,62

Самой высокой кормовая себестоимость прироста живой массы оказалась в опытной группе 1 (с добавлением 0,5 кг синтетического изолейцина на 1 т корма и отношением АРЦ 100:165:105), составив 64,10 руб. на 1 кг прироста живой массы. Самые низкие уровни себестоимости были в опытных группах 7 и 8 (с дефицитом сырого протеина в 20% от норм кормления, использованных при разработке рецептов престартерного корма). Себестоимость прироста 1 кг живой массы в данных группах составила 51,96 и 55,21 руб. на 1 кг прироста живой массы соответственно. Стоит заметить, что данный показатель не всегда определяет действительную картину, так как прямой расчет кормовой себестоимости для данного периода не характеризует всю себестоимость кормления на доращивании и откорме.

3.6. Производственная апробация результатов исследования

Для подтверждения результатов по экономической эффективности применения престартерных комбикормов для поросят-отъемышей со сниженным по сравнению с нормами ВНИИЗЖ уровнем сырого протеина, при условии соблюдения баланса аминокислот, в том числе соотношения усвояемых АРЦ в комбикорме для поросят-отъемышей на уровне 100:180:110-140 для таких аминокислот, как изолейцин:лейцин:валин, с учетом полученных в предыдущих экспериментах данных о том, что оптимальное соотношение «Усвояемый лизин/усвояемый изолейцин» составило 49%, нами в течение 14 дней была проведена производственная апробация полученных результатов на двух группах животных (контрольная и опытная), отобранных из одной недельной группы, в которых было 510 и 514 гол. соответственно.

При проведении производственной апробации контрольная и опытная группы поросят-отъемышей получали полнорационный комбикорм СПК-3, идентичный проведенным опытам, с соотношением АРЦ изолейцин:лейцин:валин, равным 100:180:140, опытная группа – на уровне 100:178:144, а также с отношением усвояемого лизина/усвояемому изолейцину на уровне 66 и 49% соответственно. Результаты производственной проверки представлены в таблице 13.

По данным, полученным в ходе производственной проверки научно-хозяйственного опыта, несмотря на меньший прирост живой массы в опытной группе и получение абсолютного прироста живой массы в контрольной и опытной группах 2001,22 и 1663,04 кг соответственно, себестоимость прироста 1 кг живой массы в опытной группе была на 16,8% ниже по сравнению с контрольной группой, составив 53,47 руб. на 1 кг прироста живой массы.

Таблица 13 – Результаты производственной апробации

Показатель	Вариант комбикорма	
	Базовый	Новый
Количество животных на начало эксперимента, гол.	510	514
Количество поросят в возрасте 40 суток, гол.	503	509
Сохранность поросят-отъемышей, %	98,63	99,03
Живая масса на начало эксперимента, кг	6,57	6,34
Живая масса в возрасте 40 суток, кг	10,64	10,2
Среднесуточный прирост, г	313	297
Абсолютный прирост живой массы, кг	2001,22	1663,04
в % к контролю	100	83,10
Всего потрачено комбикормов, ЭКЕ	3618,41	2909,09
Затрачено комбикорма на 1 кг прироста живой массы, ЭКЕ	1,81	1,75
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	51,62	44,93
Стоимость кормов на 1 кг прироста живой массы, руб.	63,49	53,47
% к контролю	100	84,21

Таким образом, использование комбикормов СПК-3 для поросят-отъемышей с соотношением усвояемых АРЦ в комбикорме для них на уровне 100:178:140 для таких аминокислот, как изолейцин:лейцин:валин, с соотношением «Усвояемый лизин:усвояемый изолейцин», равным 49%, приводит к снижению затрат на производство свинины.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время в свиноводческой отрасли России наблюдается несколько основных тенденций и связанных с ними проблем. Так, выделяя основные из них, одно из лидирующих мест можно определить для растущей конкуренции среди производителей, связанной с увеличением производства свинины. Например, за 2023 г. рост производства свинины в предприятиях всех типов, по данным Национального Союза свиноводов РФ, составил 6,5%, или более 340 тыс. т, и в первом полугодии 2024 г. этот рост продолжился. Так, за период январь-август 2024 г. прирост производства свинины составил 6,1%, что практически сопоставимо с показателями 2023 г.

По итогам года планируется увеличение объемов производства на уровне 10,5%. При этом наблюдается следующая тенденция в ценообразовании. В 2024 г. за 39 недель цены на живых свиней составили 127,48 руб. за 1 кг, тогда как за аналогичный период в 2023 г. цена составляла 122,48 руб. за 1 кг. Таким образом, в сравнении с аналогичным периодом цены выросли незначительно, а точнее на 5 руб. за 1 кг живой массы, или на 4,1%. Одновременно с этим инфляция за 39 недель 2024 г., по данным Росстата, составила 5,46%, что выше прироста отпускных цен производителей, и, как следствие, свиноводческие предприятия снижают уровень рентабельности производства. Стоит отметить также тенденцию увеличения стоимости основных компонентов для производства кормов в 2024:2025 сельскохозяйственном году.

В последние годы учёные активно исследуют незаменимые аминокислоты с разветвлёнными боковыми цепями (АРЦ), такие как лейцин, изолейцин и валин.

Эти соединения играют важную роль в метаболизме и регуляции функций организма у животных. АРЦ составляют до 60% от всех циркулирующих аминокислот в организме. Они обладают уникальными физиологическими и биохимическими свойствами, которые отличают их от других аминокислот. Для млекопитающих АРЦ являются незаменимыми. Однако, в отличие от других

протеиногенных аминокислот, АРЦ не метаболизируются в печени. Основной катаболизм незаменимых аминокислот с разветвлёнными боковыми цепями (АРЦ) происходит во внепечёночных тканях, преимущественно в скелетных мышцах.

Скелетные мышцы составляют до 40% массы организма, поэтому способность этих тканей к дезаминированию этой группы аминокислот, вероятно, наиболее значима, несмотря на относительно невысокую активность лейцин-, изолейцин- и валинтрансаминазы в скелетных мышцах. АРЦ обладают уникальными свойствами и выполняют различные физиологические и метаболические функции. Исследования *in vitro* и *in vivo* показали, что они способствуют повышению синтеза белка, ингибированию их распада и участвуют в регуляции энергетического обмена. Использование АРЦ и их метаболитов открывает большие перспективы для улучшения роста и здоровья животных, улучшения экономических показателей при выращивании свиней.

Для повышения рентабельности производства необходим поиск новых решений с целью снижения себестоимости продукции свиноводства и повышения уровня рентабельности свиноводческих предприятий России.

Второй не менее значимой тенденцией является работа зарубежных и российских селекционеров над увеличением многоплодия свиноматок. За последние 15 лет ученые существенно продвинулись в этом вопросе. Так, по данным селекционно-генетического центра ООО «АГРОЭКО-ВОРОНЕЖ», многоплодие свиноматок F1, которая является основой стада свиноматок на промышленных комплексах, составляет на сегодняшний день 17,22 поросенка на свиноматку за опорос, или 40,15 живорожденных поросенка на свиноматку в год. Эти данные подтверждаются показателями по продуктивности свиноматок на свинокомплексах АО «Племзавод Шойбулакский», который так же использует в основе своего поголовья датскую селекцию. Так, за 2022 и 2023 гг. количество живорожденных поросят на данном предприятии превысило 17 живорожденных поросят на свиноматку в год. Эти же данные подтверждаются продуктивностью еще одной фермы, расположенной в Республике Чувашия, д.

Шинерпоси, где при замене старого поголовья канадской селекции на новое поголовье датской селекции всего в количестве 20% привело за год к увеличению количества живорожденных поросят на 1,1 поросенка, составив 14,6 живорожденного поросенка на свиноматку.

Основным следствием увеличения количества живорожденных поросят на свиноматку за опорос является дефицит питательных веществ, потребляемых с молоком свиноматки. Так, в своей работе Л.И. Подобед [288] указывает на недостаточность содержания обменной энергии в молоке свиноматок для покрытия потребностей поросят. Эта тенденция начинается уже со второй недели лактации, и дефицит в данный период составляет 84-100 ккал на поросенка в день. С продолжением лактации на третью неделю баланс энергии ухудшается и составляет уже -227-300 ккал на поросенка в день, а в четвертую неделю лактации, с 21 по 28 дни содержания поросят под свиноматкой, этот дефицит достигает уже 350-380 ккал в день.

С учетом вышеуказанных вызовов, встающих перед отраслью, в зоотехнической науке можно определить следующие основные направления работы.

Первой в решении проблемы должна стать работа, направленная на снижение себестоимости производимой свинины в целях повышения уровня рентабельности отрасли. Во-вторых, требуется усиленная работа по компенсации недостатка питательных веществ, получаемых от свиноматки через потребление молока, снижению влияния низкого веса при отъеме на дальнейший рост поросят.

Одним из решений данных задач может стать совершенствование рецептур и нормативов по уровням питательных веществ престартерных кормов для поросят, применяемых свиноводческими предприятиями. С интенсификацией производства свинины, а также с растущими потребностями поросят в питательных веществах, для современных линий свиней необходимо пересматривать подход в формулировании рецептур престартерных

комбикормов, а также нормативы по питательным веществам и их балансу в корме.

Одним из направлений решения данных задач является сбалансированное белковое питание поросят в отъемный и постотъемный периоды. При производстве престартерных комбикормов в Российской Федерации используются такие основные компоненты, как пшеница, ячмень, кукуруза, как основные источники углеводов, соевый шрот, концентраты соевого протеина, глютен кукурузный и пшеничный, которые являются основными источниками растительного протеина. Также используют сухую молочную сыворотку как одновременный источник легкоусвояемых углеводов – лактозы и источник молочного белка. Для достижения целей, касающихся обменной энергии, используют растительные жиры: в основном подсолнечное масло, реже – масло соевое.

В последние годы основной тенденцией, связанной с белковым питанием поросят-отъемышей, было направление, заключающееся в снижении содержания протеина в комбикормах для данной половозрастной группы. Практический опыт показывает, что при высоком уровне сырого протеина существенно возрастает риск возникновения диареи среди поросят-отъемышей, что в свою очередь приводит к потерям в приростах живой массы, дополнительным затратам на ветеринарные обработки, а иногда даже к падежу поросят. Несмотря на цель снижения уровня сырого протеина в комбикормах для поросят-отъемышей, первостепенное значение имеет обеспечение всеми необходимыми аминокислотами в нужных для максимального роста и сохранности количествах.

В связи с вышеизложенным диссертантом было выбрано направление по исследованию оптимального уровня изолейцина в комбикормах для поросят-отъемышей с разным уровнем сырого протеина, а также с учетом общего пути метаболизма с остальными алифатическими аминокислотами с разветвленной боковой цепью, их соотношения по отношению к друг другу.

В рекомендациях российских ученых данные аминокислоты чаще всего не нормируются, хотя исследования зарубежных ученых и рекомендации производителей синтетических аминокислот и поставщиков иностранной генетики, которая является в настоящее время основой промышленного свиноводства в Российской Федерации, указывают на необходимость нормирования данных аминокислот в рационах свиней в зависимости от возраста и состава комбикормов. Так, одна из ведущих независимых научных организаций Дании, SEGES Innovation, постоянно совершенствует нормы кормления и ежегодно публикует «Датский стандарт по кормлению свиней».

Рекомендации различных поставщиков генетики различаются несущественно. Так, проанализировав рекомендации 6 поставщиков генетики, автор пришел к выводу о том, что все рекомендации по аминокислотам и модели идеального протеина находятся на одном уровне. Так, для поросят весом до 15 кг соотношение усвояемого лейцина к усвояемому лизину указано на уровне 100%, усвояемого изолейцина к усвояемому лизину – на уровне 55-58%, усвояемого валина к усвояемому лизину – на уровне 67-70%. При этом SEGES Innovation в своих рекомендациях 2023 г. существенно снизила рекомендации по уровню усвояемых лейцина, изолейцина и валина по отношению к лизину и определила их как 86-90% для лейцина, 46-48% для изолейцина и 62-64% для валина, что является существенно ниже норм, опубликованных в национальном датском кормовом стандарте от 2019 г. В первую очередь, это связано со снижением уровня сырого протеина в комбикормах для поросят-отъемышей. Так, в своих рекомендациях SEGES публикует нормы по уровню сырого протеина в диапазоне 15,5-16,73%.

Примечательно, что рекомендации компаний производителей синтетических аминокислот по уровню содержания алифатических аминокислот с разветвленной цепью были выше по сравнению с рекомендациями поставщиков генетики, особенно в отношении лейцина. Например, по рекомендациям одного из лидеров рынка производства аминокислот, компании Evonik Industries GmbH, соотношение усвояемого лейцина к усвояемому лизину

для поросят до 10 кг живой массы было указано на уровне 135%, усвояемого изолейцина к усвояемому лизину – 60%, усвояемого валина к усвояемому лизину – 68%.

При разработке рецептур комбикормов для поросят-отъемышей за основу нами были взяты рекомендации ВИЖа от 2018 г, в которых указана потребность в питательных веществах для поросят живой массой 5–10, соответствующих объекту нашего исследования. Так, в рекомендациях приведены следующие уровни питательных веществ в корме: обменная энергия – 14,5 МДж на 1 кг; сырой протеин – 220 г на 1 кг; 198 г на 1 кг комбикорма переваримого протеина; 14 г общего лизина; 8,4 г метионина + цистина; 7,7 г треонина; 2,6 г триптофана; 70 г сырого жира и 25 г сырой клетчатки на 1 кг комбикорма с влажностью 12%.

Для определения уровня ввода кормовой добавки изолейцин нами были взяты данные из регистрационного удостоверения РФ-КД-00550 от 03.08.2020 г., выданного Россельхознадзором, в котором указано, что норма ввода кормовой добавки составляет от 0,005 до 2% от массы корма. Нами был выбран шаг в 500 г на 1 т комбикорма для удобства дозирования, а также для кратности шага в уровне изолейцина в готовом корме. Дополнительно нами были разработаны престаартерные комбикорма для поросят-отъемышей со сниженным содержанием сырого и переваримого протеина, на 10 и 20% соответственно. При этом был соблюден аминокислотный профиль по основным аминокислотам в соответствии с рекомендациями ВИЖ, и они были идентичными комбикормам с содержанием сырого протеина 22% и переваримого протеина 19,8%. В одной из версий комбикорма с содержанием сырого протеина 18%, что на 20% ниже уровня рекомендованных ВИЖ, нами была введена кормовая добавка изолейцин до уровня, соответствующего аминокислотному профилю, полученному при формулировании комбикорма по рекомендациям ВИЖ. Таким образом, нами было получено 8 вариантов комбикормов для поросят-отъемышей с различным уровнем сырого и переваримого протеина, изолейцина, а также с различными соотношениями усвояемых аминокислот с разветвленной боковой цепью.

Нами были получены данные о росте поросят-отъемышей в первые две недели жизни при использовании комбикормов с различным уровнем протеина и изолейцина. Примечательно, что в группе с уровнем сырого протеина 18% среднесуточный прирост в группе из 6 животных был выше, чем в контрольной группе, и составил 298 г в сутки против 262 г в контрольной группе. При этом в 8 опытной группе уровни аминокислот были сопоставимы с контрольной группой, включая уровень усвояемого изолейцина, на одном уровне и составили 258 и 262 г в сутки соответственно.

Одновременно в больших группах наблюдалась другая тенденция, и среднесуточный прирост в контрольной группе был существенно выше, чем в группе 7 и 8, на 14,07 и 20,31% соответственно. Увеличение уровня изолейцина в комбикормах для поросят-отъемышей во второй, третьей, четвертой и пятой опытных группах, также имело негативный результат по приростам живой массы. Во всех опытных группах среднесуточные приросты живой массы были ниже, чем в контрольной. Несмотря на это нами получены положительные данные по затратам комбикормов на 1 кг прироста живой массы при снижении уровня сырого протеина в комбикормах для поросят-отъемышей, что согласуется с трудами ученых Б.Д. Рядчикова, М.О. Омарова, Н.С.-А. Ниязова, Л.И. Подобеда и др. Были получены данные о существенном снижении затрат обменной энергии, протеина, аминокислот в этих группах. Так, на 1 кг прироста в 7 опытной группе затрачено на 6,11% ЭКЕ, 22,84% сырого протеина, 23,13% переваримого протеина, что меньше по сравнению с контрольной группой.

Увеличение в комбикорме концентрации изолейцина приводит к несущественному улучшению конверсии корма. Так, среди опытных групп с содержанием сырого протеина 22% лучший показатель затрат корма на 1 кг прироста живой массы был в 4 опытной группе с содержанием усвояемого изолейцина 0,99%. Однако снижение затрат корма на 1 кг прироста не компенсировало затраты на введение кормовой добавки L-Изолейцин.

В ходе исследования нами был проведен анализ биохимических показателей крови поросят-отъемышей. Особое внимание было уделено

показателям белкового обмена, концентрации глобулинов. Более низкий уровень гамма-глобулинов в крови подопытных поросят в группах 7 и 8 является показателем меньшей напряженности иммунитета. Такие животные имеют более низкую вероятность приобретения вторичного иммунного дефицита, а это в свою очередь может стать причиной усиления колострального иммунитета

Был рассчитан альбумино-глобулиновый коэффициент (белковый индекс крови) для каждой группы животных в начале и по завершении эксперимента. Альбумино-глобулиновый коэффициент (А:Г) определяет физико-химическую активность крови, и в значительной степени – характер и интенсивность обмена веществ. Стоит отметить, что в контрольной, а также в опытных группах 2, 3, 4, 8 коэффициент А:Г снизился за период проведения опыта, тогда как в опытных группах 5 и 7 данный показатель увеличился.

М.Т. Таранов в своих исследованиях «Изучение сдвига обмена веществ у животных» указывает: чем выше данный показатель, тем эффективнее протекает белковый обмен, который в свою очередь оказывает влияние на весь метаболизм в целом. При анализе белкового индекса крови в возрасте 40 суток при увеличении концентрации изолейцина наблюдается увеличение данного индекса, но при этом нет его увеличения при введении дополнительного уровня изолейцина в комбикорма с содержанием сырого протеина 18%.

Достоверно ниже была концентрация мочевины в опытных группах с содержанием сырого протеина 18%. Это может свидетельствовать о повышении отложения белка в организме поросят-отъемышей, причем самый низкий показатель был в группе со сниженным уровнем сырого протеина и дополнительным введением изолейцина.

Полученные в ходе исследований показатели биохимии крови поросят необходимо подтвердить последующими опытами, а также провести более широкие исследования, касающиеся влияния уровней изолейцина на обмен веществ и отложение белка в организме.

Особо следует остановиться на результатах экономической эффективности применения комбикормов для поросят-отъемышей со сниженным уровнем сырого протеина по сравнению с нормами ВИЖ. Очевидно, что при введении синтетических аминокислот и снижении уровня сырого протеина в комбикормах для свиней снижаются затраты на кормление поголовья, что подтверждают в своих исследованиях М.О. Омаров, В.Г. Рядчиков, В.А. Рошин, Е.Н. Головкин, Н.С.-А. Ниязова, Л.И. Подобеда, Е.В. Пьянкова, В.А. Родионова и др.

В наших исследованиях проведена оценка стоимости кормовых затрат на 1 кг прироста живой массы и получены данные о снижении затрат на 1 кг прироста живой массы при снижении уровня сырого протеина на 20% от норм, предложенных ВИЖ в 2018 г., до уровня 18% на натуральную влажность, на 18,48%, или 11,78 руб. на 1 кг прироста живой массы. При отправке животных на убой вес реализации животных опытных групп со сниженным уровнем сырого протеина был выше, чем в других группах, что говорит о прямом снижении затрат на кормление.

Учитывая, что аминокислоты с разветвленными цепями, к которым относятся изолейцин, лейцин, валин, имеют одинаковые пути метаболизма в организме свиней, необходимо соблюдать баланс этих аминокислот в корме по соотношению друг к другу, а не только в отдельности по соотношению к лизину. Нами было предложено изучить соотношение изолейцин:лейцин:валин для престартерных кормов для поросят-отъемышей.

Впервые данные по оптимальному соотношению усвояемых аминокислот с разветвленной цепью предложили в своих исследованиях Rajavel Elango, Paul В Pencharz, Ronald O Ball, проведя опыт в 2022 г. на поросятах-сосунах. Они пришли к заключению о том, что оптимальным соотношением усвояемых изолейцин:лейцин:валин является 1:1,8:1,2, или 100:180:120, выраженное в процентах. В своих исследованиях мы четко подтвердили данное соотношение для поросят-отъемышей в части усвояемых изолейцин:усвояемый лейцин. Так, лучшие приросты живой массы в наших исследованиях были в группе с

содержанием сырого протеина 22% в соответствии с нормами ВИЖ с соотношением 100:175 и для комбикормов с уровнем сырого протеина 18% с соотношением 100:178. При этом соотношение «Усвояемый изолейцин:усвояемый валин», видимо требует дополнительных исследований в целях установления точности для поросят-отъемышей. Практическим значением этих данных является возможность корректного балансирования аминокислот и их соотношений в комбикормах с различными уровнями включения сырьевых компонентов – в частности, при вводе компонентов, богатых лейцином. С учетом предложенного нами соотношения при вводе кормов животного происхождения, продуктов переработки крови, а также большого количества кукурузы будет возрастать потребность в изолейцине, особенно для кормов со сниженным уровнем сырого протеина, так как данные сырьевые компоненты комбикормов содержат высокий уровень лейцина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных комплексных исследований по изучению влияния разного уровня сырого протеина и включения неодинакового количества кормовой добавки L-Изолейцин в составе пшенично-ячменных рационов кормления поросят-отъемышей без использования продуктов переработки крови с применением современных зоотехнических и физиолого-биохимических методов оценки роста и продуктивности позволило сформулировать следующие выводы:

1. В ходе анализа химического состава кормовых средств и комбикормов установлено, что комбикорма, используемые при выращивании поросят-отъемышей, являются оптимизированными и имеют одинаковые показатели энергетической и разный уровень протеиновой питательности.

Разработаны и апробированы 8 вариантов комбикормов с разным соотношением алифатических аминокислот с разветвленной боковой цепью и их отношением к лизину без использования продуктов переработки крови. Установлено, что максимальное количество усвояемого изолейцина в 1 кг комбикорма было отмечено в 5 варианте комбикорма (1,04% усвояемого изолейцина), в состав которого вводили 2000 г на тонну комбикорма L-Изолейцина, в то время как в комбикорме, дефицитном по содержанию сырого протеина (18% – 7 группа), уровень усвояемого изолейцина составил 0,64% при 0,84% в контрольной группе.

2. В результате полученных данных о приростах живой массы поросят-отъемышей в период кормления престартерными кормами, в том числе в случаях снижения уровня сырого протеина, при соблюдении баланса и уровня аминокислот, лучшие показатели среднесуточных приростов живой массы достигаются при соотношении усвояемых аминокислот с разветвленными цепями по отношению к изолейцину (изолейцин:лейцин:валин), близкими к соотношению 100:180:140.

3. Увеличение уровня ввода кормовой добавки L-Изолейцин в комбикорма, и как следствие – соотношения усвояемого изолейцина к

усвояемому лизину, способствует повышению конверсии корма, что в свою очередь не компенсирует удорожание корма от использования кормовой добавки. Однако, следует рассматривать также соотношение изолейцина и лейцина в комбикормах, так как с повышением уровня лейцина потребность в изолейцине возрастает.

4. Применение кормовой добавки L-Изолейцин в количестве 500 г на 1 т корма (2 группа) в рационах для поросят-отъемышей, дефицитных по уровню сырого и переваримого протеина, и его количества 18% не оказывает положительного влияния на продуктивность поросят-отъемышей.

5. Снижение уровня сырого и переваримого протеина в комбикорме на 20% от рекомендованных норм ВИЖа при одинаковом уровне основных незаменимых аминокислот ведет к существенному снижению стоимости затрат на 1 кг прироста живой массы. Так, в группах с более низким уровнем сырого протеина затраты на 1 кг прироста живой массы поросят составили 51,96 руб. (7 группа) и 55,21 руб. (8 группа) соответственно, что ниже показателей контрольной группы на 18,49 и 13,35% соответственно.

6. Скармливание рационов поросятам-отъемышам с более низким количеством протеина по сравнению с рекомендациями ВИЖа и уровнем сырого протеина 18% против 22% достоверно снижают концентрацию мочевины в сыворотке крови, что характеризует повышенную интенсивность обмена белка в организме. Так, в группе с содержанием сырого протеина в комбикорме на 20% ниже рекомендованных норм и с использованием кормовой добавки L-Изолейцин уровень мочевины был достоверно ниже, чем в контрольной группе, и составил 3,10 ммоль/л ($p < 0,05$).

7. Снижение уровня сырого протеина до 18% в комбикормах СПК-3 для поросят-отъемышей в раннем постнатальном онтогенезе позволяет снизить затраты питательных веществ корма на 1 кг прироста: ЭКЕ на 6,11%, переваримого протеина на 23,13, усвояемого лизина на 3,43, а усвояемого изолейцина на 28,1%.

8. При скармливании комбикорма с уровнем сырого протеина 18% в период отъема молодняк свиней показывает лучшую динамику роста при выращивании. Так, в группе с дефицитом сырого и переваримого протеина на 20% по сравнению с контрольной группой валовой прирост был выше на 3,35 и 4,73%.

Предложения производству

С целью снижения затрат на выращивание молодняка свиней необходимо использовать более низкие уровни сырого протеина при условии балансирования незаменимых аминокислот за счет использования их синтетических форм в рационе поросят. Снижение уровня сырого и переваримого протеина на 20% от рекомендованных норм ВИЖ может существенно снизить затраты на комбикорма в период отъема поросят на 13,38-18,49%.

Следует учитывать соотношение алифатических аминокислот с разветвленными цепями по отношению друг к другу и общие механизмы метаболизма в организме свиней. Рекомендуется использовать соотношение усвояемых аминокислот изолейцин:лейцин:валин на уровне 100:180:110 с соотношением усвояемый лизин:усвояемый изолейцин, равное 49%, при оптимизации рецептур комбикорма для поросят-отъемышей в возрасте 28-40 суток.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные в ходе исследований данные являются основой для дальнейшего изучения биологического действия кормовых добавок синтетических аминокислот на организм поросят-отъемышей и эффективности трех незаменимых алифатических аминокислот с разветвленными цепями, их оптимальных соотношений в комбикормах для поросят, с изучением состава микрофлоры кишечника, клеточного и гуморального иммунитета и биологической ценности мяса свинины.

Список сокращений и условных обозначений

АЛТ – аланинаминотрансфераза

АРЦ – алифатические аминокислоты с разветвленными цепями

АСТ – аспартатаминотрансфераза

ОЭ – обменная энергия

ПП – переваримый протент

СЖ – сырой жир

СК – сырая клетчатка

СП – сырой протеин

ЭКЕ – энергетическая кормовая единица

Библиографический список

1. Голушко В.М., Фицев А.И. Потребность хрячков и свинок разных пород в лизине: Микробиологический синтез лизина: Институт микробиологии им. А. Кирхенштейна. – Рига, 1974. – С. 81-83.
2. Даниленко И.А., Богданов Г.А. Проблема аминокислотного питания сельскохозяйственных животных: Аминокислотное питание свиней и птицы: Под ред. Н.Ф. Ростовцева. – М., 1968. – С. 5-42.
3. Клеменс М.Дж., Пейн В.М. Обеспеченность аминокислотами и их роль в синтезе белка в клетках организма животных: Пер. с англ. Г.Н. Жидкобелиной, Б.Д. Кальницкого, Д.В. Карликова и др.: Белковый обмен и питание: Под ред. В.Ф. Вракина, И.С. Ковальчук. – М.: Колос, 1980. – С. 20-30.
4. Pask M. et al. Концепция идеального протеина для свиней: Аминокислоты в кормлении животных: Сборник обзоров и отчетов. – Evonik Industries, 2008. – С. 123-128.
5. Коул Д.Дж. Аминокислотное питание свиней: Пер. с англ. Н.М. Темпера: Питание свиней: теория и практика. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 73-84.
6. Ленидтер А. Биохимия. Молекулярные основы структуры и функций клеток: Монография: Пер. с англ.; Под ред. А.А. Басовой и А.Я. Варшавского. – М., 1974. – С. 623-654.
8. Попов И.С. О белковой питательности кормов и методах ее измерения: Избранные труды. – М., 1967. – С. 167-181.
9. Рядчиков В.Г. Рациональное использование белка – концепция «идеального» протеина: Научные основы ведения животноводства: Юбилейный сборник научных трудов: Северо-Кавказский НИИ животноводства. – Краснодар, 1999. – С. 192-208.
10. Рядчиков В.Г. Производство и рациональное использование белка (от Т. Особрна до наших дней): Аминокислотное питание животных и проблема

белковых ресурсов: Кубанский государственный аграрный университет. – Краснодар, 2005. – С. 17-70.

11. Васильев А.И. и др. Технология промышленного свиноводства: Сборник трудов. – Л.: Колос, 1979. – 279 с.

12. Пьянкова Е.В., Еримбетов К.Т., Дудин В.И. Оценка протеинового питания поросят-помесей и коррекция аминокислотного состава рациона с учетом с учетом соотношения незаменимых аминокислот в стенке кишечника: Проблемы биологии продуктивных животных. – 2015. № 1. – С. 84-95.

13. Farmer C., Palin M.-F., Martel-Kennes Y. Impact of diet deprivation and subsequent over allowance during gestation on mammary gland development and lactation performance: J. Anim. Sci. – 2014. – Vol. 92. – Pp. 141-151.

14. Li Y., Jensen M.L., Chatterton D.E.W., Jensen B.B., Thyman T., Kvistgaard A.S., Sangild P.T. Raw bovine milk improves gut responses to feeding relative to infant formula in preterm piglets: Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. – 2014. – Vol. 306. – Pp. G81-G90.

15. Sangild P.T., Thyman T., Schmidt M., Stoll B., Burrin D.G., Buddington R.K. Invited Review: The preterm pig as a model in pediatric gastroenterology: J. Anim. Sci. – 2013. – Vol. 91. – Pp. 4713- 4729.

16. Якубе Х-Д., Ешкайт Х. Аминокислоты, пептиды, белки – М.: Мир, 1985. – С. 17-19.

17. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия: Вид издания. – М.: Изд-во «Медицина», 1998. – С. 34-40.

18. Подобед Л.И. Аминокислоты в питании сельскохозяйственных животных и птицы: Вид издания. – Одесса: Акаватория, 2017. – С. 64-72.

19. Шейбак В.М. Лейцин, изолейцин, валин: биохимические основы разработки новых лекарственных средств: Монография – Гродно: ГрГМУ, 2014. – 244 с.

20. Monirujjaman Md., Ferdouse A. Metabolic and physiological roles of branched-chain amino acids. Molecular Biology. – 2014. – № 6. – Pp. 66-72. DOI: org:10.1155:2014:364976.

21. Duan Y., Li F., Li Y., Tang Y., Kong X., Feng Z., Anthony T.G., Watford M., Hou Y., Wu G., Yin Y. The role of leucine and its metabolites in protein and energy metabolism: *Amino Acids*. – 2016. – № 48. – Pp. 41-51.
22. Manjarín R., Columbus D.A., Suryawan A., Nguyen H.V., Hernandez-García A.D., Nguyet-Minh Hoang N-M., Marta L. Fiorotto M.L., Davis T. Leucine supplementation of a chronically restricted protein and energy diet enhances mTOR pathway activation but not muscle protein synthesis in neonatal pigs: *Amino Acids*. – 2016. – № 48 (1). – Pp. 257-267. DOI: 10.1007:s00726-015-2078-y.
23. Rudar M., Columbus D.A., Steinhoff-Wagner J., Suryawan A., Nguyen H.V., Fleischmann R., Davis T.A., Fiorotto M.L. Leucine supplementation does not restore diminished skeletal muscle satellite cell abundance and myonuclear accretion when protein intake is limiting in neonatal pigs: *J. Nutr.* – 2020. – № 150. – Pp. 22-30. DOI: 10.1093:jn:nxz216.
24. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В. Метаболизм азотистых веществ и формирование продуктивности у молодняка свиней, выращиваемых на низкопротеиновых рационах с различными уровнями и соотношениями незаменимых аминокислот: *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2011. – № 3. – С. 64-71.
25. Gannon N.P., Schnuck J.K., Vaughan R.A. BCAA Metabolism and Insulin Sensitivity - Dysregulated by Metabolic Status?: *Mol. Nutr. Food Res.* – 2018. – Vol. 62, № 6. – P. e1700756. DOI: 10.1002:mnfr.201700756.
26. Bloomgarden Z. Diabetes and branched-chain amino acids: What is the link? :: *J Diabetes*. – 2018. – Vol. 10, № 5. – Pp. 350-352. DOI: 10.1111:1753-0407.12645.
27. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В., Соловьева А.Г., Федорова А.В., Земляной Р.А. Сигнальные пути и факторы регуляции синтеза и распада белков в скелетных мышцах (обзор): *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2020. – № 1. – С. 24-33.
28. Cemin H.S., Tokach M.D., Woodworth J.C., Dritz S.S., DeRouche J.M., Goodband R.D. Branched-chain amino acid interactions in growing pig diets: *Transl. Anim. Sci.* – 2019. – Vol. 3, № 4. – Pp. 1246-1253. DOI: 10.1093:tas:txz087.

29. Kwon W.B., Soto J.A., Stein H.H. Effects on nitrogen balance and metabolism of branched-chain amino acids by growing pigs of supplementing isoleucine and valine to diets with adequate or excess concentrations of dietary leucine: *J. Anim. Sci.* – 2020. – Vol. 98, № 11. – skaa346. DOI: org:10.1093:jas:skaa346.
30. Zhang S., Zeng X., Ren M., Mao X., Qiao S. Novel metabolic and physiological functions of branched chain amino acids: a review: *J. Anim. Sci. Biotechnol.* – 2017. – Vol. 8. – Pp. 10-20. DOI: 10.1186:s40104-016-0139-z.
31. Zhang Q., Hou Y., Bazer F.W., He W., Posey E.A., Wu G. Amino acids in swine nutrition and production: *Adv. Exp. Med. Biol.* – 2021. – Vol. 1285. – Pp. 81-107. DOI: 10.1007:978-3-030-54462-1_6.
32. Nemecek J.E., Gaines A.M., Tokach M.D., Allee G.L., Goodband R.D., DeRouchey J.M., Nelssen J.L., Usry J.L., Gourley G., Dritz S.S. Evaluation of standardized ileal digestible lysine requirement of nursery pigs from seven to fourteen kilograms: *J. Anim. Sci.* – 2012. – Vol. 90. – Pp. 4380-4390.
33. Prandini A., Sigolo S., Morlacchini M., Grilli E., Fiorentini L. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in heavy growing-finishing pigs: *J. Anim. Sci.* – 2013. – Vol. 91. – Pp. 4226-4234.
34. Kampman H.E., Gerrits W.J.J., Peet-Schwering C.M.C., Jansman A.J.M., Borne J.J.G. A simple amino acid- response method to quantify amino acid requirements of individual meal-fed pigs: *J. Anim. Sci.* – 2013. – Vol. 91. – Pp. 4788-4796.
35. Tous N., Lizardo R., Vilá B., Gispert M., Fonti-i-Furnols M., Esteve-Garcia E. Effect of reducing dietary protein and lysine on carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows: *J. Anim. Sci.* – 2014. – Vol. 92. – Pp. 129-140.
36. Пьянкова Е.В., Еримбетов К.Т., Дудин В.И. Оценка протеинового питания поросят-помесей и коррекция аминокислотного состава рациона с учетом соотношения незаменимых аминокислот в стенке кишечника: *Проблемы биологии продуктивных животных.* – 2015. – № 1. – С. 84-95.

37. Millet S., Aluwé M., De Boever J., De Witte B., Doudah L., Van den Broeke A., Leen F., De Cuyper C., Ampe B., De Campeneere S. The effect of crude protein reduction on performance and nitrogen metabolism in piglets (four to nine weeks of age) fed two dietary lysine levels: *J. Anim Sci.* – 2018. – Vol. 96, № 9. – Pp. 3824-3836. DOI: 10.1093/jas:sky254.
38. Попова Т.С., Шестапалов А.Е., Тамазашвили Т.Ш., Лейдерман И.Н. Нутритивная поддержка больных в критических состояниях. – М.: Издательский дом «М-Вести», 2002. – 320 с.
39. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В., Софронова О.В. Физиологические значения и метаболические функции лейцина, изолейцина и валина у животных: Обзор: Научно-исследовательский технологический центр «Превентивная информационная медицина», Обнинск: ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства ВИЖ им. Л.К. Эрнста. – Боровск, 2021.
40. Meijer A.J. Amino acid regulation of autophagosome formation: *Meth. Mol. Biol.* – 2008. – Vol. 445. – Pp. 89-109.
41. Baquet A., Lavoigne A., Hue L. Comparison of the effects of various amino acids on glycogen synthesis, lipogenesis, and ketogenesis in isolated rat hepatocytes. *Biochem. J.* – 1991. – Vol. 273. – Pp. 57-62.
42. Block K.P., Aftring R.P., Buse M.G. Regulation of rat liver branched-chain alpha-keto acid dehydrogenase activity by meal frequency and dietary protein: *J. Nutr.* – 1990. – Vol. 120. – Pp. 793-799.
43. Zhao Y., Hawes J., Popov K.M. Site-directed mutagenesis of phosphorylation sites of the branched chain alpha- ketoacid dehydrogenase complex: *J. Biol. Chem.* – 1994. – № 269. – Pp. 18583-18587.
44. Wijekoon E.P., Skinner C., Brosnan M.E. Amino acid metabolism in the Zucker diabetic fatty rat: effects of insulin resistance and of type 2 diabetes: *Can. J. Physiol. Pharm.* – 2004. – Vol. 82. – Pp. 506-514.

45. Herman M.A., Peroni O.D., Kahn B.B. Adipose-specific overexpression of Glut-4 causes hypoglycemia by altering branched chain amino acid metabolism: *Diabetes*. – 2006. – Vol. 55. – Pp. 311.
46. Kainulainen H., Hulmi J.J., Kujala U.M. Potential role of branched-chain amino acid catabolism in regulating fat oxidation: *Exerc. Sport Sci. Rev.* – 2013. – Vol. 41. – Pp. 194-200. DOI: 10.1097:JES.0b013e3182a4e6b6.
47. Mann G., Mora S., Madu G., Adegoke O.A.J. Branched-chain amino acids: catabolism in skeletal muscle and implications for muscle and whole-body metabolism: *Front Physiol.* – 2021. – Vol. 12. – Pp. 702-826. DOI: 10.3389:fphys.2021.702826.
48. Рядчиков В.Г. Нормы потребности свиней мясных пород и кроссов в энергии и переваримых аминокислотах: *Животноводство*. – 2007. – Ноябрь. – С. 21-24.76.
49. Рядчиков В., Омаров М., Полежаев С. Идеальный белок в рационах свиней и птиц :: *Животноводство России*. – 2010. – № 2. – С. 49-51.
50. Ниязов Н.С.-А., Пьянкова Е.В. Снижение уровня протеина и добавка аминокислот в рацион свиней уменьшает выделения азота :: *Свиноводство*. – 2020. – № 5. – С. 60-62.
51. Махаев Е. Протеиновое питание свиней мясного типа :: *Животноводство России*. – 2009. – С. 35-36.
52. Ниязов Н.С.-А., Кузнецов А.С., Молдавский Ю.А. Уровни протеина и их соотношения для продуктивности свиней мясного типа :: *Свиноводство*. – 2024. – № 3. – С. 13-16.
53. Рядчиков В., Омаров М., Полежаев С. Идеальный белок в рационах свиней и птиц :: *Животноводство России*. – 2010. – № 2. – С. 49-51.
54. Calder P.C. Branched-chain amino acid and immunity :: *J. Nutr.* – 2006. – Vol. 136. – Pp. 288-293.
55. Nishimura J. et al. Isoleucine prevents the accumulation of tissue triglycerides and upregulates the expression of PPAR α and uncoupling protein in diet-induced obese mice :: *J. Nutr.* – 2010. – Vol. 140. – Pp. 496-500.

56. Рядчиков В.Г., Омаров М.О., Полежаев С.Н. Идеальный белок в рационах свиней и птиц: Животноводство России. – 2010. – № 2. – С. 49-51.
57. Boye J., Wijesinha-Bettoni R., Burlingame B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method: Brit. J. Nutr. – 2012. – Vol. 108. – Pp. 183-211.
58. Каширина М., Головки Е., Омаров М. «Идеальный протеин» для свиней :: Животноводство России. – 2005. – № 9. – С. 29-30.
59. Bertolo R.F.P. et al. Arginine, ornithine, and proline interconversion is dependent on small intestinal metabolism in neonatal pigs :: Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. – 2003. – Vol. 284. – Pp. 915-922.
60. Moughan P.J., Smith W.C. Whole-body amino acid composition of the growing pig :: New Zealand J. Agr. Res. – 1987. – Vol. 30. – Pp. 301-303.
61. Conde-Aguilera J. et al. A sulfur amino acid deficiency changes the amino acid composition of body protein in piglets :: Animal. – 2010. – Vol. 4 (08). – Pp. 1349-1358.
62. Hamard A., Seve B., Le Floc'h N. A moderate threonine deficiency differently affects protein metabolism in tissues of early-weaned piglets :: Bioch. Physiol. Part A: Molecul. Integr. Physiol. – 2009. – Vol. 152 (4). – Pp. 491-497.
63. Thacker P.A., McLeod J.G., Campbell G.L. Performance of growing-finishing pigs fed diets based on normal or low viscosity rye fed with and without enzyme supplementation :: Arch. Tierernähr. – 2002. – Vol. 56. – Pp. 361-370.
64. Xue P. et al. Total body amino acid composition of two genetic lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight :: J. Anim. Sci. – 2016. – Vol. 94 (2). – Pp. 91-92.
65. Fuller M.F. et al. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion :: Brit. J. Nutr. – 1989. – Vol. 62. – Pp. 255-267.
66. Wang T.C., Fuller M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs :: Anim. Prod. – 1990. – Vol. 50. – Pp. 155-164.

67. Fuller M.F., William R., Wang T.C. The amino acid requirements of pigs for maintenance and for growth :: *Anim. Prod.* – 1987. – Vol. 44. – P. 486.
68. Van Milgen J., Dourmad J.-Y. Concept and application of ideal protein for pigs :: *J. Anim. Sci. Biotechnol.* – 2015. – Vol. 6. – Pp. 15-26.
69. Wiltafsky M.K. et al. Estimation of the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for eight- to twenty-five-kilogram pigs in diets containing spray- dried blood cells or corn gluten feed as a protein source :: *J. Anim. Sci.* – 2009. – Vol. 87. – Pp. 2554-2564.
70. Boisen S., Hvelpund T., Weisbjerg M.R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation :: *Livest. Produc. Sci.* – 2000. – Vol. 64. – Pp. 239-251.
71. Amino acids in animal nutrition : ed.: J.P.F. D'Mello. – 2nd ed. – Edinburgh, UK. 2003. – 513 p.
72. Казанцев А.А. и др. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЦИОНОВ С УЧЁТОМ КОНЦЕПЦИИ «ИДЕАЛЬНОГО ПРОТЕИНА» :: *Свиноводство.* – 2012. – № 2. – С. 52-54.
73. Pedersen C., Lindberg J.E., Boisen S. Determination of the optimal dietary threonine: lysine ratio for finishing pigs using three different methods :: *Livest. Prod. Sci.* – 2003. – Vol. 82 (2). – Pp. 233-243.
74. Emmert J.L., Baker D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets :: *J. Appl. Poultry Res.* – 1997. – Vol. 6. – Pp. 462-470.
75. Evonic industries. Auer E., Petri A. Основы кормления животных – Казахстан, 2010. – С. 68-69.
76. Kerr B.J., Kidd M.T., Cuaron J.A., Bryant K.L., Parr T.M., Maxwell C.V. and Weaver E. Utilization of spray – dried blood cells and crystalline isoleucine in nursery pig diets :: *Journal of Animal Science.* – 2004a. – № 82. – Pp. 2397-2404.
77. Kerr B.J., Kidd M.T., Cuaron J.A., Bryant K.L., Parr T.M., Maxwell C.V. and Campbell J.M. Isoleucine require-ments and ratios in starting (7 to 11 kg) pigs :: *Journal of Animal Science.* – 2004b. – № 82. – Pp. 2333-2342.
78. Harper A.E., Miller R.H., Block K.P. Branched chain amino acids metabolism :: *Annual Review of Nutrition.* – 1984. – № 4. – Pp. 409-454.

79. Liu H., Allee G.L., Touchette K.J., Frank J.W. and Spencer J.D. Effects of reducing protein and adding amino acids on performance, carcass characteristics, and nitro- gen excretion, and the valine requirement of early-finishing barrows :: *Journal of Animal Science*. – 2000. – № 78. – P. 184.
80. Lordelo M.M., Gaspar A.M., Bellego L.Le. and Freire J.P.B. Isoleucine and valine supplementation of a low-protein Corn-wheat-soybean meal-based diet for piglets: Growth performance and nitrogen balance :: *Journal of Animal Science*. – 2008. – № 6. – Pp. 2936-2941.
81. AMINODat 4.0. Platinum version (2010): Evonik Degussa GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany.
82. Rademacher M., Sauer W.S. and Jansman A.J.M. Standardized Ileal digestibility of amino acids in pigs :: Evonik Degussa GmbH. – 2009.
83. Eggert R.G., Williams H.H., Sheffy B.E., Sprague E.G., Loosli J.K. and Maynard L.A. The quantitative leucine requirement of the suckling pig :: *Journal of Nutrition*. – 1954. – № 53 (2). – Pp. 177-185.
84. Chung T.K. and Baker D.H. (1992): Ideal amino acid pattern for 10-kg pigs :: *Journal of Animal Science*. – 1992. – № 70. – Pp. 3102-3111.
85. Wang T.C. and Fuller M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs 1. Experiments by amino acid deletion :: *British Journal of Nutrition*. – 1989. – № 62. – Pp. 17-89.
86. Augspurger N.R. and Baker D.H. An estimate of the leucine requirement for young pigs :: *Animal Science*. – 2004. – № 79. – Pp. 149-153.
87. NRC. Nutrient Requirements of Swine, 10th revised dn. National Academy Press, Washington, DC. – 1998.
88. Elango R., Goonewardene L.A., Pencharz P.B. and Ball R.O. Parenteral and enteral routes of feeding in neonatal piglets require different ratios of branched-chain amino acids :: *Journal of Nutrition*. – 2004. – № 134 (1). – Pp. 72-78.
89. Harper A.E., Miller R.H. and Block K.P. Branched-chain amino acid metabolism :: *Annual Review of Nutrition*. – 1984. – № 4. – Pp. 409-454.

90. Gatnau R., Zimmerman D.R., Nissen S.L., Evan R.C. Effects of excess dietary leucine catabolites on growth and immune responses in weanling pigs :: *Journal of Animal Science*. – 1995. – № 89. – Pp. 736-742.
91. Hinson R B., Allee G.L. and Crenshaw J.D. Use of spray-dried blood cells and isoleucine supplementation in pig starter diets :: *Journal Animal Science*. – 2007. – № 85. – P. 93.
92. Fruge E.D., Bidner T.D. and Southern L.L. Effect of incremental levels of red blood cells on growth performance and carcass traits of finishing pigs :: *Journal Animal Science*. – 2009. – № 87. – Pp. 2853-2859,
93. Fu S.X., Fent R.W., Srichana P., Ratliff B.W., Gary G.L. and Usry J.L. Effects of protein source on true ileal digestible (TID) isoleucine:lysine ratio in pigs from 58 to 76 kg :: *Journal of Animal Science*. – 2005a. – № 83. – P. 213.
94. Fu S.X., Fent R.W., Allee G.L. and Usry J.L. Branched chain amino acid interactions increase isoleucine requirement in late-finishing pigs :: *Journal of Animal Science*. – 2006a. – № 84. – Pp. 283-284.
95. Langer S. and Fuller M.F. Interactions among the branched-chain amino acids and their effects on methionine utilization in growing pigs: effects on nitrogen retention and amino acid utilization :: *British Journal of Nutrition*. – 2000. – № 83. – Pp. 43-48.
96. Gloaguen M., Le Floc'h N., Brossard L., Primot Y., Corrent E. and Van Milgen J. An excessive supply of leucine aggravates the effect of a valine deficiency in post-weaned piglets. Pages 609-610 in *Energy and protein metabolism and nutrition*, edited by G.M. Crovetto, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. – 2010.
97. Becker D.E., Smith D., Terrill S.W., Jensen A.H. and Norton H.W. Isoleucine need of swine at two stages of J. L. Usry (2006): Evaluation of the true ileal digestible (TID) development :: *Journal of Animal Science*. – 2006. – № 22. – Pp. 1093-1096.
98. James B.W., Goodband R.D., Tokach M.D., Nelssen J.L. and Derouchey J.M. The optimum isoleucine: lysine ratio in starter diets to maximize growth performance of the earlyweaned pig. *Swine day*, Kansas State University. – 2000.

99. Oestemer G.A., Hanson L.E. and Meade R.J. E-evaluation of the isoleucine requirement of the young pig :: *Journal Animal Science*. – 1973. – № 36. – Pp. 679-683
100. Fu S.X., Gaines A.M., Fent R.W., Allee G.L. and Usry J.L. True ileal digestible isoleucine requirement and ratio in 12 to 22 kg pigs :: *Journal of Animal Science*. – 2006b. – № 84. – P. 283.
101. Lenis N.P. and van Diepen J.T.M. Requirement for apparent ileal digestible isoleucine of young pigs :: *Journal of Animal Science*. – 1997. – № 75. – P. 185.
102. Parr T.M., Kerr B.J. and Baker D.H. Isoleucine requirement of growing (25 to 45 kg) pigs :: *Journal Animal Science*. – 2003. – № 81. – Pp. 745-752.
103. Parr T.M., Kerr B.J. and Baker D.H. Isoleucine requirement for late-finishing (87 to 100 kg) pigs :: *Journal of Animal Science*. – 2004. – № 82. – Pp. 1334-1338.
104. Kendall D.C., Kerr B.J., Fent R.W., Fu S.X., Usry J.L. and Allee G.L. Determination of the true ileal digestible Isoleucine requirement for 90 kg barrows :: *Journal of Animal Science*. – 2004. – № 82. – P. 156.
105. Dean D.W., Southern L.L., Kerr B.J. and Bidner T.D. Isoleucine requirement of 80-to 120-kilogram barrows fed corn-soybean meal or corn-blood cell diets :: *Journal of Animal Science*. – 2005. – № 83. – Pp. 2543-2553.
106. James B.W., Goodband R.D., Tokach M.D., Nelssen J.L. and Derouchey J.M. The optimum isoleucine: lysine ratio in starter diets to maximize growth performance of the earlyweaned pig. *Swine day, Kansas State University*. – 2000.
107. Wiltafsky M.K., Schmidlein B. and Roth F.X. Estimates of the optimum dietary ratio of standardized ileal digestible valine to lysine for eight to twenty-five kilograms of body weight pigs :: *Journal of Animal Science*. – 2009b. – № 87. – Pp. 2544-2553.
108. Htoo J.K., Zhu C. and Lange de C. Optimum isoleucine to lysine ratio in a barley and wheat based diet fed to starter pigs :: *Journal of Animal Science*. – 2009. – № 87 (E-Suppl. 2). – Pp. 330-331.

109. Bergstrom J.R., Nelssen J.L., Tokach M.D. and Goodband R.D. Determining the optimal isoleucine: lysine ratio for the SEW-reared, 10 to 20 kg pig :: Journal of Animal Science. – 1997. – № 75. – P. 60.
110. Lindemann M.D., Quant A.D., Cho J.H., Kerr B.J., Cromwell G.L. and Htoo J.K. Determining the optimum ratio of standardized ileal digestible isoleucine to lysine for growing pigs fed wheat-barley based diets // Journal of Animal Science. – 2010. – № 88 (E-Suppl. 3). – Pp. 56-57.
111. Рошин В.А. Потребности молодняка свиней современных генотипов в обменной энергии и незаменимых аминокислотах // Научный фактор в стратегии инновационного развития свиноводства: Сборник материалов XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 9-11 сентября 2015 г. – Гродно, 2015. – С. 262-268.
112. AMINODat 4.0. Platinum version. Evonik Degussa GmbH, Hanau-Wolfgang, Germany. – 2010.
113. Рекомендации PIC по кормлению свиней и питательной ценности кормов, 2021.<https://ru.pic.com/wpcontent/uploads/sites/20/2021/07/%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E-2021.pdf>
114. PER TYBIRK, NIELS MORTEN SLOTH, NIELS KJELDSSEN AND LISBETH SHOOTER, National Nutrition Standarts & DANmark. SEGES. SEGES DANISH PIG RESEARCH CENTRE. – 2018. – Pp. 3-4.
115. Рекомендации по кормлению компании Topigs Norsvin. – 2011. – Октябрь.
116. Benny Van Handen. Nutrition Manual Hypor. – 2006. – October.
117. Nutritional Requirements for DAnBread pigs. Denmark.
118. Genesis. Feeding Guidelines from starter to finish. Canada.
119. INRAE-CIRAD-AFZ Feed tables. Cjposition and nutrition values of feedstuff. – URL: <https://www.feedtables.com:>.

120. Richter C., Tanaka T., Yada R.Y. Mechanism of activation of the gastric aspartic proteinases: pepsinogen, progastricsin and prochymosin // *J. Biochem.* – 1998. – Vol. 335. – Pp. 481-490.
121. Neu J. Gastrointestinal development and meeting the nutritional needs of premature infants // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2007. – Vol. 85. – Pp. 629-634.
122. Saucier L. et al. Effect of feed texture, meal frequency and pre-slaughter fasting on behaviour, stomach content and carcass microbial quality in pigs // *Can. J. Anim. Sci.* – 2007. – Vol. 87. – Pp. 479-487.
123. Drew M.D., Schafer T.C., Zijlstra R.T. Glycemic index of starch affects nitrogen retention in grower pigs // *J. Anim. Sci.* – 2012. – Vol. 90. – Pp. 1233-1241.
124. Gregory P.C., Fadyen M. Mc, Rayner D.V. Pattern of gastric emptying in the pig: relation to feeding // *Brit. J. Nutr.* – 1990. – Vol. 64 (1). – Pp. 45-58.
125. Landers B.R., Devitt P.G., Jamieson G.G. Effect of duodenal amino acid infusion on solid gastric emptying in pigs // *Am. J. Physiol.* – 1990. – Vol. 259 (1). – Pp. 676-680.
126. Bauchart-Thevret C. et al. Supplementing monosodium glutamate to partial enteral nutrition slows gastric emptying in preterm pigs // *J. Nutr.* – 2013. – Vol. 143. – Pp. 563-570.
127. Zai H. et al. Monosodium L-glutamate added to a high-energy, high-protein liquid diet promotes gastric emptying // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2009. – Vol. 89. – Pp. 431-435.
128. Deng D. et al. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential amino acids // *Livest. Sci.* – 2007. – Vol. 109. – Pp. 220-223.
129. Sauer W.C., Ozimek L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications // *Livest. Prod. Sci.* – 1986. – Vol. 15. – Pp. 367-388.
130. Akiba Y., Kaunitz J.D. Duodenal chemosensing and mucosal defenses // *Digest.* – 2011. – Vol. 83 (1). – Pp. 25-31.

131. Roura E. et al. Unfolding the codes of short-term feed appetite in farm and companion animals. A comparative oronasal nutrient sensing biology review // *Can. J. Anim. Sci.* – 2008. – Vol. 88. – Pp. 535-558.
132. Morel P.C.H., Padilla R.M., Ravindran G. Effects of nonstarch polysaccharides on mucin secretion and endogenous amino acid losses in pigs // *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 16. – Pp. 1332-1338.
133. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: Учебно-практическое пособие. – Краснодар: КГАУ, 2012. – 616 с.
134. Головки Е.Н., Рядчиков В.Г., Забашта Н.Н. Доступность аминокислот в белковом питании моногастричных животных: Монография. – Краснодар: ФГБНУ СКНИИЖ, 2014. – 300 с.
135. Yen J.T. et al. Difference in rates of net portal absorption between crystalline and protein-bound lysine and threonine in growing pigs fed once daily // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82 (4). – Pp. 1079-1090.
136. Kelly D.A., Coutts G.P. Development of digestive and immunological functions in neonates: role of early nutrition // *Livest. Prod. Sci.* – 2000. – Vol. 66 (2). – Pp. 161-167.
137. Nyachoti C.M., Lange C.F., Schulze H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs using the homoarginine method // *J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 75. – Pp. 3206-3213.
138. Laplace J.P. et al. Proteins in the digesta of the pig: amino acid composition of endogenous: bacterial and fecal fractions // *Reprod. Nutr. Dev.* – 1985. – Vol. 25. – Pp. 1083-1099.
139. Омаров М.О., Слесарева О.А., Османова С.О. Определение доступности аминокислот зерна злаков для всасывания в кишечнике у молодняка свиней // *Проблемы биологии продуктивных животных.* – 2016. – № 3. – С. 82-90.
140. Darragh A.J., Hodgkinson S.M. Quantifying the digestibility of dietary protein // *J. Nutr.* – 2000. – Vol. 130. – Pp. 1850-1856.

141. Adeola O., Ball R.O. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine // *J. Anim. Sci.* – 1992. – Vol. 70. – Pp. 1888-1894.
142. Selle P.H. et al. Protein-phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal // *Nutr. Res. Rev.* – 2012. – Vol. 25 (1). – Pp. 1-17.
143. Van Citters G.W., Lin H.C. The ileal brake: A fifteen-year progress report // *Curr. Gastroenterol. Rep.* – 1999. – Vol. 1. – Pp. 404-409.
144. Albanese A.A. Protein and amino acid nutrition. – NY, London: Acad. Press, 1959.
145. Blachier F. et al. Effects of amino acid-derived luminal metabolites on the colonic epi the ilium and physiopathological consequences // *Amino Acids.* – 2007. – Vol. 33 (4). – Pp. 547-562.
146. Sauer W.C., Ozimek L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications // *Livest. Prod. Sci.* – 1986. – Vol. 15. – Pp. 367-388.
147. Головки Е.Н. Оценка эндогенных поступлений аминокислот в терминальном илеуме у растущих свиней методом перевода в низкобелковую диету // *Проблемы биологии продуктивных животных.* – Боровск, 2009. – № 2. – С. 70-77.
148. Influence of diet and microbial activity in the digestive tract on Eggum B.O. et al. digestibility, and nitrogen and energy metabolism in rats and pigs // *Brit. J. Nutr.* – 1982. – Vol. 48 (1). – Pp. 161-175.
149. Zebrowska T., Low A.G., Partridge J.G. Protein digestion and absorption in the stomach and the small intestine of pigs // *Current concepts of digestion and absorption in pigs.* – Nat. Inst. Res. – Diaring: Reading, UK, 1979. – Pp. 52-62.
150. Ниязов Н.С.-А., Панюшкин Д.Е., Пьянкова Е.В. Низкопротеиновые комбикорма, сбалансированные по доступным аминокислотам, в кормлении растущих свиней мясного типа // *Проблемы биологии продуктивных животных.* – 2022. – № 2. – С. 79-89.
151. Jondreville C., van den Broecke J., Gâtel F. Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. – Paris: Eurolysine ITCF, 1995. – P. 221.

152. Pedersen C., Boisen S. Establishment of tabulated values for standardized ileal digestibility of crude protein and essential amino acids in common feedstuffs for pigs // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 52. – Pp. 121-140.
153. Nitrayova S. et al. Effect of body weight and pig individuality on apparent ileal digestibility of amino acids and total nitrogen // *Slovak J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 39. – Pp. 65-68.
154. Stein H.H. et al. Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2005. – Vol. 83. – Pp. 2387-2395.
155. Xue P.C., Ragland D., Adeola O. Determination of additivity of apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in diets containing multiple protein sources fed to growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2014. – Vol. 92. – Pp. 3937-3944.
156. Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. Tables of composition and nutritional value of feed materials. – INRA-AFZ-INAPG, Wageningen: Acad. Publ, 2004.
157. Barea R. et al. The standardized ileal digestible valine-to-lysine requirement ratio is at least seventy percent in post weaned piglets // *J. Anim. Sci.* – 2009. – Vol. 87. – Pp. 935-947.
158. Stein H.H., Aref S., Easter R.A. Comparative protein and amino acid digestibilities in growing pigs and sows // *J. Anim. Sci.* – 1999. – Vol. 77. – Pp. 1169-1179.
159. Boisen S. A new protein evaluation system for pig feeds and its practical application // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 48. – Pp. 1-11.
160. Boisen S., Fernandez J.A. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analyses // *Anim. Feed Sci. Techn.* – 1995. – Vol. 51. – Pp. 29-43.
161. Balle K.M., Boisen S., Larsen T. Is the rat a reliable model for the growing pig for estimating standardized digestibility of protein and amino acids? // *Digestive physiology of pigs: Proceedings of the 8th Symposium, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 20-22 June 2000.* – Uppsala, 2002. – Pp. 160-162.

162. Yin Y.L., McEvoy J.D.G., Schulze H. Studies on cannulation method and alternative indigestible markers and the effect of food enzyme supplementation in barley-based diets on ileal and overall digestibility in growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 70. – Pp. 63-72.
163. Головки Е.Н. Физиолого-биохимическое обоснование коррекции рационов для свиней по количеству истинно доступных аминокислот кормов на уровне терминального илеума: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Боровск, 2011. – 48 с.
164. De la Llata M. et al. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – Pp. 2643-2650.
165. De Lange C.F.M. et al. Application of pig growth models in commercial pork production // *Can. J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 81. – Pp. 1-8.
166. Liu Z.Q. et al. The regulation of body and skeletal muscle protein metabolism by hormones and amino acids // *J. Nutr.* – 2006. – Vol. 136. – Pp. 212-217.
167. Breier B.H. Regulation of protein and energy metabolism by the somatotrophic axis // *Domest. Anim. Endocrinol.* – 1999. – Vol. 17. – Pp. 209-218.
168. Kil D.Y., Kim B.G., Stein H.H. Feed energy evaluation for growing pigs 201 // *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* – 2013. – Vol. 26 (9). – Pp. 1205-1217.
169. Kolstad K., Brenae U.T., Vangen O. Genetic differences in energy partitioning in growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 52. – Pp. 213-220.
170. Le Bellego L., van Milgen J., Noblet J. Effects of high ambient temperature on protein and lipid deposition and energy utilization in growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 75. – Pp. 85-96.
171. Major determinants of fasting heat production and energetic cost of activity in growing pigs of different body weight and breed: castration combination : 222 J. van Milgan et al. // *Brit. J. Nutr.* – 1998. – Vol. 79. – Pp. 509-517.
172. Sauer W. et al. Variability of amino acid digestibility in pigs: inherent factors in feedstuffs and considerations in methodology // *J. Anim. Feed Sci.* – 2001. – Vol. 10. – Pp. 115-138.

173. Close W.H., Lyons T.P., Jacques K.A. Modelling the growing pig: Predicting nutrient needs and responses: Biotechnology in the feed industry. – Nottingham: Nottingham Univer. Press, 1996. – Pp. 289-297.
174. Van Lunen T.A., Cole D.J.A., Garnsworthy P.C., Wiseman J. Energy-amino acid interaction in modern pig genotypes: Recent developments in pig nutrition. – Nottingham: Nottingham University Press, 2001. – Pp. 439-466.
175. Черепанов Г.Г., Кальницкий Б.Д. Проблема взаимосвязи протеина и энергии при оценке в нутриентах и разработке систем питания продуктивных животных: Проблемы биологии продуктивных животных. – 2013. – № 2. – С. 5-35.
176. Knauer M.T. et al. Phenotypic and genetic correlations between gilt estrus, puberty, growth, composition, and structural conformation traits with first-litter reproductive measures // J. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 89. – Pp. 935-942.
177. De Lange C.F.M. et al. Previous feeding level influences plateau heat production following a 24 h fast in growing pigs : // Brit. J. Nutr. – 2006. – Vol. 95. – Pp. 1082-1087.
178. Удовенко Е.Я. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений: Рекомендации. – М., 1984. – 104 с.
179. Noblet J., van Milgen J. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system // J. Anim. Sci. – 2004. – Vol. 82. – Pp. 229-238.
180. Quiniou N. et al. Influence of energy supply on growth characteristics in pigs and consequences for growth modelling // Livest. Prod. Sci. – 1999. –Vol. 60. – Pp. 317-328.
181. Weis R.N. et al. Effect of energy intake and body weight on physical and chemical body composition in growing entire male pigs // J. Anim. Sci. – 2004. – Vol. 82. – Pp. 109-121.

182. Knapp P., Wang L. Pig breeding for improved feed efficiency: Feed efficiency in swine : ed. J. Patience. – Wageningen: Wageningen Acad. Press, 2012. – Pp. 167-181.
183. Protein, fat, and bone tissue growth in swine: Swine nutrition : C.F.M. de Lange, S. Birket, P. Morel; eds.: A. Lewis, L. Southern. – Boca Raton: CRC Press, 2000. – Pp. 65-81.
184. Patience J.F. et al. Performance and body compositional responses to changes in dietary energy intake by offspring of line 65 sires // J. Anim. Sci. –2002. – Vol. 81. – P. 226.
185. King R.H. et al. The influence of dietary energy intake on growth performance and tissue deposition in pigs between 80 and 120 kg liveweight // Aust. J. Agric. Res. – 2004. – Vol. 55. – Pp. 1271-1281.
186. White C.R. Allometric estimation of metabolic rates in animals // J. Biochem. Mol. Physiol. – 2011. – Vol. 158 (3). – Pp. 346-357.
187. Pond W.G. et al. Energy metabolism // Basic animal nutrition and feeding : ed. R. Hope. – 5th ed. – New York: Wiley & Sons, Inc, 2005. – Pp. 242-258.
188. Nutrient requirements and metabolism // Biology of the domestic pig : ed.: W.G. Pond, H.J. Mersmann. – Ithaca, New York: Cornell Univer. Press, 2001. – Pp. 309-389.
189. Van Milgen J., Noblet J. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs // J. Anim. Sci. – 2003. – Vol. 2. – Pp. 86-93.
190. Blaxter K.L. Energy metabolism in animals and man. – Cambridge: Cambridge Univer. Press, 1989.
191. Van Milgen J. Modeling biochemical aspects of energy metabolism in mammals // J. Nutr. – 2002. – Vol. 132. – Pp. 3195-3202.
192. Fuller M.F., William R., Wang T.C. The amino acid requirements of pigs for maintenance and for growth // Anim. Prod. – 1987. – Vol. 44. – P. 486.
193. Noblet J. Recent developments in net energy research for swine // Adv. Pork Prod. – 2007. – Vol. 18. – Pp. 149-156.

194. Kil D.Y., Stein H. Dietary soybean oil and choice white grease improve apparent ileal digestibility of amino acids in swine diets containing corn, soybean meal, and distillers dried grains with solubles // *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* – 2011. – Vol. 24. – Pp. 248-253.
195. Bruininx E. Oxidation of dietary stearic, oleic and linoleic acids in growing pigs follows a biphasic pattern // *J. Nutr.* – 2011. – Vol. 141. – Pp. 1657-1663.
196. Омаров М.О., Головки Е.Н., Рядчиков В.Г. Влияние сбалансированности рационов по незаменимым аминокислотам на продуктивность молодняка свиней // *Научные основы ведения животноводства и кормопроизводства: Сборник научных трудов : СКНИИЖ.* – Краснодар, 1999. – С. 244-251.
197. Омаров М.О. Эффективность использования корма при разных уровнях триптофана в рационах молодняка свиней // *Актуальные проблемы научного обеспечения увеличения качества кормов и эффективного их использования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции.* – Краснодар, 2001. – С. 254-255.
198. Davis T.A. et al. Interactions of amino acids and insulin in the regulation of protein metabolism in growing animals // *Can. J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 83. – Pp. 357-364.
199. Kimball S.R. Regulation of global and specific mRNA translation by amino acids // *J. Nutr.* – 2002. – Vol. 132. – Pp. 883-886.
200. Родионова О.Н. Азотистый обмен и продуктивность свиней при выращивании на низкопротеиновых рационах с различными уровнями обменной энергии и лимитирующих аминокислот: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Боровск, 2011. – 25 с.
201. Lorenzen C.L. et al. Protein kinetics in callipyge lambs // *J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 78. – Pp. 78-87.
202. Moreno R., Miller P.S. Effect of increasing lysine: net energy ratio on growth performance and plasma urea nitrogen concentration of late-finishing barrows fed low-protein amino acid- supplemented diets and ractopamine // *Nebraska Swine Report* : ed. T.E. Burkey. – Lincoln: University of Nebraska, 2008. – Pp. 30-32.

203. Szabó C. et al. Effect of dietary source and lysine: DE ratio on growth performance, meat quality, and body composition of growing-finishing pigs // J. Anim. Sci. – 2001. – Vol. 79. – Pp. 2857-2865.
204. Coma J., Carrion D., Zimmerman D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs // J. Anim. Sci. – 1995. – Vol. 73. – Pp. 472-481.
205. Rao D.S., McCracken K.J. Effect of protein intake on energy and nutrient balance and chemical composition of gain in growing boars of high genetic potential // J. Anim. Prod. – 1990. – Vol. 51. – Pp. 389-397.
206. Schneider J.D. et al. Determining the effect of lysine: calorie ratio on growth performance of ten-to twenty-kilogram of body weight nursery pigs of two different genotypes // J. Anim. Sci. – 2010. – Vol. 88. – Pp. 137-146.
207. Lenehan N.A. et al. The optimal true ileal digestible lysine and threonine requirement for nursery pigs between 10 and 20 kg // J. Anim. Sci. – 2004. – Vol. 82. – Pp. 571-575.
208. Wang T.C., Fuller M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs // Anim. Prod. – 1990. – Vol. 50. – Pp. 155-164.
209. Metabolism of proteins and amino acids // Protein metabolism in farm animals. evaluation, digestion, absorption and metabolism : ed. H.D. Bock. – Oxford, UK: Oxford Sci. Publ., 1989. – Pp. 273-366.
210. Yen H.T., Cole D.J.A., Lewis D. Amino acid requirements of growing pigs. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein // Anim. Prod. – 1986. – Vol. 43. – Pp. 141-154.
211. Хту Д., Клименко А. Уровень доступного лизина, чистой энергии и продуктивность свиней // Свиноводство. – 2018. – № 4. – С. 33-35.
212. Bae S.H. et al. Effects of dietary lysine levels on growth performance and nutrient digestibility of boar and gilt // J. Anim. Nutr. Feed. – 1998. – Vol. 22. – Pp. 157-164.
213. Effects of increasing lysine to calorie ratio and added fat for growing finishing pigs reared in a commercial environment. Growth performance and carcass

- characteristics : M. De la Llata et al. // *J. Anim. Sci.* – 2007. – Vol. 23. – Pp. 417-428.
214. Main R.G. et al. Determining an optimum lysine: calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility // *J. Anim. Sci.* – 2008. – Vol. 86. – Pp. 2190-2207.
215. Wilson M.E. et al. Boar nutrition for optimum sperm production // *Adv. Pork Prod.* – 2004. – Vol. 15. – Pp. 295-306.
216. Quiniou N., Noblet J. Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually // *J. Anim. Sci.* – 2012. – Vol. 90. – Pp. 4362-4372.
217. Asmus M. et al. Effects of lowering dietary fiber before marketing on finishing pig growth performance, carcass characteristics, carcass fat quality and intestinal weights // *J. Anim. Sci.* – 2014. – Vol. 92. – Pp. 119-128.
218. Witte D.P. et al. Effect of lysine and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork // *J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 78. – Pp. 1272-1276.
219. Hinson R. et al. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2011. – Vol. 89. – Pp. 3572-3579.
220. Van Lunen T.A., Cole D.J.A. The effect of lysine:digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs // *J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 63. – Pp. 465-475.
221. Chang W.H. et al. Optimal lysine: DE ratio for growing pigs of different sexes // *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 13. – Pp. 31-38.
222. King R.H. Inter relationships between dietary lysine, sex, and performance and et al. porcine somatotropin administration on growth performance and protein deposition in pigs between 80 and 120 kg live weight // *J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 78. – Pp. 2639-2651.

223. Fortin A., Robertson W.M., Wong A.K. The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat // *Meat Sci.* – 2005. – Vol. 69. – Pp. 297-305.
224. Apple J.K. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82. – Pp. 3277-3287.
225. Weis R.N. et al. Effects of energy intake and body weight on physical and chemical body composition in growing entire male pigs // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82. – Pp. 109-121.
226. Nam D.S., Aherne F.X. The effects of lysine: energy ratio on the performance of weanling pigs // *J. Anim. Sci.* – 1994. – Vol. 72. – Pp. 1247-1256.
227. Goodband R.D. et al. Effects of porcine somatotropin and dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of finishing swine // *J. Anim. Sci.* – 1990. – Vol. 68. – Pp. 3261-3276.
228. Ellis M. et al. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughterhouse on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork // *J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 62. – Pp. 521-530.
229. Grandhi R.R., Cliplef R.L. Effects of selection for lower back fat, and increased levels of dietary amino acids to digestible energy on growth performance, carcass merit and meat quality in boars, gilts, and barrows // *Can. J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 77. – Pp. 487-496.
230. Loughmiller J.A. et al. Influence of dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of late-finishing gilts // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 76. – Pp. 1075-1080.
231. Zhao Y. et al. Effect of different dietary protein levels and amino acids supplementation patterns on growth performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in growing-finishing pigs // *J. Anim. Sci. Biotech.* – 2019. – Vol. 10. – Pp. 75-84.

232. Zhang J. et al. Effects of lower dietary lysine and energy content on carcass characteristics and meat quality in growing-finishing pigs // *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* – 2008. – Vol. 21, № 12. – Pp. 1785-1793.
233. Goerl K.F. et al. Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels // *J. Anim. Sci.* – 1995. – Vol. 73. – Pp. 3621-3626.
234. Schweer W.P. et al. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus reduces feed efficiency, digestibility, and lean tissue accretion in grow-finish pigs // *J. Anim. Sci.* – 2017. – Vol. 1. – Pp. 480-488.
235. Schweer W.P. et al. Impact of PRRSV infection and dietary soybean meal on ileal amino acid digestibility and endogenous amino acid losses in growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2018. – Vol. 96. – Pp. 1846-1859.
236. Shelton N.W. et al. Effects of increasing standard ileal digestible lysine to metabolizable energy ratios on performance of 55 to 80 kg gilts in a commercial finishing environment // *J. Anim. Sci.* – 2009. – Vol. 87. – Pp. 86-89.
237. NRC. Nutrient requirements of swine. – 11-th ed. – Washington, DC: Natl. Acad. Press, 2012.
238. Kemp B., Kemp B., Soede N.M. Feeding of developing and adult boars // *Swine Nutrition* : eds. A.J. Lewis, L.L. Southern. – 2nd ed. – Boca Raton (Florida): CRC Press LLC, 2001. – Pp. 771-782.
239. Louis G.F. et al. The effect of energy and protein intakes on boar libido, semen characteristics and plasma hormone concentrations // *J. Anim. Sci.* – 1994. – Vol. 72. – Pp. 2051-2060.
240. Close W.H., Roberts F.G. Nutrition of the working boar // *Recent developments in pig nutrition* : eds: D.J.A. Cole, W. Haresing, P.C. Garnsworthy. – Nottingham: Nottingham Univer. Press, 1993. – Pp. 347-368.
241. Town S.C. et al. Embryonic and fetal development in a commercial dam-line genotype // *Anim. Reprod. Sci.* – 2005. – Vol. 85. – Pp. 301-316.
242. Douglas S.L. et al. Identification of risk factors associated with poor lifetime growth performance in pigs // *J. Anim. Sci.* – 2013. – Vol. 91. – Pp. 4123-4132.

243. Heyer A. et al. Effect of extra maternal feed supply in early gestation on sow and piglet performance and production and meat quality of growing finishing pigs // *Acta Agric. Scand.* – 2004. – Vol. 54. – Pp. 44-55.
244. Namara L.B. et al. The influence of increasing energy intake during gestation on litter size, piglet growth and within litter variation from birth to weaning // *Book of Abstracts of the 58-th Annual Meeting of the EAAP* : ed.: Y. van der Honing. – Dublin, Ireland: Wageningen Acad. Publ., 2007. – Pp. 47-50.
245. Shelton N.W. et al. Effects of increasing feeding level during late gestation on sow and litter performance // *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports.* – 2009. DOI: 10.4148:2378-5977.6780.
246. Soto J. et al. Effects of increasing feeding levels in sows during late gestation on piglet birth weights // *J. Anim. Sci.* – 2011. – Vol. 89. – Pp. 86-92.
247. Knauer M.T., van Heugten E. Effect of soybean meal supplementation during gestation on piglet quality // *J. Anim. Sci.* – 2018. – Vol. 96 (2). – Pp. 180-181.
248. Yang H. et al. Effects of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones, and reproductive performance in primiparous sows // *J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 78. – Pp. 1001-1009.
249. Moehn S. et al. Applying new research to sow feed costs // *Advances in Pork Production* : ed. R.O. Ball. – Banff, Canada: Univ. Alberta, 2009. – Pp. 83-94.
250. Dourmad J.Y., Etienne M. Dietary lysine and threonine requirements of the pregnant sow estimated by nitrogen balance // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 80 (8). – Pp. 2144-2150.
251. Gonsalves M.A.D. et al. Effects of amino acids and energy intake during late gestation of high performing gilts and sows on litter and reproductive performance under commercial conditions // *J. Anim. Sci.* – 2016. – Vol. 94. – Pp. 1993-2003.
252. Magnabosco D. et al. Lysine supplementation in late gestation of gilts: Effects on piglet birth weight, and gestational and lactational performance // *Cienc. Rural.* – 2013. – Vol. 43. – Pp. 1464-1470.
253. Almond G. et al. Disease of the reproductive system // *Diseases of swine* : eds. B.E. Straw et al. – 9th ed. – Ames, IA: Blackwell Publish, 2006. – Pp. 113-147.

254. Yang Y.X. et al. Effects of lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous and multiparous sows // *Anim. Reprod. Sci.* – 2009. – Vol. 112. – Pp. 199-214.
255. Park M.S. et al. Effects of dietary fat inclusion at two energy levels on reproductive performance, milk compositions and blood profiles in lactating sows // *Acta Agr. Scand.* – 2008. – Vol. 58. – Pp. 121-128.
256. Kim J.S., Yang X., Baidoo S.K. Relationship between body weight of primiparous sows during late gestation and subsequent reproductive efficiency over six parities // *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* – 2016. – Vol. 29. – Pp. 768-774.
257. Hou Y. et al. Endogenous synthesis of amino acids limits growth, lactation and re production of animals // *Adv. Nutr.* – 2016. – Vol. 7. – Pp. 331-342.
258. Noblet J., Etienne M. Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets // *J. Anim. Sci.* – 1986. – Vol. 63. – Pp. 1888-1896.
259. Tokach M.D. et al. Quantitative influence of lysine and energy intake on yield of milk components in the primiparous sow // *J. Anim. Sci.* – 1992. – Vol. 70. – Pp. 1864-1872.
260. Zhao P.Y. Effect of lysophospholipids in diets differing in fat contents on growth performance, nutrient digestibility, milk composition and litter performance of lactating sows // *Anim.* – 2017. – Vol. 11. – Pp. 984-990.
261. Koketsu Y. et al. Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows // *J. Anim. Sci.* – 1996. – Vol. 74. – Pp. 2875-2884.
262. Thaker M.Y.C., Bilkei G. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows // *J. Anim. Sci.* – 2005. – Vol. 88. – Pp. 309-318.
263. Close W.H., Cole D.J.A. Nutrition of sows and boars. – Trumpton, UK: Nottingham Univers, 2000.
264. Hughes P.E. Nutrition-reproduction interactions in the breeding sow // *Manipulating pig production II. Proceedings of the Biennial Conference of the*

- Australasian Pig Science Association (A.P.S.A.) held in Albury, NSW on November 27 to 29, 1989 : ed.: J.L. Barnett, D.P. Hennessy. – Werribee, Australia: APSA, 1989. – Pp. 277-280.
265. Young M.G. et al. Effect of gestation feeding method on sow performance in lactation // *J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 81. – Pp. 59-65.
266. Pluske J.R. et al. Stomach cannulation of pregnant gilts for nutrition studies during lactation // *Can. J. Anim. Sci.* – 1995. – Vol. 75. – Pp. 497-500.
267. Dourmad J.Y., Noblet J., Etienne M. Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance, and body composition changes of sows during lactation // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 76 (2). – Pp. 542-228.
268. Mejia-Guadarrama C.A. et al. Protein (lysine) restriction in primiparous lactating sows: Effects on metabolic state, somatotropic axis, and reproductive performance after weaning // *J. Anim. Sci.* – 2002. – Vol. 80. – Pp. 3286-3300.
269. Cooper D.R. et al. Effect of nutrient intake in lactation on sow performance: Determining the threonine requirement of the high-producing lactating sow // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – Pp. 2378-2387.
270. Jones D.B., Stahly T.S. Impact of amino acid nutrition during lactation on body nutrient mobilization and milk nutrient output in primiparous sows // *J. Anim. Sci.* – 1999. – Vol. 77. – Pp. 1513-1522.
271. Srichana P. et al. Lysine requirement of lactating primiparous sows // *J. Anim. Sci.* – 2007. – Vol. 84 (2). – Pp. 182-189.
272. Touchette K.J. et al. The use of synthetic lysine in the diet of lactating sows // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 76. – Pp. 1437-1442.
273. Wang K.Y. et al. Effects of protein deprivation on subsequent growth performance, gain of body components, and protein requirements in growing pigs // *J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 81. – Pp. 705-716.
274. Soltwedel K.T., Easter R.A., Pettigrew J.E. Evaluation of the order of limitation of lysine, threonine, and valine, as determined by plasma urea nitrogen, in corn-soybean meal diets of lactating sows with high body weight loss // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – Pp. 1734-1741.

275. Valros A. et al. Metabolic state of the sow, nursing behavior and milk production // *Livest. Prod. Sci.* – 2003. – Vol. 79. – Pp. 155-167.
276. Mavromichalis I. et al. Valine requirement of nursery pigs // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – Pp. 1223-1229.
277. Lyvers-Peffer P.A. et al. Effects of a growth-altering pre-pubertal feeding regimen on gilt growth and reproductive longevity // *J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 81 (1). – Pp. 112-124.
278. Klindt J., Yen J.T., Christenson R.K. Level of dietary energy during prepubertal growth and reproductive development of gilts // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – Pp. 2513-2523.
279. Farmer C. et al. Impacts of dietary protein level and feed restriction during prepuberty on mammogenesis in gilts // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82. – Pp. 2343-2351.
280. Cia M.C. et al. Modification of body composition by altering the dietary lysine to energy ratio during rearing and the effect on reproductive performance of gilts // *J. Anim. Sci.* – 1998. – Vol. 66. – Pp. 457-463.
281. Gill B.P. Body composition of breeding gilts in response to dietary protein and energy balance from thirty kilograms of body weight to completion of first parity // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – Pp. 1926-1934.
282. Sorensen M.T. et al. Mammary development in prepubertal gilts fed restrictively or ad libitum 229 in two sub-periods between weaning and puberty // *Livest. Sci.* – 2006. – Vol. 99. – Pp. 249-255.
283. Whitney M.H., Masker C. Replacement gilt and boar nutrient recommendations and feeding management // *National Swine Nutrition Guide* : ed.: D.Э.J. Mesinger. – Ames, IA: US Pork. Center of Excell, 2010. – 127 p.
284. Han I.K. et al. Recent advances in sow nutrition to improve reproductive performance: *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* – 2000. – Vol. 13. – Pp. 335-355.
285. Calderon Diaz J.A. et al. Age at puberty, ovulation rate, and uterine length of developing gilts fed two lysine and three metabolizable energy concentrations from 100d to 260d of age // *J. Anim. Sci.* – 2015. – Vol. 93. – Pp. 3521-3527.

286. Calderon Diaz J.A. et al. Optimal dietary energy and amino acids for gilt development: growth, body composition, feed intake, and carcass composition traits // J. Anim. Sci. – 2015. – Vol. 93. – Pp. 1187-1199.
287. Shelton N.W. et al. Effects of increasing dietary standardized ileal digestible lysine for gilts grown in a commercial finishing environment // J. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 89. – Pp. 3587-3595.
288. Подобед Л.И. Профилактика продукционных нарушений в интенсивном свиноводстве. – Разд. 3.4. Плохая интенсивность роста поросят в подсосный период. – Одесса: Печатный дом, 2011. – С. 65.

Приложения

Приложение А



СОГЛАСОВАНО
Заместитель Руководителя
Россельхознадзора

(подпись, ФИО)

09 ИЮН 2023

(дата принятия решения)

ИНСТРУКЦИЯ
по применению кормовой добавки
«Бэстамино Чейлджеданг L-Изолейцин»

I. Общие сведения

Регистрационный номер: РФ – КД – 00550

Торговое наименование кормовой добавки:
«Бэстамино Чейлджеданг L-Изолейцин» (BESTAMINO CHEILJEDANG® L-Isoleucine)

Форма кормовой добавки, соответствующая способу ее применения и обеспечивающая достижение необходимого эффекта от применения кормовой добавки: порошок.

Наименования, количественный и качественный составы действующих и вспомогательных веществ, входящих в состав кормовой добавки:
L-Изолейцин (высушенный экстракт продуктов ферментации *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13032, источник штамма *Corynebacterium glutamicum* KFCC11040) – 90,0-100,0 %.

Характеристики кормовой добавки и показатели ее безопасности:
Содержание L-Изолейцина – 90,0-100,0 %.
Содержание влаги – не более 2,0 %, содержание золы – 0,01-1,0 %.

Указание объема или массы кормовой добавки в упаковке:
По 20 кг в 3-слойный крафт-бумажный мешок с 1-слойным полиэтиленовым вкладышем.
На единице упаковки размещается: торговое наименование кормовой добавки, регистрационный номер, наименование и адрес организации-производителя, назначение, состав, масса нетто, дата производства, номер партии, срок годности и условия хранения. Каждая единица упаковки снабжается инструкцией по применению кормовой добавки.

Описание внешнего вида кормовой добавки:
Кристаллический порошок белого или бело-желтого цвета, частично растворимый в воде.

Срок годности кормовой добавки с указанием на запрет её применения по истечении срока годности:
24 месяца с даты производства.
Не использовать по истечении срока годности.

Условия хранения кормовой добавки:
Хранить в закрытой упаковке производителя, в защищенном от прямых солнечных лучей месте, при температуре от минус 15 °С до 30 °С и относительной влажности не более 65±2%.
Хранить в местах, недоступных для детей.

2

II. Информация о биологических свойствах кормовой добавки

Биологические свойства кормовой добавки «Бэстамино Чейлджеданг L-Изолейцин» обусловлены высоким содержанием легкоусвояемого белка, способствующего повышению питательности комбикормов, увеличению их конверсии, ускорению роста и увеличению продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц, а также рыб и креветок.

Изолейцин – незаменимая аминокислота, компонент всех известных белков, необходимых для повседневных функций организма, используется мышцами в качестве дополнительного источника энергии, один из главных компонентов в росте и синтезе тканей тела. Оказывает укрепляющее действие на мускулатуру и повышение тонуса мышц (помогает сохранить мышечную ткань от разрушений), показан при восстановлении тканей. Изолейцин способен значительно увеличивать усвоение и расходование глюкозы.

III. Порядок и условия применения кормовой добавки**Назначение:**

Для обогащения и балансирования рационов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, рыб и креветок изолейцином.

Показания для применения:

Обогащение и балансирование рационов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, рыб и креветок изолейцином.

Противопоказания для применения: не установлены.

Возможные побочные действия:

Побочных действий при применении кормовой добавки в соответствии с инструкцией по применению не выявлено.

Взаимодействие с другими кормовыми добавками, кормами и лекарственными препаратами для ветеринарного применения:

Кормовая добавка совместима со всеми ингредиентами кормов, лекарственными препаратами для ветеринарного применения и другими кормовыми добавками.

Меры предосторожности при применении кормовой добавки:

При работе с добавкой кормовой необходимо соблюдать общие правила личной гигиены и техники безопасности, предусмотренные при работе с кормовыми добавками. Все работы следует проводить с использованием спецодежды и средств индивидуальной защиты (халат, головной убор, резиновые перчатки, защитные очки, респиратор).

Режим дозирования:

Вид животных	Нормы ввода, %
Сельскохозяйственная птица (несушки, бройлеры, индейки, перепела)	0,05-2,0
Домашний скот (свиньи, крупный рогатый скот, телята)	0,05-2,0
Аквакультура (рыбы, креветки)	0,05-3,0

Количество вводимой аминокислоты определяется уровнем протеина в рационе и аминокислотным составом его компонентов.

Способы применения:

Вводят в корма на комбикормовых заводах или в кормоцехах с использованием существующих технологий многоступенчатого смешивания.

Применение кормовой добавки при тепловой обработке кормов требует ограничений температурного режима не более 85 °С (до 5 минут).

3

Продолжительность применения:

На протяжении всего периода выращивания в соответствии с заявленными технологическими группами.

Сроки возможного использования продукции животного происхождения после применения кормовой добавки:

Оснований для установления ограничений использования продукции животного происхождения не выявлено.

IV. Информация о разработчике и производителе кормовой добавки

Наименование и адрес в пределах места нахождения юридического лица-разработчика:
«CJ CheilJedang Corporation», 330, Dongho-ro, Jung-gu, Seoul, 04560, Republic of Korea (Корея).

Наименование и адрес в пределах места нахождения юридического лица-производителя:
«CJ (Shenyang) Biotech Co., Ltd.», No. 38-23, Yunong road, Shenbei New District, Shenyang City, Liaoning Province, China (Китай).

Наименования и адреса производственных площадок производителя:
«CJ (Shenyang) Biotech Co., Ltd.», No. 38, Yunong road, Shenbei New District, Shenyang City, Liaoning Province, China (Китай).

Регистрационный номер свидетельства о государственной регистрации генно-инженерно-модифицированного организма, предназначенного для выпуска в окружающую среду (для кормовых добавок, полученных с применением генно-инженерно-модифицированных организмов или содержащих такие организмы):
Кормовая добавка «Бэстамино Чейлджеданг L-Изолейцин» не содержит генно-инженерно-модифицированные организмы.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС СN.НВ61.Н20996

Срок действия с 11.03.2021 по 10.03.2024

№ 0570059

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.11НВ61

Орган по сертификации ООО "ЦЕТРИМ". Адрес: 153000, РОССИЯ, Ивановская область, город Иваново, улица Богдана Хмельницкого, дом 36В. Телефон +7 4932773165. Адрес электронной почты info@cetrim.ru

ПРОДУКЦИЯ L-Изолейцин, кормовая добавка для обогащения и балансирования рационов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, рыб и креветок изолейцином. Серийный выпуск.

код ОК
20.14.42.000

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
 НД № 13-5-2/1062 от 17.10.97 г. «Ветеринарные препараты. Показатели качества. Требования и нормы»

код ТН ВЭД
2922 49 850 0

ИЗГОТОВИТЕЛЬ «СJ (SHENYANG) BIOTECH CO.,Ltd». Адрес: КИТАЙ, №38 Yunong Road Shenbei New District, Shenyang, Liaoning.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН Общество с ограниченной ответственностью «Кормовит». Адрес: 125212, РОССИЯ, город Москва, улица Выборгская, дом 16, строение 4, телефон: +74955140864, адрес электронной почты: info@kormovit.ru.

НА ОСНОВАНИИ

Протокол испытаний № 002/В-11/03/21 от 11.03.2021 года, выданный Испытательной лабораторией Общества с ограниченной ответственностью "МЕЛИСС" (аттестат аккредитации РОСС RU.31578.04ОЛНО.ИЛ16)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Свидетельства о государственной регистрации кормовой добавки для животных учетной серии 156-2-28-20-8172, зарегистрированного в РФ Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору за ПВИ -2-28-20/05655 от 03-08-2020 года. Схема сертификации: 1с



Руководитель органа

подпись

П.Г. Рухлядев

инициалы, фамилия

Эксперт

подпись

В.П. Широков

инициалы, фамилия

Сертификат не применяется при обязательной сертификации



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ВЕТЕРИНАРНОМУ
И ФИТОСАНИТАРНОМУ НАДЗОРУ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ
КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

Учетная серия 156-2-28.20-8172 Регистрационный № ПВИ-2-28.20/05655
от 03 августа 2020 года (дата) срок действия до бессрочно (дата)

Настоящее свидетельство выдано организации-производителю (заявитель)
«CJ (SHENYANG) BIOTECH CO., LTD.», Китай

о том, что в соответствии со статьей 3 Закона Российской Федерации
«О ветеринарии»

L-Изолейцин

(полное название кормовой добавки для животных)

в виде кристаллического порошка (форма)

применяется для обогащения и балансирования рационов сельскохозяйст-
венных животных, в том числе птиц, рыб и креветок изолейцином

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Заместитель Руководителя

Россельхознадзора (должность)



Н.А. Власов (И.О. Фамилия)

Испытательная лаборатория
Общества с ограниченной ответственностью «МЕЛИСС»
Аттестат аккредитации РОСС RU.31578.04ОЛН0.ИЛ16
Срок действия с 07.12.2020 г. по 06.12.2023 г.
Адрес: 140080, Московская обл., г. Лыткарино, промзона Тураево, стр. 5Б



Утверждаю:
Начальник ИЛ
Богданов В.С.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 002/В-11/03/21
от 11.03.2021 года

1. Наименование и адрес заявителя	Общество с ограниченной ответственностью «Кормовит» Адрес: 125212, РОССИЯ, город Москва, улица Выборгская, дом 16, строение 4
2. Характеристика объекта испытаний	L-Изолейцин, кормовая добавка для обогащения и балансирования рационов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, рыб и креветок изолейцином
3. Наименование и адрес изготовителя	«CJ (SHENYANG) BIOTECH CO.,Ltd» Адрес: КИТАЙ, №38 Yunong Road Shenbei New District, Shenyang, Liaoning
4. Отбор образцов	Отбор образцов произведен в соответствии с ГОСТ 31814-2012, акт отбора образцов № 002/В-11/03/21
5. Идентификационный номер образца	№ 002/В-11/03/21
6. На соответствие требованиям	НД № 13-5-2/1062 от 17.10.97 г. «Ветеринарные препараты. Показатели качества. Требования и нормы»
7. Цель испытания	Целью испытаний является установление соответствия L-Изолейцина, кормовой добавки для обогащения и балансирования рационов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, рыб и креветок изолейцином, требованиям НД № 13-5-2/1062 от 17.10.97 г. «Ветеринарные препараты. Показатели качества. Требования и нормы»
8. Условия окружающей среды при проведении испытаний	Температура окружающего воздуха 20-22 °С Относительная влажность воздуха 66...68% Атмосферное давление 746...750 мм рт. ст.

9. Результат испытаний

Инженер-испытатель: Игошин К.Д.

Показатель (характеристика)	Методика испытаний	Нормируемое значение	Результат испытаний
1	2	3	4
Продолжительность иммунитета	НД № 13-5-2/1062	должна составлять период времени, в течение которого приобретенная животным невосприимчивость к заболеванию обеспечила хозяйственную целесообразность использования конкретного препарата.	Соответствует требованию
Активность вакцин и других лечебно-профилактических препаратов	НД № 13-5-2/1062	должна отражать их способность обеспечивать	Соответствует требованию

Протокол испытаний № 002/В-11/03/21 от 11.03.2021 года
Лист 1 из 2

Испытательная лаборатория
Общества с ограниченной ответственностью «МЕЛИСС»
Аттестат аккредитации РОСС RU.31578.04ОЛНО.ИЛ16
Срок действия с 07.12.2020 г. по 06.12.2023 г.
Адрес: 140080, Московская обл., г. Лыткарино, промзона Тураево, стр. 5Б

Показатель (характеристика)	Методика испытаний	Нормируемое значение	Результат испытаний
1	2	3	4
		специфическую защиту иммунизированных животных от заболевания	
эффект с использованием методов биометрии	НД № 13-5-2/1062	должен составлять не менее 70 % у вакцинированных и гибели не менее 80 % у контрольных животных после заражения.	76% у вакцинированных, 84% % у контрольных животных после заражения.
Препарат	НД № 13-5-2/1062	не должен вызывать видимых изменений тканей в месте внутрикожного, подкожного введения препарата животным, а также общего воздействия на организм	Соответствует требованию
Посевы	НД № 13-5-2/1062	должны быть чистыми, т.е. свидетельствовать об отсутствии культур возбудителя	Соответствует требованию
рН для введения препарата через желудочно-кишечный тракт	НД № 13-5-2/1062	5,5 - 7,0	6,2
Растворимость препарата	НД № 13-5-2/1062	1 г препарата в 1,1 - 10 см ³ растворителя	Соответствует требованию
Массовая доля общего белка в сыворотках	НД № 13-5-2/1062	должна быть 5 ± 0,1 %	5%

10. Дополнительная информация

10.1. Полученные результаты и выводы, содержащиеся в протоколе, относятся только к конкретно испытанному(ым) образцу(ам).

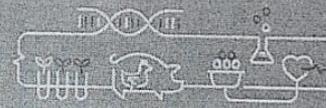
10.2. Отдельные страницы с изложением результатов испытаний не могут быть использованы отдельно без полного текста протокола испытаний.

10.3. Запрещена частичная или полная перепечатка или размножение Протокола испытаний без разрешения Испытательной лаборатории.

Протокол испытаний № 002/В-11/03/21 от 11.03.2021 года
Лист 2 из 2



CJ LOVES EARTH



希杰(沈阳)生物科技有限公司
中国辽宁省沈阳市沈北新区
裕农路38号
韩国CJ集团提供技术

CJ (SHENYANG) BIOTECH CO.,LTD.
38 Yunong Road , Shenbei N. Dist
Shenyang Liaoning, PR CHINA
UNDER THE LICENSE OF CJ CORP. KOREA

CJR-07-064

分析证明书 CERTIFICATE OF ANALYSIS

根据Q/S CJS 07-2019饲料添加剂 异亮氨酸

产品 : 异亮氨酸
化学式 : $C_6H_{13}NO_2$
生产日期 : 2023年10月07日
批号 : DXYD231007
有效期 : 2025年10月06日

According to Q/S CJS 07-2019 Feed additive L-Isoleucine
Product : BESTAMINO CHEILJEDANG® L-Isoleucine
Chemical formula : $C_6H_{13}NO_2$
Production date : Oct 07, 2023
Lot No . : DXYD231007
Expiration : Oct 06, 2025

性质 Properties	单位 Units	目标值 Target Values	分析数据 Analytical Data	判定 Determinant
感官指标 Sensory indicators	-	白色至微黄色的结晶或结晶性粉末 White to yellowish crystalline or crystalline powder	符合 Conform	合格 (Pass)
含量 (以干基计) Assay by HPLC (on dry matter)	%	Min.90.0	93.5	合格 (Pass)
干燥失重 Loss on drying	%	Max.2.0	0.17	合格 (Pass)
灼烧残渣 Residue on ignition	%	Max.1.0	0.05	合格 (Pass)
pH	-	4.5-7.0	5.4	合格 (Pass)

CONTAINER NO	QUANTITY	CONTAINER NO	QUANTITY
TKRU4525028	4.000 MT		

5600444927(RU230934-VG)

上述内容是质量部门真实的分析报告。

The above are truly reported in accordance with the analysis by Quality section.



УТВЕРЖДАЮ:
Директор
АО Племзавод «Шойбулакский»


М. Комелин
«14» января 2024 г.



УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по науке и инновационному
развитию
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева


/ М.И. Селионова
«14» января 2024 г.



АКТ

о проведении производственных испытаний комбикормов для поросят –
отъемышей с различным уровнем изолейцина и сырого протеина

Мы, нижеподписавшиеся, представители **федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»** в лице Бурякова Николая Петровича, заведующего кафедрой кормления животных, доктора биологических наук, профессора; Косолаповой Валентины Геннадьевны, профессора кафедры кормления животных; Ксенофонтовой Анжелики Александровны, доцента кафедры кормления животных; Молдавского Юрия Андреевича, аспиранта кафедры кормления животных, с одной стороны и АО племзавод «Шойбулакский» в лице Унжакова Сергея Геннадьевича, начальника цеха свиноводства; Афонина Алексея Николаевича, главного ветеринарного врача, Ширяева Анатолия Сергеевича, управляющий свинокомплексом №5; составили настоящий акт о том, что в период с «01» декабря 2022 по «31» января 2023 на АО Племзавод «Шойбулакский», республика Марий Эл, поселок Оршанка проведены испытания комбикормов для поросят-отъемышей с различным уровнем изолейцина и сырого протеина.

Содержание работы и методика проведения испытаний

Испытания проводили на поросятах-отъемышах, полученных от свиноматок F₁ датской селекции. Все исследования во время производственной проверки проводили стандартными методами, регламентированными в соответствии с ГОСТ, действующими нормативами на территории Российской Федерации.

Результаты испытаний

В проведения исследования измеряли живую массу поросят в возрасте 27 суток и 40 сут, в период кормления престаартерным кормом. В последующем рассчитывали среднесуточные приросты живой массы, абсолютный и относительный приросты живой массы. Учитывали сохранность поросят и ветеринарные обработки поголовья.

Таблица 2. Динамика живой массы и продуктивности поросят (n=68), кг.

Показатель	Группа							
	1 конт.	2 опыт.	3 опыт.	4 опыт.	5 опыт.	6 опыт.	7 опыт.	8 опыт.
Живая масса в возрасте 27 сут.	7,25 ±0,07	6,50 ± 0,06	6,64 ±0,03	6,64 ±0,06	6,55 ±0,08	6,41 ±0,08	6,31 ±0,08	6,39 ±0,08
Живая масса в возрасте 40 сут.	11,25 ±0,12	10,29 ±0,14	9,97 ±0,10	10,25 ±0,09	9,85 ±0,11	9,49 ±0,08	9,82 ±0,12	9,82 ±0,09
в % к контролю	100	91,47	88,62	91,11	87,56	84,36	87,29	87,29
Абсолютный прирост живой массы	271,9	258,0	226,5	245,5	224,4	209,0	239,0	223,6
Абсолютный прирост живой массы на голову	4,00 ±0,14	3,79 ±0,16	3,33 ±0,11	3,61 ±0,12	3,30 ±0,14	3,07 ±0,11	3,5 ±0,5	3,43 ±0,19
в % к контролю	100	94,75	83,25	90,25	82,50	76,75	87,50	85,75
Относительный прирост живой массы на голову, %	55,14	58,37	50,17	54,37	50,37	47,94	55,71	53,72
Среднесуточные приросты живой массы, г	308 ±11	292 ±12	256 ±8	278 ±9	254 ±11	236 ±9	270 ±12	256 ±15
Сохранность поросят, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,5

Так как опытная группа 6 показала по всем основным показателям наихудший результат, нами была проведена дополнительная проверка полнорационного комбикорма СПК-3 для выяснения соответствия рецептуре приготовления. В ходе проверки отчетов автоматизированной системы дозирования производства комбикормов на ООО «Маризернопродукт», было выявлено расхождение в дозировании компонентов, с изначальным рецептом комбикормов, и было принято решение рассматривать данную группу как лимитированную по обменной энергии и лизину при оценке результатов работы.

Учитывая вышеизложенное, наибольшая масса поросят – отъемышей, в возрасте 40 суток, была в контрольной группе и составила 11,25 кг, наименьшая масса, была у поросят 7 и 8 опытных групп и составила 9,82 кг.

Наибольший абсолютный прирост живой массы, рассчитанный на голову наблюдался так же в контрольной группе 1, но при этом в группах 7 и 8 где

дефицит сырого протеина по отношению к контролю составлял 20%, был выше, чем в группах 3 и 5.

Относительный прирост живой массы, на голову в возрасте 40 суток, был наивысшем во 2 опытной группе и составил, 58,37%, наихудший показатель был в опытной группе 3 и составил 50,7%. Следует отметить, что показатели относительного прироста живой массы на голову в 7 и 8 опытных группах, составили 55,71 и 53,72 соответственно, что сопоставимо с показателем относительного прироста живой массы в контрольной группе и находился на уровне 55,14%.

После завершения эксперимента была рассчитана экономическая эффективность применения престартерных комбикормов с различными уровнями изолейцина и соотношениями АРЦ в корме. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Экономическая эффективность применения комбикормов для поросят – отъемышей с различным уровнем изолейцина и сырого протеина.

Показатель	Группа							
	1 конт.	2 опыт.	3 опыт.	4 опыт.	5 опыт.	6 опыт.	7 опыт.	8 опыт.
Общее потребление корма за период опыта, кг.	335,74	316,64	274,42	289,38	273,26	258,16	276,38	269,32
В % к контролю	100	94,31	81,74	86,19	81,39	76,89	82,32	80,22
Среднесуточное потребление комбикорма, г	380	358	310	327	309	292	313	305
Затраты комбикорма на 1 кг прироста ж.м. ед.	1,23	1,23	1,21	1,18	1,22	1,24	1,16	1,19
Абсолютный прирост живой массы, кг	271,9	258,0	226,5	245,5	224,4	209,0	239,0	223,6
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	51,62	52,23	52,82	53,38	53,95	47,34	44,93	45,83
Затраты комбикорма, на группу, руб.	17 330,90	16 538,11	14 494,86	15 447,10	14 742,38	12 221,29	12 417,75	12 342,94
Затраты комбикорма на 1 кг. прироста живой массы, руб.	63,74	64,10	63,99	62,92	65,69	58,48	51,96	55,21

Самая высокая кормовая себестоимость прироста живой массы, оказалась в 1-й опытной группе с добавлением 0,5 кг синтетического изолейцина на 1 тонну корма, и отношением АРЦ 100/165/105 и составила 64,10 руб. на кг прироста живой массы. Самые низкие уровни себестоимости были в опытных группах 7-й и 8-й с дефицитом сырого протеина в 20% от норм кормления, использованных при разработке рецептур престартерного корма. Себестоимость прироста 1 кг живой массы в данных группах составила 51,96 и 55,21 руб. на кг прироста живой массы, соответственно.

Представители АО Племязавод «Шойбулакский»

Начальник цеха свиноводства		С.Г. Унжаков
Главный ветеринарный врач		А.Н. Афонин
Управляющий свинокомплексом №5		А.С. Ширяев

Представители ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Зав. кафедрой, профессор кафедры кормления животных, д.б.н.		Н.П. Буряков
Профессор кафедры кормления животных, д. с.-х. н.		В.Г. Косолапова
Доцент кафедры кормления животных, к.б.н.		А.А. Ксенофонтова
Аспирант кафедры кормления животных		Ю.А. Молдавский

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
АО Племзавод «Шойбулакский»



/А.М. Комелин
2024 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по науке и инновационному
развитию
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева



/М.И. Селионова
2024 г.

АКТ

о проведении производственной проверки комбикормов для поросят – отъемышей с различным уровнем изолейцина и сырого протеина

Мы, нижеподписавшиеся, представители **федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»** в лице Бурякова Николая Петровича, заведующего кафедрой кормления животных, доктора биологических наук, профессора; Косолаповой Валентины Геннадьевны, профессора кафедры кормления животных; Ксенофонтовой Анжелики Александровны, доцента кафедры кормления животных; Молдавского Юрия Андреевича, аспиранта кафедры кормления животных, с одной стороны и представители АО племзавод «Шойбулакский» в лице Унжакова Сергея Геннадьевича, начальника цеха свиноводства; Афонина Алексея Николаевича, главного ветеринарного врача, Ширяева Анатолия Сергеевича, управляющий свинокомплексом №5 составили настоящий акт о том, что в период с «01» декабря 2022 по «31» января 2023 на АО Племзавод «Шойбулакский», республика Марий Эл, поселок Оршанка проведены испытания комбикормов для поросят-отъемышей с различным уровнем изолейцина и сырого протеина.

Схема опыта

Для подтверждения результатов по экономической эффективности применения престаартерных комбикормов для поросят-отъемышей со сниженным по сравнению с нормами ВНИИЗЖ уровнем сырого протеина, при условии соблюдения баланса аминокислот, в том числе соотношением усвояемых АРЦ в комбикорме для поросят – отъемышей, на уровне 100/170-180/110-140 для следующих аминокислот: изолейцин/лейцин/валин, и принимая во внимание полученные в предыдущих

экспериментах данные, о том, что оптимальное соотношение усвояемый лизин / усвояемый изолейцин равно 49% нами в течение 14 дней была проведена производственная апробация полученных результатов исследований на 2-х группах животных (контрольная и опытная) отобранных из одной недельной группы животных, в которых было 510 и 514 голов соответственно.

При проведении производственной апробации контрольная и опытная группы поросят – отъемышей получали полнорационный комбикорм СПК-3, идентичный проведенным опытам, с соотношением АРЦ изолейцин/лейцин/валин равное 100/175/110, а опытная группа на уровне 100/178/144, а также отношением усвояемого лизина/усвояемому изолейцину на уровне 66% и 49% соответственно. Результаты производственной проверки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты производственной апробации

Показатель	Группа	
	Базовый	Новый
Количество голов на начало эксперимента	510	514
Количество голов в возрасте 40 сут.	503	509
Сохранность поросят – отъемышей, %	98,63	99,03
Живая масса на начало эксперимента, кг	6,57	6,34
Живая масса в возрасте 40 сут., кг	10,64	10,2
Среднесуточный прирост, г	313	297
Абсолютный прирост живой массы, кг	2001,22	1663,04
в % к контролю	100	83,10
Всего потрачено комбикормов, ЭКЕ	3618,41	2909,09
Затрачено кормов на 1 кг прироста живой массы, ЭКЕ	1,81	1,75
Стоимость 1 кг корма, руб.	51,62	44,93
Стоимость корма на 1 кг прироста живой массы, руб.	63,49	53,47
в % к контролю	100	84,21

По данным, полученным в ходе производственной проверки научно-хозяйственного опыта, несмотря на меньший прирост живой массы в опытной группе, и получение абсолютного прироста живой массы в контрольной группе 2001,22 кг и опытной 1663,04 кг соответственно, себестоимость прироста 1 кг живой массы в опытной группе была на 16,8% ниже по сравнению с контрольной группой, и составила 53,47 руб. на кг прироста живой массы.

Таким образом, использование комбикормов СПК-3 для поросят – отъемышей с соотношением усвояемых АРЦ в комбикорме для поросят – отъемышей, на уровне 100/178/140 для следующих аминокислот: изолейцин/лейцин/валин, с

соотношением усвояемый лизин/усвояемый изолейцин равное 49%, приводит к снижению затрат на производство свинины.

Представители АО Племязавод «Шойбулакский»

Начальник цеха свиноводства		С.Г. Унжаков
Главный ветеринарный врач		А.Н. Афонин
Управляющий свинокомплексом №5		А.С. Ширяев

Представители ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Зав. кафедрой, профессор кафедры кормления животных, д.б.н.		Н.П. Буряков
Профессор кафедры кормления животных, д. с.-х. н.		В.Г. Косолапова
Доцент кафедры кормления животных, к.б.н.		А.А. Ксенофонтова
Аспирант кафедры кормления животных		Ю.А. Молдавский

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель генерального директора
ООО «Премикорм»


Н.В. Немкин
«05» апреля 2024 г.


УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по науке и инновационному
развитию
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева


М.И. Селионова
«05» апреля 2024 г.


АКТ

о внедрении результатов научно – исследовательской работы по теме:
«Эффективность использования рационов с разным уровнем изолейцина в
продуктивном онтогенезе поросят».

Мы, нижеподписавшиеся, представители **федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»** в лице Бурякова Николая Петровича, заведующего кафедрой кормления животных, доктора биологических наук, профессора; Косолаповой Валентины Геннадьевны, профессора кафедры кормления животных; Ксенофонтовой Анжелики Александровны, доцента кафедры кормления животных; Молдавского Юрия Андреевича, аспиранта кафедры кормления животных, с одной стороны и представители **ООО «Премикорм»** в лице Ким Татьяны Героновны, главного технического специалиста; Брокле Евгения Владимировича, коммерческого директора; Давыдовой Виктории Александровны главного бухгалтера, составили настоящий акт о том, начиная с мая 2023 года нами была внедрены оптимизированные рецептуры комбикормов для поросят – отъемышей в соответствии с предложенными соотношениями усвояемых аминокислот с разветвленной цепью, а так же со сниженным уровнем сырого протеина до 18%.

При внедрении полученной разработки было получено снижение затрат сырьевой себестоимости, производимых комбикормов СПК – 3 для поросят-

отъемышей на 15%, что привело к повышению рентабельности продаж, увеличению налоговых отчислений.

Представители ООО «Премикорм»

Главный технический специалист



Т.Г. Ким

Коммерческий директор



Е.В. Брокле

Главный бухгалтер



В.А. Давыдова

Представители ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Зав. кафедрой, профессор кафедры
кормления животных, д.б.н.



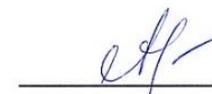
Н.П. Буряков

Профессор кафедры кормления
животных, д. с.-х. н.



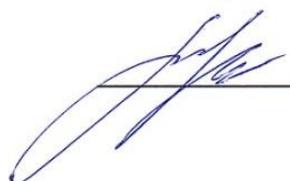
В.Г. Косолапова

Доцент кафедры кормления
животных, к.б.н.



А.А. Ксенофонтова

Аспирант кафедры кормления
животных



Ю.А. Молдавский

СПК-3-К (КОНТРОЛЬ)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 мм

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	11,23%
КУКУРУЗА СП 8%	5,83%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	11,08%
СЖК 50%	2,24%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,40%
МУКА РЫБНАЯ СП 65%	4,00%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	0,44%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,17%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,23%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	0,76%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,40%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,02%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,40
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,38
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,57
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	21,80
СЫРОЙ ЖИР	%	7,03
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,99
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,29
ЛИЗИН	%	1,39
МЕТИОНИН	%	0,51
МЕТ+ЦИС	%	0,84
ТРЕОНИН	%	0,82
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,32
ИЗОЛЕЙЦИН	%	0,91
ЛЕЙЦИН	%	1,63
ВАЛИН	%	1,02
ГИСТИДИН	%	0,53
Ca	%	0,75
P	%	0,65
P УСВОЯЕМЫЙ	%	0,44
Mg	%	0,18
K	%	0,90
Na	%	0,22
Cl	%	0,21
ДЕВ	мЭкв:100г	20,01

СПК-3-ОР-500 (ОР+500 Г)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	11,18%
КУКУРУЗА СП 8%	5,83%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	11,08%
СЖК 50%	2,24%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,40%
МУКА РЫБНАЯ СП 65%	4,00%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
ИЗОЛЕЙЦИН	0,05%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	0,44%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,17%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,23%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	0,76%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,40%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,02%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,41
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,38
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,53
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	22,00
СЫРОЙ ЖИР	%	7,03
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,99
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,29
ЛИЗИН	%	1,39
МЕТИОНИН	%	0,51
МЕТ+ЦИС	%	0,84
ТРЕОНИН	%	0,82
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,31
ИЗОЛЕЙЦИН	%	0,96
ЛЕЙЦИН	%	1,62
ВАЛИН	%	1,01
ГИСТИДИН	%	0,53
Са	%	0,75
Р	%	0,65
Р УСВОЯЕМЫЙ	%	0,44
Mg	%	0,18
К	%	0,89
Na	%	0,22
Cl	%	0,21
ДЕВ	мЭкв:100г	20,00

СПК-3-ОР-1000 (ОР+1000 Г)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	11,13%
КУКУРУЗА СП 8%	5,83%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	11,08%
СЖК 50%	2,24%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,40%
МУКА РЫБНАЯ СП 65%	4,00%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
ИЗОЛЕЙЦИН	0,10%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	0,44%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,17%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,23%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	0,76%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,40%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,02%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,41
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,38
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,56
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	22,00
СЫРОЙ ЖИР	%	7,03
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,99
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,29
ЛИЗИН	%	1,39
МЕТИОНИН	%	0,51
МЕТ+ЦИС	%	0,84
ТРЕОНИН	%	0,82
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,32
ИЗОЛЕЙЦИН	%	1,01
ЛЕЙЦИН	%	1,63
ВАЛИН	%	1,02
ГИСТИДИН	%	0,53
Са	%	0,75
Р	%	0,65
Р УСВОЯЕМЫЙ	%	0,44
Мg	%	0,18
К	%	0,89
Na	%	0,22
Cl	%	0,21
ДЕВ	мЭкв:100г	20,00

СПК-3-ОР-1500 (ОР+1500 Г)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	11,08%
КУКУРУЗА СП 8%	5,83%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	11,08%
СЖК 50%	2,24%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,40%
МУКА РЫБНАЯ СП 65%	4,00%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
ИЗОЛЕЙЦИН	0,15%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	0,44%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,17%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,23%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	0,76%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,40%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,02%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,41
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,38
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,55
ЛАКТОЗА	%	6
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	21,93
СЫРОЙ ЖИР	%	7,02
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,98
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,29
ЛИЗИН	%	1,39
МЕТИОНИН	%	0,51
МЕТ+ЦИС	%	0,84
ТРЕОНИН	%	0,82
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,32
ИЗОЛЕЙЦИН	%	1,06
ЛЕЙЦИН	%	1,63
ВАЛИН	%	1,02
ГИСТИДИН	%	0,53
Ca	%	0,75
P	%	0,65
P УСВОЯЕМЫЙ	%	0,44
Mg	%	0,18
K	%	0,89
Na	%	0,22
Cl	%	0,21
DEB	мЭкв:100г	20

СПК-3-ОР-2000 (ОР+2000 Г)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	11,03%
КУКУРУЗА СП 8%	5,83%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	11,08%
СЖК 50%	2,24%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,40%
МУКА РЫБНАЯ СП 65%	4,00%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
ИЗОЛЕЙЦИН	0,20%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	0,44%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,17%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,23%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	0,76%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,40%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,02%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,41
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,38
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,54
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	22,00
СЫРОЙ ЖИР	%	7,02
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,98
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,29
ЛИЗИН	%	1,39
МЕТИОНИН	%	0,51
МЕТ+ЦИС	%	0,84
ТРЕОНИН	%	0,82
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,32
ИЗОЛЕЙЦИН	%	1,11
ЛЕЙЦИН	%	1,63
ВАЛИН	%	1,02
ГИСТИДИН	%	0,53
Ca	%	0,75
P	%	0,65
P УСВОЯЕМЫЙ	%	0,44
Mg	%	0,18
K	%	0,89
Na	%	0,22
Cl	%	0,21
ДЕВ	МЭкв:100г	19,99

СПК-3-Д-10 (Д- СП 10%)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	9,67%
КУКУРУЗА СП 8%	9,43%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	11,36%
СЖК 50%	2,67%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,23%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	0,77%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,24%
L-ВАЛИН 98%	0,10%
L-ТРЕОНИН 98%	0,04%
L-ТРИПТОФАН 98%	0,03%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,28%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	1,22%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,66%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,10%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,33
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,44
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,70
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	19,53
СЫРОЙ ЖИР	%	6,98
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,99
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,59
ЛИЗИН	%	1,40
МЕТИОНИН	%	0,51
МЕТ+ЦИС	%	0,83
ТРЕОНИН	%	0,77
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,18
ИЗОЛЕЙЦИН	%	0,83
ЛЕЙЦИН	%	1,49
ВАЛИН	%	1,01
ГИСТИДИН	%	0,48
Са	%	0,76
Р	%	0,68
Р УСВОЯЕМЫЙ	%	0,41
Мg	%	0,16
К	%	0,89
Na	%	0,22
Cl	%	0,21
ДЕВ	МЭкв:100г	19,94

СПК-3-д-20 (д- СП 20%)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	14,30%
КУКУРУЗА СП 8%	9,72%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	5,80%
СЖК 50%	2,67%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,24%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	1,03%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,30%
L-ВАЛИН 98%	0,22%
L-ТРЕОНИН 98%	0,14%
L-ТРИПТОФАН 98%	0,05%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,28%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	1,36%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,63%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,06%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,27
ЧЭ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,54
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,92
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	17,86
СЫРОЙ ЖИР	%	6,98
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,99
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,36
ЛИЗИН	%	1,40
МЕТИОНИН	%	0,54
МЕТ+ЦИС	%	0,83
ТРЕОНИН	%	0,77
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	1,01
ИЗОЛЕЙЦИН	%	0,70
ЛЕЙЦИН	%	1,29
ВАЛИН	%	1,00
ГИСТИДИН	%	0,41
Са	%	0,76
Р	%	0,68
Р УСВОЯЕМЫЙ	%	0,43
Mg	%	0,14
К	%	0,78
Na	%	0,21
Cl	%	0,21
ДЕВ	мЭКВ:100г	19,91

СПК-3-Д-20-ОР (Д - СП 20% - ОР)

Вид комбикорма: ГРАНУЛЫ 2,2 ММ

Состав	В рецепте
ПШЕНИЦА СП 11,5%	35,00%
ЯЧМЕНЬ СП 8,4%	14,75%
КУКУРУЗА СП 8%	9,40%
ШРОТ СОЕВЫЙ СП 46%	15,00%
СОЙКОЛАК	5,39%
ЖК 50%	2,69%
СЫВОРОТКА МОЛОЧНАЯ (СУХАЯ)	7,23%
МАСЛО ПОДСОЛНЕЧНОЕ	4,00%
ИЗОЛЕЙЦИН	0,21%
L-ЛИЗИН СУЛЬФАТ 75%	1,05%
DL-МЕТИОНИН 98%	0,31%
L-ВАЛИН 98%	0,23%
L-ТРЕОНИН 98%	0,15%
L-ТРИПТОФАН 98%	0,05%
СОЛЬ ПОВАРЕННАЯ	0,28%
МОНОКАЛЬЦИЙ ФОСФАТ	1,37%
ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА	0,63%
СУЛЬФАТ НАТРИЯ БЕЗВОДНЫЙ	0,06%
ДОКСИ-ФУД	0,20%
ВИТАЦИД ПЛЮС	0,40%
БУТИЛИН 54	0,30%
ПРЕМИКС П53 (1,3%) 13077	1,30%

Показатели качества		
Наименование	Ед. изм.	Расчет
ОЗ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	14,27
ЧЗ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ	МДж:Кг	10,55
ВЛАЖНОСТЬ	%	10,90
ЛАКТОЗА	%	6,00
СЫРОЙ ПРОТЕИН	%	17,85
СЫРОЙ ЖИР	%	6,98
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	%	2,99
СЫРАЯ ЗОЛА	%	5,34
ЛИЗИН	%	1,40
МЕТИОНИН	%	0,55
МЕТ+ЦИС	%	0,84
ТРЕОНИН	%	0,77
ТРИПТОФАН	%	0,26
АРГИНИН	%	0,99
ИЗОЛЕЙЦИН	%	0,90
ЛЕЙЦИН	%	1,27
ВАЛИН	%	1,00
ГИСТИДИН	%	0,41
Ca	%	0,76
P	%	0,68
P УСВОЯЕМЫЙ	%	0,43
Mg	%	0,14
K	%	0,77
Na	%	0,21
Cl	%	0,21
B	мЭкв:100г	19,94