

Российская академия сельскохозяйственных наук

*Всероссийский научно-исследовательский
институт физиологии, биохимии и питания
сельскохозяйственных животных*

Методическое пособие по нормированию питания бычков при интенсивном выращивании и откорме

Боровск, 2013

Методическое пособие по нормированию питания бычков при интенсивном выращивании и откорме

Методическое пособие подготовлено в рамках реализации проекта фундаментальных научных исследований на 2011-2015 г. по проблеме 06.03.01. «Изучить механизмы субстратного баланса в организме сельскохозяйственных животных для оптимизации их питания. Разработать системы и способы управления биосинтезом продуктивности у животных на основе нормированного питания» сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных (В.А. Галочкин, В.П.Галочкина, В.А.Матвеев, Е.Л.Харитонов, А.С.Ушаков).

Методическое пособие предназначено для специалистов в области физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных и может быть использовано при профессиональном высшем и среднем обучении.

Методические положения рассмотрены и одобрены на заседании секции общей биологии, физиологии и биохимии отделения РАСХН 30 июня 2013г, протокол № 1, на научно-координационном совещании (г. Боровск, 26 июня 2013 года.) по проблеме «Усовершенствовать систему питания сельскохозяйственных животных, установить механизмы формирования субстратных потоков в организме и разработать способы управления биосинтезом продуктов животноводства на основе нормированного питания», Ученым советом ВНИИФБиП с.-х. животных (протокол №3 от 21 октября 2013 г.).

Группа авторов
Всероссийский научно-
исследовательский институт
физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных
животных, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Мировой опыт и результаты исследований отечественных и зарубежных ученых указывают на необходимость дальнейшего совершенствования методических подходов к оценке питательной ценности кормов и нормирования питания жвачных животных. Экспериментально доказано:

- классификация кормов с учетом физико-химической характеристики протеина и углеводов, биологической доступности аминокислот, минеральных веществ и витаминов позволяет более точно прогнозировать образование и использование животными основных субстратов (летучие жирные кислоты, аминокислоты, глюкоза, минеральные вещества, витамины и др.) для обеспечения метаболизма и продуктивности;

- прогнозирование потенциала кормов, на основе образуемых из них субстратов, является необходимым условием для обоснования физиологически адекватного питания животных;

- проведение фундаментальных исследований в области физиологии и биохимии продуктивных животных и дальнейшее совершенствование системы питания на основе новых подходов к оценке питательной ценности кормов и прогнозе обеспеченности субстратами основных биологических функций является актуальным приоритетным направлением исследований института.

В условиях жесткой рыночной конкуренции повышение экономической эффективности производства говядины является определяющим фактором в дальнейшем развитии скотоводства России. Наша страна располагает огромными природными ресурсами, а созданный генетический потенциал продуктивности крупного рогатого скота уже сейчас позволяет получать от них 1,3-1,5 кг среднесуточного прироста живой массы. Однако на практике биологический продуктивности животных используется менее, чем на 40%. В среднем по стране в настоящее время среднесуточные приросты составляют около 300 г. В результате этого значительно удлиняется производственный цикл выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота и, соответственно, существенно возрастают затраты на единицу продукции кормов, труда и энергии. В этих условиях организация полноценного сбалансированного кормления при полном учете потребности животных в питательных и биологически активных веществах, является основой увеличения продуктивности животных, повышения эффективности использования питательных веществ корма на прирост и увеличения рентабельности производства говядины.

Более полная реализация продуктивного потенциала животных и эффективность использования питательных веществ корма на продукцию в первую очередь определяются обеспеченностью их белком и энергией. В нашей стране действует система оценки и нормирования протеинового и аминокислотного питания животных, основанная на учете переваримого протеина в рационе, количество которого в определенной мере позволяет оценить поступление аминокислот из кишечника в метаболический пул и, соответственно, судить об обеспеченности процессов биосинтеза аминокислотами.

Однако результаты отечественных и зарубежных исследований однозначно показали, что для жвачных животных уровень переваримого протеина не отражает в достаточной мере количество аминокислот, поступающих из желудочно-кишечного тракта, в связи с образованием в преджелудках микробного белка из белковых и небелковых источников

азота и рециркуляцией азота в организме. Поэтому совершенствование и разработка новых подходов к оценке и нормированию протеинового и аминокислотного питания жвачных животных в настоящее время базируется на данных физиологии и биохимии пищеварения жвачных животных и учитывает целый комплекс показателей, позволяющих более объективно прогнозировать поступление аминокислот в организм.

На основании результатов фундаментальных исследований, выполненных под руководством ведущих ученых ВНИИФБиП, ВИЖа, ВНИИкормов и других научных центров в нашей стране была разработана система протеинового питания молочных коров. Однако проблеме протеинового и аминокислотного питания растущего молодняка крупного рогатого скота в нашей стране долгое время не уделялось должного внимания. Только в 2003 году в 3-ем издании справочного руководства «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» под редакцией А.П.Калашникова, В.И.Фисинина, В.В.Щеглова и Н.И.Клейменова впервые в нашей стране было предложено нормировать в рационе бычков, выращиваемых на мясо, количество распадаемого и нераспадаемого протеина. Однако, нормы распадаемого и нераспадаемого протеина для бычков, представленные в этом руководстве, преимущественно основаны на зарубежных данных, которые не отражают химический состав кормов и структуру рационов, применяемых при выращивании и откорме бычков в большинстве хозяйств нашей страны.

В частности, при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота в нашей стране, как правило, используют в рационах высокий уровень силоса, а протеиновые корма в составе комбикорма обычно представлены подсолнечным шротом. В результате этого распадаемость в рубце протеина кормов рациона в большинстве случаев составляет более 70%. В тоже время в справочном руководстве рекомендуется, чтобы в рационах бычков с живой массой от 150 до 300 кг и независимо от интенсивности их роста (среднесуточный прирост от 800 г до 1400 г) распадаемость протеина кормов в рационе была в пределах 51 – 60%. Этого можно достичь только при замене в составе комбикорма ячменя, пшеницы и подсолнечного шрота на кукурузу, соевый шрот и другие корма с пониженной распадаемостью протеина, нетрадиционные для нашей страны. Использование этих кормов значительно удорожает себестоимость продукции и снижает рентабельность производства говядины.

Необходимо отметить, что предложенные за рубежом системы протеинового и аминокислотного питания также далеки от совершенства и широкого практического использования при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота. В частности, одним из их недостатков является малоэффективная увязка между собой двух основных параметров питания жвачных животных – протеинового и энергетического.

В целях решения данной проблемы в институте проводятся физиологические исследования на животных с использованием современных физиологических и биохимических методов, включая определение концентрации гормонов и метаболитов, активности ферментов в органах и тканях, проведение балансовых опытов для оценки потребления, переваривания и использования питательных веществ корма на биосинтез компонентов мяса.

Опыты проведены на растущем и откармливаемом молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой и холмогорской пород при изменении условий питания (уровень кормления, качество протеина и крахмала корма, кратность кормления). Исследования

выполнены методом групп и периодов. Содержание животных привязное, кормление индивидуальное по детализированным нормам (Нормы и рационы ..., 2003). В большинстве опытов рационы для бычков состояли из злакового сена, силоса разнотравного и комбикорма в количестве от 40 до 55 % по обменной энергии.

Изучение проблемы питания бычков при интенсивном выращивании их на мясо в первую очередь было направлено на совершенствование системы протеинового питания

Потребности тканей в аминокислотах у жвачных животных, как и у моногастричных являются одинаковыми и их поступление в метаболический фонд происходит, главным образом, в результате всасывания аминокислот в тонком кишечнике. Существуют две системы, обеспечивающие использование протеинов на этом уровне:

- 1.Прямой распад кормовых белков в кишечнике, например, как у моногастричных.
- 2.Посредством ферментации микрофлорой рубца. В этом случае протеины и азотистые вещества, потребляемые животным, перерабатываются микрофлорой рубца, которая их преобразует в аммиак и в дальнейшем синтезирует из него собственные белки, которые поступают в тонкий кишечник, ферментируются там и всасываются в виде аминокислот.

Таким образом, на уровне тонкого кишечника у животных существует два источника аминокислот: белки кормового происхождения и белки микробного происхождения.

Для устранения недостатков системы общего и переваримого протеина, группа американских ученых во главе с Барроузом (Burroughs) в 1976 году предложила новую систему для определения протеиновой потребности и ценности различных кормов для крупного рогатого скота - систему обменного протеина и обменных аминокислот, а так же потенциала ферментации мочевины (1,2, 6). Только с позиций новой системы можно было установить различия в ценности различных протеинов для жвачных и прогнозировать эффективность использования мочевины и других протеиновых добавок крупному рогатому скоту.

Термин «обменный протеин» авторы новой системы использовали по аналогии с обменной энергией. Он обозначает ту часть принятого сырого протеина рациона, которая в виде аминокислот всасывается из 12-перстной кишки и идет непосредственно на удовлетворение потребности тканей животного в аминокислотах. Обменный протеин включает протеин корма, избежавший распада в рубце и синтезированный в рубце микробиальный белок. В дальнейшем были проведены многочисленные исследования по данному направлению протеинового питания жвачных животных, которые были реализованы в современных системах питания в Америке и Европе: например, система питания молочного скота (NRC 2001), система питания мясного скота (NRC 2000). Эти системы были разработаны с использованием факториального метода.

До 1984 года в США в системах питания бычков, выращиваемых на мясо потребность в протеине выражали в терминах сырого протеина (NRC 1984). В 1985 в результате проведенных исследований было подготовлено убедительное обоснование целесообразности рассчитывать потребность в белке для бычков в терминах поглощенного (обменного) протеина. Это положение в дальнейшем было принято к действию (NRC 1989).

Необходимо отметить, что предложенные за рубежом системы протеинового и аминокислотного питания также далеки от совершенства. В частности, одним из их недостатков является малоэффективная увязка между собой двух основных параметров питания жвачных животных – протеинового и энергетического. Поэтому за рубежом продолжают проводить фундаментальные исследования в целях совершенствования системы

протеинового питания жвачных животных. Для подтверждения изложенного отметим следующий факт. В 2007 году компанией «Оллтек Россия» при участии ведущих ученых ВГНИИЖ был подготовлен перевод и изданы «Нормы потребностей молочного скота в питательных веществах в США» - седьмое издание 2001 года, в которых изложены теоретическое обоснование и практические способы нормирования питания молочного скота и, в том числе, описана последняя версия системы протеинового питания коров. ВНИИФБиП в 2008 году подготовил и издал практические рекомендации: «Организация научно обоснованного кормления высокопродуктивного молочного скота», в которых изложены современные подходы к системе питания жвачных животных и, в том числе, к системе протеинового питания молочного скота. В предисловии к русскому изданию академик Фисинин В.И., первый вице-президент РАСХН, убедительно показал актуальность, научную и практическую значимость данной работы для дальнейшего совершенствования системы протеинового питания высокопродуктивного молочного скота в нашей стране.

К сожалению, в нашей стране отсутствуют аналогичные работы по протеиновому питанию крупного рогатого скота при интенсивном выращивании на мясо. В 2003 году в 3-ем издании справочного руководства «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» под редакцией А.П.Калашникова, В.И.Фисинина, В.В.Щеглова и Н.И.Клейменова впервые в нашей стране было предложено нормировать в рационе бычков, выращиваемых на мясо, количество распадаемого и нераспадаемого протеина.

Однако, нормы распадаемого и нераспадаемого протеина для бычков, представленные в этом руководстве, преимущественно были основаны на зарубежных данных, которые не отражают полностью химический состав кормов и структуру рационов, применяемых при выращивании и откорме бычков в большинстве хозяйств нашей страны. При этом в справочном руководстве не приводится система расчета поступления аминокислот из пищеварительной системы в метаболический фонд организма при данных условиях питания. Поэтому по этим нормам кормления нельзя рассчитать обеспеченность животных в аминокислотах. **Следовательно, данное справочное руководство также предусматривает нормировать протеиновое питание бычков также по уровню общего (сырого, СП) и переваримого протеина (ПП).**

На основании исследований, проведенных во ВНИИФБиП, в 2005 году были разработаны и изданы методические рекомендации: «Уточненные нормы потребности в энергии и протеине для бычков при интенсивном выращивании и откорме», в которых были представлены нормы распадаемого и нераспадаемого протеина для бычков, выращиваемых на мясо. Предполагалось, что эти данные могут быть использованы при подготовке новой редакции справочного руководства «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных».

Поглощенный (обменный) протеин (ОП) стал синонимом метаболизированному протеину (МП), а системы питания мясного скота стали рассчитывать величину деградации протеина в рубце и разделять потребности в протеине для микроорганизмов в пищеварительной системе и потребности организма животного.

Протеин у жвачных, как известно, выполняет две функции:
-распавшаяся в рубце часть протеина корма удовлетворяет потребность рубцовых бактерий в аммиаке, являющемся для них основным источником азотистого питания;

- **уцелевшая от распада часть протеина** и белок бактерий, синтезированный в рубце, обеспечивают животных аминокислотами после всасывания их из кишечника.

Мочевина может выполнять только первую функцию, выделяя аммиак и создавая оптимальные условия для роста бактерий рубца. В среднем 5 мг/100 мл минимальный уровень аммиака в рубце, необходимый для поддержания оптимального синтеза бактериального белка.

Аминокислоты, поступившие в метаболический фонд после всасывания из кишечника, обеспечивают основные физиологические потребности организма животных: потребность в обменном протеине для поддержания и потребность для продукции. Потребность для поддержания состоит из эндогенного азота мочи, азота перхоти (кожи, секретиции кожи и волоса) и обменного фекального азота.

Есть в основном две причины для обоснования необходимости использовать систему ОП, а не систему СП.

1. Прежде всего, можно с достаточной точностью рассчитать количественные параметры двух основных компонентов системы ОП:

а) количество синтезированного бактериального (микробного) сырого протеина (БСП);

б) количество белка корма нераспавшегося в рубце, но поглощенного из кишечника (НРПК). Эти данные позволяют более точно предсказать ОП, чем это было в системе питания (NRC 1984).

2. Система сырого протеина (СП; NRC 1984) основана на неверном предположении, что у всех кормов есть равная степень деградации белка в рубце. В результате этого считали, что СП преобразуется в ОП с равной эффективностью на всех рационах. Переход от системы СП до системы ОП был адаптирован в системе питания молочного скота в США в 1989 году.

В нашей стране отсутствует справочное руководство по новой системе протеинового питания бычков, выращиваемых на мясо. Обычно все системы питания животных включают следующие разделы (Калашников др., 2003):

1. Биологическое обоснование параметров для оценки кормов в рационе;
2. Методы оценки кормов и система расчета показателей, по которым контролируют обеспеченность животного в нормируемом показателе;
3. Биологическое обоснование потребности животного в нормируемом показателе;
4. Зоотехническое и физиолого-биохимическое обоснование эффективности системы питания.

В связи с тем, планировалось издать принципиально новую систему протеинового питания крупного рогатого скота, выращиваемого на мясо.

В институте проводятся физиологические исследования на бычках молочных и мясных пород с использованием современных физиологических и биохимических методов, включая проведение балансовых опытов, по следующим составным блокам системы питания:

1. Исследование пищеварительной системы и разработка на этой основе системы количественной оценки поступления в метаболический фонд организма животных метаболитов протеинового, углеводного и липидного обмена. Планируется подготовить систему расчетов метаболических потоков и разработать биологическое обоснование целесо-

образности использования необходимых критериев для характеристики кормов и рационов

2. Изучение связи между протеиновым и энергетическим питанием бычков. Планируется определить количественные параметры между уровнем обменного протеина и эффективностью использования обменной энергии на прирост массы тела бычков.

3. Изучение зоотехнических, физиологических и биохимических показателей в целях характеристики эффективности использования обменного протеина и других питательных веществ корма на биосинтез компонентов мяса, качество говядины и здоровье животных, включая функциональное состояние эндокринной и иммунной систем, обеспеченность животных витаминами.

Специальная терминология, принятая в системе протеинового питания крупного рогатого скота (понятия, определения, сокращения).

Распадаемость (расщепляемость, разрушаемость, деградируемость) характеризует свойство кормового протеина превращаться в преджелудках под действием рубцовой микрофлоры в аммиак. Количественно этот показатель выражают в процентах поступления нераспавшегося кормового протеина в кишечник от принятого. Таким образом доля растворимого протеина входит в состав распадаемого протеина. Растворимость протеина в известной степени определяет величину и скорость его распада, но это лишь одно из свойств, обуславливающих распадаемость протеина и эффективное использование азота и аминокислот животными. Степень распадаемости протеина кормов определяется его составом, ферментативной активностью микрофлоры и скоростью эвакуации кормовых частиц из преджелудков.

Сырой протеин (СП) – количество протеина в корме или рационе, определяемое по величине общего азота, умноженной на постоянный коэффициент 6,25:

$$СП_{г} = N_{г} \times 6,25.$$

Переваримый протеин (ПП) – переваримая часть сырого протеина корма или рациона, представляет разность между сырым протеином съеденного корма (СП корма) и сырым протеином выделенного кала (СП кала):

$$ПП = СП_{корма} - СП_{кала}.$$

Сухое вещество (СВ). Под этим понятием имеется в виду абсолютно сухое вещество кормов или рационов.

Обменная энергия (ОЭ) или доступная для использования животными энергия корма или рациона, которая представляет часть общей (валовой) энергии (ВЭ) корма или рациона, остающаяся в организме животного после переваривания и образования мочи. Энергия мочи (Эм). Энергия пищеварительных газов, в основном метана - энергия пищеварительных газов (Эпг). $ОЭ = ВЭ - Эм - Эпг$

Энергия выражается в Джоулях или калориях.

$$1 \text{ калория} = 4,185 \text{ Джоуля}; 1 \text{ Джоуль} = 0,239 \text{ калории}.$$

Метаболизированный или обменный протеин (ОП) – это чистый, истинный белок, ферментированный в кишечнике и поступивший в метаболизированный фонд организма после всасывания из кишечника в виде аминокислот. Он состоит из микробного белка и поглощенного белка корма нераспавшегося в рубце (НРПК).

Методы прогнозирования поступления аминокислот в метаболический фонд бычков при их интенсивном выращивании и откорме

Д.б.н., профессор Харитонов Е.Л.

Современные технологии животноводства требуют применения новых физиологически адекватных и экономически обоснованных систем кормления сельскохозяйственных животных. Также как и у других видов животных основным местом усвоения белка и аминокислот у жвачных, является тонкий кишечник. В то же время своеобразие микробиологических процессов в сложном желудке жвачных, оказывает решающее влияние на обеспеченность их организма белком и аминокислотами. Главной особенностью протеинового питания жвачных является то, что большая часть кормовых азотистых соединений (в том числе белков) в рубце разрушаются рубцовой микрофлорой до аммиака, а затем вновь только образуются уже специфические аминокислоты и белки самих микроорганизмов. Таким образом, источниками протеина и аминокислот служат кормовые белки, избежавшие распада в рубце и достигающие кишечника, а также вновь синтезированный микробный белок. Задачей сбалансированного кормления является обеспечение максимально эффективного микробного синтеза за счет менее ценных кормовых белков, а наиболее ценные кормовые белки напрямую направить в кишечник. Поэтому протеиновая потребность обеспечивается за счет протеина, который поступает из сложного желудка в кишечник, и там переваривается и всасывается. Снабжение аминокислотами организма жвачных зависит от количества, состава и переваримости той части кормового протеина, которая избегает распада в рубце, и от уровня синтеза микробного протеина в преджелудках.

На распадаемость кормового протеина в преджелудках и на интенсивность процессов синтеза микробного белка оказывает влияние количество кормового протеина, химический состав и физические свойства кормов, наличие в рационе достаточного количества легкодоступных источников энергии.

Нормирование рационов только по содержанию в кормах сырого и переваримого протеина, без учета его качества и уровня ферментативных процессов в преджелудках, часто приводит к перерасходу кормового протеина, недополучению и удорожанию продукции, нарушению обмена веществ. Особую значимость эти вопросы приобретают в кормлении высокопродуктивных коров.

Поскольку синтез микробного белка в рубце ограничен, у таких животных он может обеспечить 40-50% потребности, а остальное количество белка должно поступать с кормом, избегая распада в рубце. К тому же микробный синтез белка сопровождается значительными потерями азотистых веществ, которые не просто всасываются и выводятся с мочой, но и требуют дополнительного расхода энергии для обеспечения этих процессов. Достичь этого можно подбором кормов, протеин которых устойчив к распаду в рубце, а так же обработкой корма физическими или химическими способами с целью "защиты" протеина. Поэтому оптимизация протеинового питания жвачных животных базируется на создании условий для эффективного синтеза микробного белка в преджелудках и максимального поступления полноценного кормового белка в тонкий кишечник.

Эти основные принципы положены в основу рекомендаций по протеиновому питанию молочных коров, согласно которому нормируется не только количество сырого протеина в рационе, но и обязательно его качественный показатель - степень распадаемости в рубце. Принципиальным моментом является также нормирование распадаемого кормового протеина, доступного для переваривания в тонком кишечнике.

На основании физиолого-биохимических исследований, проведенных во ВНИИФ-БиП с.-х. животных в предыдущие годы, установлено, что нормирование протеинового питания должно основываться на прогнозе поступления в метаболический фонд организма аминокислот определенного состава. От сбалансированности аминокислотной смеси зависит, как эффективность синтеза белков молока, так и их валовое количество. Уста-

новлены ряд критериев, служащих основой для создания физиологически обоснованных рационов и рецептов комбикормов.

Суть этих критериев заключается в регламентировании количественного соотношения переваривания протеина корма в преджелудках и кишечнике. В результате такого подхода к нормированию питания возможно обеспечивать всасывание в кровь определенного набора конечных продуктов переваривания белков- аминокислот обеспечивающего эффективное использование их на продуктивные цели.

В настоящее время исследованиями в области физиологии и биохимии жвачных животных получены обширные научные данные, позволяющие сформулировать новые концепции оценки и нормирования протеинового питания для этой важнейшей группы животных.

Сложность и своеобразие микробиологических процессов в желудке жвачных оказывает решающее влияние на обеспеченность их организма белком и аминокислотами. Основным местом усвоения белка и аминокислот у жвачных, также как и у других видов животных, является тонкий кишечник. Поэтому потребность в них обеспечивается тем протеином, который поступает из сложного желудка в кишечник, где переваривается и всасывается. Снабжение аминокислотами организма жвачных зависит от количества, состава и переваримости той части кормового протеина, которая избегает распада в рубце, и от уровня синтеза микробного протеина в преджелудках. На распадаемость кормового протеина в преджелудках и на интенсивность процессов синтеза микробного белка оказывает влияние количество и физические свойства кормового протеина, его химический состав и наличие в рационе достаточного количества легкодоступных источников энергии.

Применяемые в нашей стране нормы кормления и оценки протеина рационов до последнего времени не учитывали в полной мере особенности физиологии жвачных. Нормирование рационов только по содержанию в кормах сырого и переваримого протеина, без учета его физико-химических характеристик и ферментативных процессов в преджелудках, приводит к перерасходу кормового протеина, недополучению и удорожанию продукции и нарушениям обмена веществ. Особую важность эти вопросы приобретают в нормировании кормления высокопродуктивных коров. Синтез микробного белка в рубце у таких животных может обеспечить лишь 40-50% их потребности, а остальное количество белка должно поступать с кормом, при условии защиты его от распада в преджелудках. Достичь этого можно подбором кормов, протеин которых устойчив к распаду в рубце, а также обработкой корма физическими и химическими способами. Исходя из этого, оптимизация протеинового питания жвачных животных базируется на двух основных принципах: на создании условий для эффективного синтеза микробного белка и для максимального поступления полноценного кормового белка в тонкий кишечник.

Эти основные принципы положены в основу настоящих рекомендаций по оценке протеиновой питательности кормов и использованию различных методов воздействия на этот показатель. Нормирование исходит из содержания сырого протеина в рационе при обязательном учете качественного его показателя - распадаемости протеина в рубце. Нормируются, таким образом, количества распадаемого кормового протеина и нераспадаемого, доступного для переваривания в тонком кишечнике.

Синтез микробного белка в преджелудках

Для оценки обеспеченности белком жвачных животных важное значение имеет количество синтезируемого в преджелудках микробиального белка и его поступление в кишечник. Эффективность синтеза микробного белка зависит от ряда факторов, главными из которых являются обеспечение микрофлоры легкодоступной энергией и азотом.

Потребность микрофлоры в азоте удовлетворяется за счет распадаемого в рубце кормового протеина и эндогенного азота (в основном мочевины), поступающего в рубец со

слиюной и из крови. Как правило, большинство отечественных типовых рационов в полной мере, и даже с избытком, обеспечивают микрофлору доступным азотом. Избыток небелкового азота и легкораспадаемого протеина не нарушают процесс синтеза микробного белка, но образующееся при этом большее, чем требуется микроорганизмам, количество аммиака приводит к его потере и перерасходу кормового протеина. Недостаток азота микроорганизмы рубца могут испытывать при содержании кормового азота в сухом веществе рациона менее 9%, что в практических условиях бывает очень редко. Для расчета общего количества сырого протеина в рационе необходимо знать количество распадаемого протеина в корме. За оптимальное количество распадаемого протеина принимается то его количество, которое на 80% превращается в микробный протеин.

Источником энергии для синтеза микробного белка является переваримое органическое вещество в рубце (ПОВР). Сюда входят переваримые в рубце углеводы и безазотистые компоненты распавшегося кормового протеина. Количество переваримых в рубце веществ связано с потреблением обменной энергии с рационом. Выход микробного сырого протеина в граммах можно рассчитать, умножив потребность животного в обменной энергии (ОЭ, МДж/сут) на коэффициент 7,16, исходя из того, что на синтез 7,16 г микробного сырого протеина затрачивается 1 МДж обменной энергии.

Микробный протеин состоит из истинного микробного белка и небелкового азота. Содержание истинного белка в биомассе бактерий и простейших составляет 80%. Микробный протеин становится доступным для животного после переваривания в тонком кишечнике. Средняя переваримость бактериального протеина и протеина простейших равняется 80%.

Распадаемость кормового протеина в преджелудках

Физиологическое обоснование расчета поступления из пищеварительного тракта обменного белка и отдельных аминокислот

Расчет поступления в кишечник протеина

В соответствии с современными принципами оценки протеиновой и аминокислотной питательности кормов для жвачных животных, основополагающими показателями в системах протеинового питания являются растворимость и распадаемость протеина, которые характеризуют процессы превращения кормовых белков в рубце жвачных. Многочисленные исследования убедительно показали, что эффективность использования протеина корма в значительной степени определяется степенью его распада в преджелудках и уровнем поступления в кишечник (Уилсон П.Н., 1983; Хагемейстер Х., 1980).

Растворимость – физико-химическое свойство протеина корма, которое характеризуется долей протеина, переходящего в растворимое состояние под действием рубцовой жидкости или буферных растворов, имитирующих ее (Биологическая полноценность кормов, 1989). Обычно растворимость выражают в процентах от общего содержания сырого протеина в корме.

Под распадаемостью (расщепляемостью, деградируемостью, разрушаемостью) следует понимать свойство кормового протеина превращаться в преджелудках под действием рубцовой микрофлоры в аммиак и аминокислоты. При расчете поступления нераспавшегося кормового протеина в кишечник из общего количества сырого протеина вычитают величину распадаемого протеина, выраженного в процентах от принятого. Таким образом, доля растворимого протеина входит в состав распадаемого протеина. Растворимость протеина в известной степени определяет величину и скорость его распада, но это лишь одно из свойств, обуславливающих распадаемость протеина и эффективное использование азота и аминокислот животными. Распадаемость протеина кормов определяется его составом, ферментативной активностью микрофлоры и скоростью эвакуации кормовых частиц из преджелудков.

На Международном симпозиуме по проблеме распадаемости протеина было принято характеризовать его по способности к распаду следующей схемой (Alderman G, 1986):

«а» – растворимая фракция (распадается очень быстро);

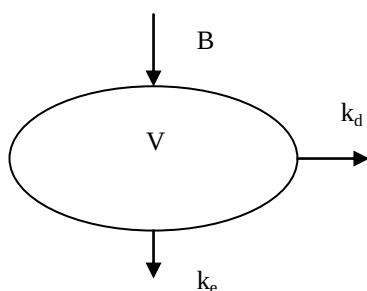
«в» – собственно распадаемая часть (распадается за определенный период времени)

и

«d» - недоступная для распада часть протеина, т.е. $d = 100\% - a - в$.

Фракция «в» характеризуется определенной скоростью распада, которая для всех кормов разная. Сумма а+в выражает потенциальную возможность протеина к распаду, т.е. указывает на возможность подобрать такие условия, при которых весь протеин, способный к распаду, будет разрушен. Таким образом, фракцию «в» следует называть нерастворимой распадаемой фракцией, а сумму а+в – потенциально распадаемой.

Для отдельных целей, например, для оценки эффективности обработки протеина с целью его защиты, бывает достаточным измерить исчезновение азота из мешочка, инкубированного в рубцовой среде, за определенный промежуток времени. Но полученные в таких опытах показатели, относящиеся к определенному значению времени инкубации (условные показатели), не следует путать с показателями фактической распадаемости в рубце, что часто происходит. Процентную величину исчезновения азота во время инкубации за определенный промежуток времени называют условной распадаемостью, а действительная или эффективная распадаемость или просто распадаемость – это количество протеина корма, выраженное в процентах от принятого, которое не достигает кишечника. Процесс распада нерастворимого протеина в рубце может быть представлен следующей простой схемой:



где B – скорость поступления нерастворимого распадаемого протеина корма, г/сут; k_d - относительная скорость (константа скорости) распада протеина (сут^{-1}); k_e – относительная скорость (константа скорости) эвакуации протеина из рубца (сут^{-1}); V – объем содержимого рубца, л.

В стационарном состоянии поступление в рубец равно суммарному исчезновению по пути эвакуации и протеолиза. Предполагается, что скорость протеолиза пропорциональна концентрации нерастворимого протеина в рубцовом содержимом (с коэффициентом пропорциональности k_d) и объему содержимого, а скорость эвакуации пропорциональна концентрации этой фракции протеина (с коэффициентом пропорциональности k_e) и объему содержимого:

$$B = c k_d V + c k_e V \quad (1)$$

Это соотношение можно преобразовать так:

$$B = c V (k_d + k_e), \quad (2)$$

откуда

$$c = \frac{B}{V(k_d + k_e)}, \quad (3)$$

общая скорость распада протеина:

$$ck_d V = \frac{Bk_d}{k_d + k_e} \quad (4)$$

и общая скорость поступления нераспавшегося протеина в кишечник:

$$ck_e V = \frac{Bk_e}{k_d + k_e} \quad (5)$$

При оценке питательности рациона скорость распада и эвакуации распадаемого протеина обычно выражают в процентах к общему потреблению сырого протеина, при этом учитывают вклад растворимого (быстрораспадающегося протеина) и константы скорости выражают в единицах час⁻¹:

$$p = a + \frac{bc}{c + k}, \quad (6)$$

где p – распадаемость сырого протеина (СП), %, a – растворимая часть протеина корма (%), b – нерастворимая распадаемая часть (%), c – относительная скорость (константа скорости) распада фракции «в», час⁻¹, k – относительная скорость эвакуации частиц корма из рубца, час⁻¹ (Ерсков Э.Р., 1983, Orskov E.R., 1979).

Только определив все четыре переменные, можно рассчитать действительную распадаемость протеина данного корма на данном рационе. Растворимость сырого протеина корма в рубце – это суммарный показатель, характеризующий растворимость азотсодержащих веществ в жидком содержимом преджелудков.

Определение скорости распада и растворимости протеина in vivo. Принцип метода заключается в экстраполяции кривой исчезновения протеина корма из мешочка, инкубируемого в рубце, к нулевому моменту времени. Инкубацию образцов корма проводят в мешочках из синтетической ткани в течение 2, 4, 8, 16 и 24 ч. Подготовка проб, характеристика мешочков и животных описаны подробнее в разделе, посвященном определению относительной распадаемости. В остатках кормов после инкубации определяют содержание азота по Кьельдалю. Количество азота в остатках корма, соответствующее моменту времени t , соотносят с количеством азота в кормах до инкубации:

$$p(t) = \left(1 - \frac{\text{азот остатка корма, мг}}{\text{азот корма до инкубации, мг}}\right) \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $p(t)$ – исчезновение протеина корма из мешочка за время t .

Скорость протеолиза пропорциональна концентрации его в мешочке и объему мешочка (т.е. общему содержанию протеина в данный момент времени), поэтому динамика его распада подчиняется экспоненциальной зависимости, в которой показателем является произведение константы скорости распада на время, а динамика объема распавшегося протеина в мешочках (в процентах к исходному содержанию) при инкубации описывается выражением:

$$p(t) = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (8)$$

где a – растворимая часть, %, b – нерастворимая распадаемая часть, %, e – основание натуральных логарифмов (2,72), c – константа скорости распада фракции «в», час⁻¹, t – время инкубации, час.

Показатель « a » можно найти графически, построив зависимость содержания в мешочках сырого протеина $P(t)$ в логарифмическом масштабе ($\ln P$ или $2,3 \lg P$). Если используются данные по общему содержанию сырого протеина в мешочках, расчетная формула имеет такой вид:

$$P(t) = a + b(e^{-ct}) \quad (9)$$

Наклон прямой на логарифмическом графике (tg угла наклона к оси абсцисс) равен показателю c . Прямую необходимо экстраполировать до пересечения с осью ординат. Если точка пересечения соответствует значению f , то величину a можно определить, взяв антилогарифм величины $(\ln P - \ln f)$.

Для некоторых кормов зависимость содержания в мешочках сырого протеина от времени может иметь более сложный вид:

$$P(t) = a + b(e^{-ct}) + d \quad (10)$$

т.е. она включает в себя недоступную для распада долю сырого протеина, d . Для нахождения четырех неизвестных величин по такому опытному графику необходимо обратиться к специальным методам нелинейного оценивания (с использованием вычислительных процедур градиентного спуска). Динамика снижения содержания в мешочках сырого протеина иногда может иметь два экспоненциальных члена, что означает наличие двух фракций нерастворимого протеина, распадающихся с неодинаковой скоростью. Кроме того, для некоторых кормов распад протеина начинается не сразу после помещения мешочка в рубец, а спустя некоторое время (лаг-период L). В этих случаях в аппроксимирующей формуле вместо t необходимо использовать величину $(t - L)$. Фракционный состав части изученных кормов представлен в таблице 1.

Таблица 1 Характеристика протеина кормов с позиций распадаемости

Корм	Растворимая фракция протеина (А),%	Распадаемая фракция протеина (В),%	Недоступная часть, 100-(А+В)	Скорость распада фракции В, (С) ед./час
пшеница	25	70	5	0,13
ячмень	15	80	5	0,07
кукуруза	15	75	10	0,025
Овес	31	62	7	0,290
соевый шрот тостированный	20	75	5	0,025
соевый шрот нетостированный	20	75	5	0,042
подсолн. шрот	45	50	5	0,14
горох	40	55	5	0,10
кормовые бобы	10	85	5	0,18
рапс	35	60	5	0,05
Сено клеверотимофеечное	10	60	30	0,027
Сено разнотравное	15	45	40	0,070
Солома ячменная	5	60	35	0,080
Средняя ошибка	2	2,5	0,78	0,002

Определение растворимости in vitro (Методические указания, 1987). Метод применяется в том случае, если задачи исследователя ограничиваются этим показателем или исследуются корма с заранее известной кривой распада и полной характеристики протеи-

на не требуется. Сущность метода заключается в обработке образцов корма буферным раствором, близким по химическому составу к рубцовой жидкости, с последующим удалением раствора и определением содержания нерастворимого азота. Растворимость сырого протеина определяют расчетным путем по содержанию азота в испытуемой пробе до и после обработки ее буферным раствором.

Буферный раствор Мак-Даугала в 1 л содержит: 9,8 г натрия углекислого кислого; 0,037 г калия хлористого; 9,3 г натрия фосфорнокислого двузамещенного; 0,04 г хлористого кальция, 0,47 г хлористого натрия; 0,12 г сернокислого магния. Полученный раствор доводят до pH 6,5.

Сухие корма измельчают на мельнице, снабженной ситами с отверстиями 1,5 – 2,5 мм. Зеленые корма, силос, сенаж измельчают ножницами на отрезки длиной не более 3 мм.

В коническую колбу на 250 мл помещают подготовленный корм в количестве эквивалентном 50 мг азота и заливают 200 мл нагретого до 40° С буферного раствора. На водяной бане со слабым перемешиванием колбу выдерживают 1 ч, затем фильтруют через бумажный фильтр и определяют содержание азота по Кьельдалю в фильтрате или осадке на фильтре. В случае определения в фильтрате, содержимое колбы Кьельдаля предварительно, перед добавлением серной кислоты, выпаривают при слабом нагревании для предотвращения выплескивания. Определение проводят не менее чем в трех повторностях.

Определять растворимость можно в толстостенной пробирке на 15 мл, в которую помещают навеску 100 мг и добавляют 8 – 10 мл буфера. Пробирки закрывают пробками и в горизонтальном положении помещают в биологический шкаф со встряхивающим аппаратом (Биологическая полноценность кормов, 1989).

При определении растворимости сырого протеина все расчеты необходимо проводить исходя из количества азота в пробе до инкубации и после нее по одной из формул:

$$\text{Растворимость (\%)} = \frac{\text{Азот фильтрата, мг}}{\text{Азот корма, мг}} \cdot 100 \quad (11)$$

$$\text{Растворимость (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Азот осадка, мг}}{\text{Азот корма, мг}}\right) \cdot 100 \quad (12)$$

Определение условной распадаемости протеина in vitro. Условную распадаемость протеина можно определять в аппаратах «искусственный рубец» или непосредственно в рубце животных. Для исследования физиологических процессов, протекающих *in vivo*, второе предпочтительнее, тогда как при решении вопросов технологии производства кормов, сортовых испытаний и массовых анализов по производительности и простоте больше подходит первый вариант.

Техника определения условной распадаемости в рубце животных (Методические указания, 1987). Принцип метода заключается в инкубировании кормов, помещенных в мешочек из синтетической ткани, в рубце животных. Пробы корма выдерживают в рубце в течение установленных периодов времени и затем определяют процентную убыль азота.

Для проведения исследований требуются животные с канюлями рубца диаметром не менее 4,5 см. Подготовка проб к инкубированию требует особой тщательности. Наиболее стабильные результаты получают при использовании мельниц со встроенными ситами с размером ячеек 1,5 – 2,5 мм. Весь полученный материал после помола в количестве 3 г помещают в мешочек. При использовании мельниц без сит после помола отсеивают частицы размером более 2,5 мм и менее 0,25 мм. Зеленые корма, сено, солому предварительно измельчают ножницами. Зеленый корм, сенаж и силос с размером частиц не более 5 мм сразу помещают в мешочек, а сено и солому после измельчения пропускают через мельницу.

Для инкубирования применяют мешочки из синтетической ткани с калиброванным размером пор в пределах 35 – 50 мкм (артикул 56159 и 56326). Мешочки готовят прямоугольной формы, заплавленными или сшитыми двойным плотным стежком. Отношение длины к ширине должно составлять 1,5×1,0. Отношение массы пробы к общей площади мешочка должно составлять 10 – 15 мг на 1 см². Обычно при навеске 3 г используют мешочки размером 5×11 см.

Предварительно высушенные, взвешенные и пронумерованные мешочки с помещенными в них образцами туго завязывают прочной лавсановой нитью и помещают во время кормления через фистулу в рубец животных. Для этого можно использовать гибкий шланг, с помощью которого мешочки проталкивают через рубцовое содержимое в среднюю часть рубца. В рубце овец можно одновременно инкубировать до 6 мешочков на нити длиной 65 – 70 см, а у крупного рогатого скота - до 20 мешочков на нити длиной 75 – 90 см.

Для получения воспроизводимых результатов в сравнительном аспекте, тестирования кормов по распадаемости, определении недоступной и распадаемой части протеина лучше проводить определения на животных, содержащихся в стандартных условиях. Уровень кормления должен быть поддерживающим + 5%, кормление двухразовое с минимальным интервалом 8 ч. Рацион должен состоять из равных частей злакового сена и концентратов (по сухому веществу). Концентраты должны содержать не менее трех источников протеина. Общее содержание сырого протеина – не менее 13%.

В рубце мешочки выдерживают определенное время – концентраты обычно не менее 8 ч, грубые корма - не менее 24 ч. По истечении срока инкубации мешочки извлекают, промывают под слабой струей водопроводной воды до чистой воды, а затем однократно в дистиллированной воде. Мешочки подсушивают на фильтровальной бумаге, а затем доводят в сушильном шкафу при 65°C до постоянного веса. Высушенные мешочки взвешивают, тщательно перемешивают их содержимое и берут навеску массой 500 мг для определения содержания азота в сухом веществе остатка.

$$\text{Условная распадаемость} = \left(\frac{\text{Азот остатка корма, мг}}{\text{Азот корма, мг}} \right) 100\% \quad (13)$$

Определение условной распадаемости в аппарате «искусственный рубец». Принцип метода заключается в инкубации образцов корма в мешочках из синтетической ткани в условиях, имитирующих рубцовую среду (Методические указания, 1987). Принципиальных отличий в подготовке проб к инкубации в «искусственном рубце» и рубце животных нет. В аппарат заливают 700 мл профильтрованной через четыре слоя марли рубцовой жидкости и 2800 мл буфера Мак-Даугала. Проводят инкубацию при 39°C в течение определенного времени. Для концентратов и белковых кормов достаточно 6 – 8 ч, для грубых – 24 ч. По истечении срока инкубации мешочки извлекают и промывают под струей воды до чистых промывочных вод. Высушивают при 65°C и, зная массу мешочка до инкубации, вычисляют массу пробы после инкубации. В остатках кормов определяют азот по Кьельдалю. Условную распадаемость определяют по вышеприведенной формуле.

Определение распадаемой части сырого протеина. Распадаемая часть СП – это протеин корма за вычетом растворимой и недоступной части. Для его определения образцы корма в рубце инкубируют в течение определенного времени – концентраты 24 ч, грубые корма – 48 ч. Азот, оставшийся в кормах, представляет собой недоступную часть сырого протеина.

Определение скорости распада нерастворимой распадаемой части сырого протеина. Для этого проводят инкубацию в течение 2, 4, 8, 16, 24 ч для концентратов и 8, 16, 24 и

48 ч для грубых кормов. В этом случае проводить определение растворимого и недоступного азота не нужно.

Доля распавшегося протеина корма в мешочках при инкубации их в рубце в зависимости от времени описывается соотношением (8).

При исследовании кормов с известными свойствами эту процедуру можно упростить. Для этого проводят определение растворимости *in vitro*, а распадаемость определяют за 8 и 24 ч для концентратов и 24 и 48 ч для грубых кормов. Относительную скорость (константу скорости) распада рассчитывают по формуле:

$$c \text{ (\%/ч)} = (\lg ((a + b - p)/b) \cdot 100) / 0,43 t, \quad (14)$$

где p - распадаемость СП (%) за время t (ч).

Определение эффективной распадаемости сырого протеина отдельных кормов. Эффективная распадаемость СП кормов – это процентное выражение доли протеина, которая распадается за время пребывания корма в преджелудках. Для ее определения применяется расчетный метод, описанный выше. Скорость эвакуации определяется методами, описанными в работе (Методы исследования питания, 1998) в разделе «Использование инертных индикаторов» (гл. 1). Например, требуется определить действительную распадаемость СП кукурузы в рубце у животного, содержащегося на определенном рационе. Для этого необходимо получить все характеристики распадаемости и оценить скорость эвакуации частиц корма из преджелудков. Пусть для кукурузы они составили: $a - 20$, $b - 60$, $c - 2,2$, $k - 5,0$. Подставив все полученные значения в формулу (6), получаем эффективную распадаемость СП кукурузы, равную 38,3%. Это означает, что 61,7% СП кукурузы на данном рационе поступит в кишечник для переваривания.

Для расчета эффективной распадаемости СП кормов в рубце следует знать фракционный состав протеина (растворимый протеин, нерастворимый распадаемый протеин и недоступный протеин), относительную скорость распада нерастворимой распадаемой фракции и относительную скорость оттока кормовых частиц. Как показало сравнение различных методов определения распадаемости, применение табличных данных по условной распадаемости дает наименее сопоставимые результаты и не отражает динамику освобождения азотистых веществ при распаде. Так, при одинаковых показателях распадаемости протеина силоса (65%) и нетостированного соевого шрота (65%), динамика распада СП совершенно различна (растворимость СП силоса 50%, соевого шрота 15%), т.е. основная часть протеина силоса будет гидролизована за 1-2 часа, а протеин шрота будет освобождаться равномерно в течение 10-12 часов.

Косвенный метод определения эффективной распадаемости сырого протеина рациона. Кормовой азот, поступающий из преджелудков, рассчитывают по разнице общего азота химуса, аммонийного азота, микробного азота и эндогенных поступлений (Ерсков Э.Р., 1983). Для этого проводят суточные опыты по учету количества проходящего через двенадцатиперстную кишку химуса и отбирают средние пробы. При определении распадаемости протеина микробный азот лучше определять по пуриновым основаниям (Zinn R.A., 1986), т.к. определение по диаминопимелиновой кислоте не учитывает азот простейших (Харитонов Е.Л., 1989). Общий азот можно определять в нативном содержимом. Определение общего азота в сухой пробе более предпочтительно, но следует учитывать, что при высушивании может происходить частичная потеря азота аммиака. Во избежание этого пробу перед высушиванием закисляют. Кормовой нераспавшийся азот равен общему азоту химуса за вычетом аммонийного, микробного и эндогенного азота.

Расчет эндогенного азота наиболее труден. В случае расположения места учета химуса до впадения желчно-панкреатических протоков им пренебрегают, а после впадения – принимают за 10% от общего.

$$\text{Эффективная распадаемость(\%)} = \left(1 - \frac{\text{Нераспавшийся кормовой азот, г}}{\text{Азот кормов рациона, г}}\right) \cdot 100 \quad (15)$$

Определение микробного азота в дуоденальном содержимом по пуриновым основаниям (Zinn R.A., 1986). В настоящее время этот метод получил широкое распространение из-за довольно простого анализа и достаточной точности. Принцип метода заключается в определении пуриновых оснований нуклеиновых кислот микробного происхождения по спектру поглощения света пуриновыми кольцами при допущении, что кормовые пуриновые основания были разрушены в рубце.

Берут 0,5 г сухого образца химуса, помещают его в 25 мл пробирки с плотной крышкой и приливают 2,5 мл HClO_4 (70%). Выдерживают 1 ч при 90 – 95°C. После тщательного перемешивания добавляют 17,5 мл 0,0285 М раствора $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и выдерживают 10 - 15 мин при 90 – 95°C. Фильтруют через ватман №4. 0,5 мл фильтрата переносят в 15 мл центрифужные пробирки и добавляют 0,5 мл 0,4 М AgNO_3 и 9 мл 0,2 М буфера $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Выдерживают 30 мин в темноте.

Центрифугируют при 5000 g 15 мин и декантируют, не разбивая осадка. Промывают дистиллированной водой, закисленной до pH 2 (концентрированной серной кислотой). Проводят повторное центрифугирование при том же режиме и декантируют. К осадку добавляют 10 мл 0,5 н HCl , тщательно перемешивают, закупоривают пробками с каплеуловителями и выдерживают 30 мин при 90 – 95°C. Для полученного в течение 10 мин при 5000 g центрифугата определяют оптическую плотность на спектрофотометре при 260 нм. В качестве стандарта используют дрожжевую РНК (0,5 г), которую обрабатывают так же, как и образцы химуса и разводят 1:20 после выдержки с 0,5 н HCl . Расчеты ведут, исходя из 15%-ного содержания азота нуклеиновых кислот в микробной фракции и содержания азота в дрожжевой РНК.

Поступление микробной массы в кишечник может быть рассчитано косвенным путем на основе определения образования АТФ при ферментации в рубце. Этот показатель более точен по сравнению с определением по переваримому ОВ, т.к. при этом учитываются особенности ферментации, образования летучих жирных кислот (ЛЖК) и всасывания высших жирных кислот (ВЖК) (ферментации ВЖК в рубце не происходит). При этом расчеты генерации АТФ ведут на основе стехиометрических соотношений, принимая, что при образовании 1 моля ацетата синтезируется 2 моля АТФ, пропионата - 1 моль, а бутирата - 2 моля АТФ (Пиатковский Б., 1978). Сравнение различных методов (подробнее описанных во 2-й части) для определения скорости образования АТФ в рубце проведено в табл. 2. При этом величины общего образования и соотношения ЛЖК получены на основе данных о степени ферментации в рубце основных питательных веществ отдельных кормов, входящих в рацион (целлюлоза, гемицеллюлозы, сахара, крахмал, аминокислоты) и скорости оттока кормовых частиц (метод 1), по замеренной среднесуточной концентрации ЛЖК в рубце и их соотношению, замеренному объему рубцовой жидкости и скорости всасывания отдельных ЛЖК согласно модели Данфаера (Danfaer, 1990) (2-й метод), а также с использованием прямых данных о количестве ферментируемого ОВ и соотношению ЛЖК в рубце (3-й метод).

Как следует из результатов такого сравнения, все методы, вне зависимости от их сложности, дают сопоставимые результаты. Самым приемлемым для практических расчетов, не требующим никаких дополнительных измерений на животных, является метод, основанный только на данных о скорости ферментации углеводов и протеина отдельных кормов. Эти данные получают методом инкубации образцов кормов в рубце и характери-

стики распада вносят в банк данных по доступности кормов к перевариванию. Кроме данных по объему генерации АТФ в рубце, требуется оценить эффективность синтеза микробного белка, т.к. при различных условиях в рубце на моль АТФ может синтезироваться неодинаковое количество микробных клеток. Так, например, для эффективного микробного синтеза в рубце должна поддерживаться среднесуточная концентрация аммиака на уровне 14 мг/дл. При более низких концентрациях происходит снижение эффективности микробного синтеза, что нужно учитывать при расчете обеспеченности организма животного доступным белком.

Таблица 2. Образование ЛЖК (моль/сут) и генерация АТФ (моль/сут) в рубце коров при использовании различных методов расчета

Метод	ацетат	пропионат	бутират	АТФ
1) По распадаемости в рубце <i>in sacco</i>	54	15,98	10,8	145,58
2) По величине пула ЛЖК и скорости всасывания	54,67	17,2	10,1	146,7
3) По массе ферментируемого ОВ и соотношению ЛЖК	53,6	15,86	10,72	144,5

Характеристики распада протеина основных кормов, которые необходимы для расчета эффективной распадаемости СП, приведены в сборнике (Физиологические потребности., 2007).

Сравнение расчетного и прямого метода определения распадаемости протеина кормов рациона и синтеза микробного белка в опытах на коровах

Сравнение расчетного метода определения распадаемости как комбинации характеристик распадаемости питательных веществ отдельных кормов (гемицеллюлоз, целлюлозы, крахмала, сахара, протеина), входящих в рацион, и скорости эвакуации кормовых частиц из рубца с прямым методом оценки по балансу азотистых веществ на уровне 12-перстной кишки, проведено в опытах на коровах. Использовали 6 оперированных коров с фистулами рубца и канюлей на 12-ти перстной кишке. Рационы различались по соотношению кормов и составом комбикорма.

В конце каждого периода проводили балансовые опыты по общепринятой схеме. С помощью пищеводного зонда отбирали пробы содержимого рубца для исследований. Характеристики распада СП отдельных кормов получены методом *in sacco* на каждом рационе, скорость оттока кормовых частиц определена методом инертных индикаторов. Микробный азот в среднесуточных пробах дуоденального содержимого определен по пуриновым основаниям.

Как показано в таблице 3, распадаемость СП кормов рациона, определенная методом *in vivo*, т.е. по данным измерения поступления форм азота в кишечник, сопоставима с аналогичными данными, полученными на основе расчетов с учетом содержания фракций протеина, скорости распада нерастворимой распадаемой фракции и скорости оттока кормовых частиц из рубца.

Таблица 3 Поступление фракций азота в 12- перстную кишку

Показатель	Опыт	Расчет
Микробный азот, г (по пуринам)	145,3±2,34	159,3±1,89
Микробный азот, г (по АТФ)	151,7±3,14	160±2,69
Распадаемость СП рационов, % (по балансу азота)	61,1±1,88	71,4±2,56
Распадаемость СП рационов, % (с учетом данных по инкубации и эвакуации)	65,5±3,45	73,3±2,96

Аналогичный опыт проведен на двух группах коров (по 3 коровы в группе) с разным соотношением кормов и разным уровнем потребления, но одинаковым составом комбикорма. Определялись те же показатели. При этом наблюдалась небольшая разница в абсолютных показателях (в пределах 4 абс. %) между методами, но при использовании обоих методов разницы между группами не отмечено (табл. 4). Аналогичный подход для определения поступления кормового протеина в кишечник предлагается в Корнельской системе (Russell J., 1992).

Таблица 4 Поступление фракций азота в 12- перстную кишку

Показатель	1-я группа	2-я группа
Микробный азот, г (по пуринам)	180,2±8,5	192,1±4,51
Микробный азот, г (по АТФ с учетом продукции ЛЖК)	168±3,56	192±2,56
Распадаемость, % (по балансу азота)	68,9±1,0	67,05±1,22
Распадаемость <i>in sacco</i> , %	64,75±0,05	64,7±0,04
Эффективность микробного синтеза: г азота/кг ЧПСВ	25,4±1,4	22,5±0,6
Эффективность микробного синтеза: г азота/кг ЧПСВ (<i>in sacco</i>)	25,60±0,6	23,5±0,4

Примечание: ЧПСВ – чистое переваренное сухое вещество

Одним из главных критериев, характеризующих качество кормового протеина и определяющих в целом обмен азота у животных, является распадаемость его в преджелудках. Обобщенные данные о распадаемости наиболее широко используемых в кормлении жвачных кормов приведены в приложениях 1, 2, 3, 4. На распадаемость протеина кормов в рубце оказывает влияние целый ряд факторов - агротехника возделывания культур, сроки уборки, вид и метод заготовки и обработки кормов и т.д. В этой связи на основании исследований ученых указанных выше институтов разработан и издан ГОСТ № 23075-89 на метод определения распадаемости протеина кормов у жвачных (приложение 5). Этот метод требует наличия оперированных животных, что не всем доступно. Поэтому был разработан ГОСТ № 23074-89 для определения показателя растворимости протеина кормов, который коррелирует с его распадаемостью. Метод прост в исполнении и не требует сложного оборудования. Показатель растворимости используется для расчета распадаемости по уравнению регрессии:

$Y = 34,37 + 0,76X$, где Y - распадаемость протеина за 6 часов,%; X - растворимость протеина в буфере Мак-Даугла, %.

Таким образом, разработанные подходы к определению эффективной распадаемости СП отдельных кормов и рационов в целом при их проверке оказались чувствительными к изменениям соотношения кормов в рационе, поэтому они могут быть использованы как ключевой показатель при совершенствовании протеинового питания жвачных животных.

Расчет поступления в кишечник аминокислот из отдельных кормов

Разработки последних двух десятилетий в области создания новых систем питания были сосредоточены на проблемах протеинового питания. Показатель распадаемости сырого протеина кормов в рубце являлся основополагающим для всех этих систем. Основываясь на этом показателе, во многих странах мира были разработаны и введены в практику кормления прогрессивные системы протеинового питания высокопродуктивного крупного рогатого скота (ARC, 1980; ARC, 1984; ARC, 1992; NRC, 1979; INRA, 1988). Была создана

подобная система и в нашей стране (Новая система оценки и нормирования протеинового питания коров, 1989). Однако после разработки этих систем интенсивность исследований была значительно снижена и многие вопросы остались мало проработанными. Тем не менее, за этот период было накоплено много данных, которые позволяют в настоящее время совершенствовать указанные системы. Одной из главных проблем оставалась разработка подходов к определению не только общего количества всасывающихся аминокислот из пищеварительного тракта жвачных, но и количественного анализа аминокислотного состава. Попытки создать такой подход были предприняты (Аитова М.Д., 1989), но не получили должного развития. Постановка новой задачи по разработке систем питания, основанных на новых принципах оценки кормов и нормирования рационов для молочных коров по субстратам и метаболитам, потребовала дополнительных данных о количестве субстратов, образованных из отдельных кормов и всего рациона. Одним из важнейших субстратов для жизнедеятельности и продуктивности животных являются аминокислоты, основным местом всасывания которых является кишечник. Потребность в аминокислотах обеспечивается за счет переваривания белков, которые поступают в кишечник из сложного желудка. Для расчета и прогнозирования поступления аминокислот из кишечника в кровь необходимо иметь данные о переваримости и аминокислотном составе всех фракций протеина. Поступление кормового протеина в кишечник зависит от распадаемости его в рубце, а всасывание - от переваримости и аминокислотного состава нераспавшегося протеина отдельных кормов. В литературе имеются довольно противоречивые данные как об аминокислотном составе нераспавшегося протеина, так и о «переваримости» отдельных аминокислот в кишечнике.

Таким образом, в задачи наших исследований входило:

- изучить аминокислотный состав протеиновых фракций основных белковых кормов;
- изучить зависимость аминокислотного состава нераспавшейся фракции протеина от отдельных кормов от степени ее распада;
- изучить зависимость переваримости отдельных аминокислот нераспавшейся фракции протеина в рубце от степени их распада.

В настоящее время существуют несколько подходов к определению аминокислотного состава химуса, поступающего в кишечник, - как на основе расчета синтеза микробного белка и предположения о постоянном составе нераспавшегося протеина отдельных кормов (Аитова М.Д., 1989), так и на основе выведенных уравнений регрессии (Курилов П.Н., 1990, Hvelplund T., 1989). Однако, несмотря на высокие значения коэффициента корреляции, данные уравнения могут успешно работать только в условиях, аналогичных условиям данного эксперимента и, как правило, степень их прогностической ценности резко снижается при переносе на другой массив данных. Расчет обеспеченности аминокислотами при проведении исследований выполняется на основании данных о поступлении аминокислот в кровь из пищеварительного тракта, которые получают в опытах на оперированных животных или по разнице количества аминокислот, поступившего в кишечник и выделенного с калом. Однако данным способом можно оценить лишь общее количество обменного протеина и аминокислот в рационе, а для практического балансирования рационов требуются данные по их содержанию в отдельных кормах.

В связи с этим нами были проведены опыты по анализу аминокислотного состава основных белковых фракций, их распадаемости и переваримости по схеме, которую мы применяли при изучении метаболизма протеина. При этом, под распадаемостью аминокислот понимали скорость освобождения из протеина отдельных аминокислот, т.к. скорости последующих превращений аминокислот (дезаминирование и декарбоксилирование) намного выше скорости гидролиза пептидных связей. Экспериментально такие данные получали методом *in sacco* по количеству аминокислот, оставшихся в инкубате после последующего кислотного гидролиза. Данных об аминокислотном составе протеиновых фракций, распадаемости и переваримости отдельных аминокислот из различных кормов

недостаточно. В связи с этим нами были взяты для исследования корма с высоким содержанием белка, вносящие существенный вклад в азотистый метаболизм.

Аминокислотный состав фракций протеина и их распадаемость

В результате исследований семян гороха, рапса, подсолнечного и соевого шрота установлен фракционный состав протеина и аминокислотный состав его фракций. Больше всего растворимого протеина было в подсолнечном шроте, далее идет горох и рапс. Меньше всего растворимой фракции было в соевом шроте. Такая же зависимость установлена для заменимых и незаменимых аминокислот и их суммы (табл. 4, 5). Наибольший объем нерастворимой распадаемой фракции протеина и аминокислот выявлен для соевого шрота. Процентное содержание аминокислот в этой фракции у других кормов было примерно одинаковым. В процентном отношении больше аминокислот в недоступной фракции выявлено у рапса, затем следует подсолнечный шрот. Для соевого шрота и гороха эта фракция была примерно одинакова. Применение такого подхода продиктовано тем, что предлагавшиеся до этого системы расчета поступления кормовых аминокислот в кишечник (Аитова М.Д, 1989) исходили из данных о постоянстве состава нераспавшейся части протеина корма. Наши данные показали, что состав этой фракции может иметь значительные вариации в зависимости от сроков инкубации в рубце. При изменениях распадаемости протеина данного корма, связанных с влиянием рубцовой среды, наблюдаются вариации не только в валовом поступлении, но и в соотношении аминокислот (табл. 5).

Таблица 5 Аминокислотный индекс нераспавшейся фракции протеина кормов

Время инкубации, час	Горох	Подсолнечный шрот	Соевый шрот	Рапс
7	1,01	0,91	0,85	1,17
16	1,3	0,77	0,89	0,98
24	0,98	0,86	0,84	1,02

Как видно из полученных данных, на первый взгляд, не прослеживается закономерного изменения аминокислотного состава нераспавшейся части протеина кормов. Однако происходящие процессы легко объясняются, если рассмотреть аминокислотный состав основных фракций протеина (табл. 6).

Таблица 6 Аминокислотный состав протеиновых фракций

Показатели	Горох	Подсолнечный шрот	Соевый шрот	Рапс
Сумма аминокислот в нативном корме, г	20,2	29,5	42,6	15,4
Растворимая фракция, %	38,7	43,3	13,7	23,3
% незаменимых аминокислот от нативного	35,0	37,9	14,1	35,9
% заменимых аминокислот от нативного	42,2	47,2	15,2	30,7
нерастворимый распадаемый, %	60,0	53,0	85,0	68,9
% незаменимых аминокислот от нативного	63,5	56,8	84,5	56,6
% заменимых аминокислот	56,9	50,2	83,8	62,5

от нативного				
Недоступная фракция, %	1,2	3,8	1,3	7,8
% незаменимых аминокислот от нативного	1,5	5,1	1,4	7,5
% заменимых аминокислот от нативного	0,9	2,6	1,3	6,8

Растворимая фракция протеина всех изученных кормов содержала большее количество заменимых аминокислот по сравнению с незаменимыми и имела наименьший аминокислотный индекс. Анализ растворимой фракции на содержание белкового и небелкового азота показал, что весь небелковый азот переходит в растворимую фракцию и отношение белкового к небелковому азоту в нативном корме и растворимом протеине значительно изменяется. Нерастворимая распадаемая фракция протеина имеет большее содержание незаменимых аминокислот и занимает самый большой удельный вес у большинства кормов. Недоступная фракция протеина содержит наибольшее процентное содержание незаменимых аминокислот, но удельное ее содержание самое низкое. Эти данные являются исходными для анализа изменения содержания отдельных аминокислот по ходу распада протеина. Анализ нераспавшихся остатков корма во время инкубации обычно сравнивают с их исходным содержанием в нативном корме в результате чего разные авторы получают самые различные результаты. Одни утверждают, что аминокислотный состав по ходу ферментации не изменяется (Маркин Ю.В., 1997, Фицев А.И., 1987), другие находят довольно значительные изменения (Аитова М.Д., 1983). Это происходит как из-за разного конечного значения степени распада, так и из-за разного фракционного состава одних и тех же кормов. На наш взгляд, для более правильной интерпретации полученных данных следует производить сравнение по отношению к содержанию в исходной фракции, а не к общему первоначальному содержанию.

Проведенные исследования показали, что растворимая часть протеина кормов имеет низкое содержание незаменимых аминокислот. С учетом их высокой скорости ферментации состав растворимых белков не вносит существенного вклада в общее количество и состав аминокислот, поступающих в 12-перстную кишку. Его следует учитывать при проведении мероприятий по снижению их растворимости. Недоступная часть белков хотя и имеет высокое содержание незаменимых аминокислот, но, принимая во внимание невысокое их содержание и слабое переваривание в кишечнике, не стоит проводить мероприятия по повышению их доступности. Особое внимание следует уделять нерастворимой распадаемой фракции, которая может составлять до 80% по отдельным аминокислотам для соевого шрота (треонин, аргинин, метионин), 50-70% для других кормов (горох, подсолнечный шрот, рапс).

Полученные данные по аминокислотному составу следует рассматривать с учетом существующих представлений о процессе распада протеина во время его рубцовой ферментации. При таком подходе видно, что увеличение аминокислотного индекса в ранние сроки инкубации происходит из-за удаления растворимой части протеина, имеющей высокое содержание заменимых аминокислот. В дальнейшем происходит постепенное его снижение из-за большей скорости распада незаменимых аминокислот. При больших значениях показателя распадаемости СП аминокислотный индекс начинает возрастать из-за увеличения доли недоступной части СП, имеющей высокое содержание незаменимых аминокислот. Таким образом, очевидно, что применение определенных фиксированных значений содержания отдельных аминокислот в нераспавшейся части СП не всегда отражает их истинное содержание и при применении в практическом кормлении может приводить к неадекватным решениям. Этого можно избежать при использовании предлагаемого нами метода расчета поступления нераспавшихся кормовых аминокислот, ра-

нее апробированного в применении к протеину, а именно - с учетом динамики распада отдельных аминокислот и их содержания в различных фракциях СП.

Для прогнозирования поступления доступных аминокислот в составе нерастворимой распадаемой фракции протеина необходимо знать скорость освобождения из протеина отдельных аминокислот. Она определяется, как соотношением основных белковых фракций (глобулины, проламины, глютенины), так и специфичностью действия ферментов по отдельным пептидным связям. Рубцовые протеазы относятся к цистинному типу, т.е. имеют широкий спектр воздействия на разнообразные связи. Микробные протеазы обладают более широкой субстратной специфичностью, по сравнению с протеолитическими ферментами животных и растений. Изучение распада отдельных аминокислот в рубце показало, что незаменимые аминокислоты распадаются более интенсивно (Харитонов Е.Л., 2000).

Скорость распада в рубце протеина и аминокислот нерастворимой распадаемой фракции была наибольшая для соевого шрота и наименьшая для подсолнечного. Основываясь на приведенных данных по аминокислотному составу фракций протеина кормов, константы скорости распада отдельных аминокислот нерастворимой распадаемой фракции и скорости эвакуации кормовых частиц из преджелудков, можно рассчитать поступление кормовых аминокислот в кишечник (по формуле аналогичной расчету поступления кормового протеина в кишечник (6)). Данных об аминокислотном составе протеиновых фракций, распадаемости протеина и переваримости отдельных аминокислот из различных кормов недостаточно. В связи с этим нами были взяты для исследования корма с высоким содержанием белка, вносящие существенный вклад в азотистый метаболизм.

На основе данных расчета и полученных в прямых опытах на животных была проведена сравнительная оценка поступления общих аминокислот в кишечник коров (табл. 6) (Кальницкий, Б.Д., Харитонов Е.Л., 2005). Расчетный способ оценки обеспеченности аминокислотами организма лактирующих коров базируется на определении количества аминокислот, поступающих в кишечник, исходя из положения о постоянстве аминокислотного состава нераспавшейся части протеина (способ 1). В модифицированном нами способе учитывается также аминокислотный состав фракций протеина, скорость распада отдельных аминокислот и скорость оттока кормовых частиц (способ 2). Результаты исследований показали, что второй способ позволяет получить данные, более сопоставимые с результатами экспериментов на животных (табл. 7).

Таблица 7. Поступление кормовых аминокислот в кишечник (г/сутки)

Аминокислота	Расчетные данные		Экспериментальные данные
	Способ 1	Способ 2	
Метионин	13	15	15±1,12
Гистидин	31	22	20±0,78
Лизин	63	56	57±1,69
Лейцин	101	59	53±2,44
Фенилаланин	48	43	44±1,25

Этот способ хорошо прогнозирует распадаемость аминокислот в преджелудках и может быть рекомендован к применению для практического использования.

Переваривание протеина и усвоение аминокислот в кишечнике

При разработке современных систем оценки и нормирования питания жвачных животных необходимо знать количество и состав аминокислот, всасывающихся из пищеварительного тракта. Это требуется для расчета удовлетворения потребностей организма в этих субстратах на определенные функции организма. Показатель "переваримый протеин", применяемый до сих пор, такую информацию не несет, так как включает аммоний-

ный азот, который не является субстратом для синтеза, а также не учитывает синтетические микробные рубцовые процессы. Дальнейшего развития эта проблема не получила и до сих пор в системе используются средние обобщенные, без достаточной экспериментальной проверки, данные по переваримости протеина микробной массы и нераспавшегося протеина кормов всего рациона. Однако из литературы известно, что во многих случаях наблюдаются значительные числовые вариации в оценке переваривания как микробного (ARC, 1984; NRC, 2001), так и кормового белка (NRC, 2001; Voigt J, 1985). В различных системах оценки и нормирования протеина колебания составляют 60 – 80%. По аминокислотному составу нераспавшегося кормового протеина и доступности отдельных аминокислот для всасывания в кишечнике данных вообще крайне мало, что не позволяет достаточно точно и обоснованно рассчитывать количество и состав аминокислот, всасывающихся из пищеварительного тракта жвачных животных. В связи с вышеизложенным, целью наших работ было определить переваривание нераспавшегося протеина кормов и микробного протеина в кишечнике, доступность их аминокислот для всасывания, а также выявить и изучить факторы, влияющие на эти процессы, что является необходимым условием для расчета поступления аминокислот из пищеварительного тракта.

В настоящее время разработаны и применяются разные методы определения переваримости протеина в кишечнике как отдельных кормов, так и рациона в целом. Наиболее информативными и в то же время более легко выполнимыми являются методы определения переваримости отдельных кормов.

Определение переваримости сырого протеина кормов для жвачных методом in vitro.

При тщательном воспроизведении метод позволяет получить довольно точные результаты, соответствующие результатам *in vivo* (Харитонов, 1992). Основное его применение заключается в контроле доступности протеина кормов при различных обработках, при сравнении сортов и т.д. Метод трехстадийный. Суть его заключается в последовательной обработке кормов в условиях, имитирующих преджелудочное, сычужное и кишечное пищеварение.

На первой стадии обработки 3 г сухого, размолотого на мельнице с 3 мм ситом образца корма в мешочках из синтетической ткани помещают в аппарат «искусственный рубец» или в рубцовую жидкость, насыщенную CO_2 , на 8 ч. Наиболее точные результаты получают, если первую стадию провести методом *in situ* в рубце коров, содержащихся на тех рационах, для которых проводится определение переваримости. Затем промывают, высушивают и переносят 1 г в 150 мл колбу. На второй стадии добавляют 25 мл раствора пепсина на 0,1н HCl с конечной концентрацией 1,5 Ед/мл и выдерживают при 39°C 1,5 ч. После этого на третьей стадии сразу приливают 5 мл раствора 0,5н NaHCO_3 с содержанием препаратов трипсина и химотрипсина (1:1 по активности) для получения конечной активности 3,5 Ед/мл. Разные препараты пепсина, трипсина и химотрипсина имеют разную удельную активность и дозировка их в весовых единицах не приемлема. Полученную смесь выдерживают 5 ч при 39°C. Фильтруют через бумажный фильтр, промывают водой. Фильтр с содержимым озоляют и определяют азот по Кьельдалю.

Расчеты ведут по формуле:

$$\text{Переваримость СП в сычуге и кишечнике, \%} = \frac{\text{Азот остатка на фильтре, г}}{\text{Азот корма после рубца, г}} \cdot 100. \quad (16)$$

Определение переваримости питательных веществ кормов методом in situ (метод мобильных мешочков).

Принцип метода заключается в транзитном прохождении образцов корма в мешочках из синтетической ткани через пищеварительный тракт животных (Voigt J, 1985). Для этого 3 г сухого размолотого на мельнице с 3 мм ситом образца корма закладывают в синтетический мешочек с характеристиками, как описано для определения распадаемости, и помещают в рубец на время средней задержки корма в преджелудках на данном рационе, которое рассчитывают на основе уравнений регрессии, приведенных в ряде работ. Для большинства случаев это время составляет 12 ч. После промывки и высушивания остатки корма переносят в мешочки из той же ткани размером 3 – 5 см по 500 мг и запаивают на спиртовке. Предварительно на мешочках ставят номер шариковой ручки.

Мешочки помещают на 1 ч при температуре 39°C в раствор пепсина на 0,1 н HCl с конечной концентрацией пепсина по активности 1,5 Ед/мл. Слегка промывают водой и вводят в двенадцатиперстную кишку через предварительно наложенную фистулу с диаметром 2 см, с интервалом 15 мин. За сутки можно вводить до 40 мешочков одному животному. Сбор мешочков производят в кале в течение 2 суток промывкой водой на 1 см решете.

Мешочки тщательно отмывают под слабой струей воды до просветления жидкости, высушивают и проводят анализ питательных веществ: сырого протеина, крахмала, сахара, целлюлозы, гемицеллюлозы и др.

Расчеты ведут по формулам:

$$\text{Переваримость в рубце, \%} = \frac{\text{Количество вещества после рубца, г}}{\text{Количество вещества в навеске, г}} \cdot 100 \quad (17)$$

$$\text{Переваримость в сычуге и кишечнике, \%} = \frac{\text{Количество вещества в остатках, г}}{\text{Количество вещества после рубца, г}} \cdot 100 \quad (18)$$

Величина переваривания микробного протеина в кишечнике жвачных животных определена нами на уровне 70% и при обычных условиях кормления не изменяется. В то же время, часто применяемые в различных системах кормления постоянные коэффициенты переваримости нераспавшейся части протеина, по нашим данным, должны быть заменены на переменные величины. Так, опытные данные указывают на то, что переваривание нераспавшегося протеина кормов в кишечнике жвачных животных зависит от степени распада (экспериментальные данные полученные при различной длительности инкубации образцов корма) в преджелудках (рис. 1, 2) и при расчетах всасывания аминокислот эти зависимости необходимо учитывать. Данные о переваримости протеиновых фракций в кишечнике и степени освобождения отдельных аминокислот при гидролизе (рис. 3) используются при расчете поступления протеина и аминокислот из пищеварительного тракта при нормировании протеинового и аминокислотного питания молочных коров.

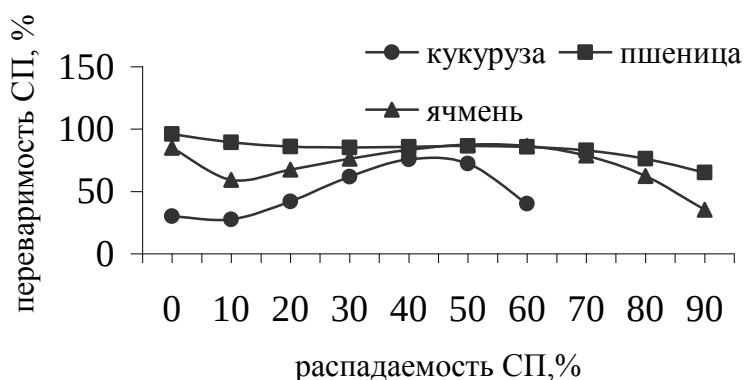


Рис.1 Зависимость переваривания протеина зерновых кормов от степени их распада в преджелудках. (опытные значения условной распадаемости СП получены при различной длительности инкубации образцов корма в рубце, значения переваримости получены методом мобильных мешочков).

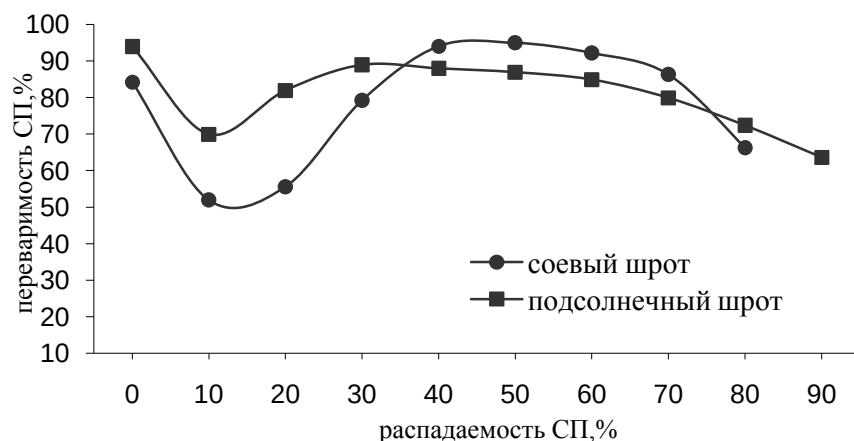


Рис.2 Зависимость переваривания белковых кормов от степени их распада в преджелудках. (Значения условной распадаемости СП получены при различной длительности инкубации образцов корма в рубце, значения переваримости получены методом мобильных мешочков).

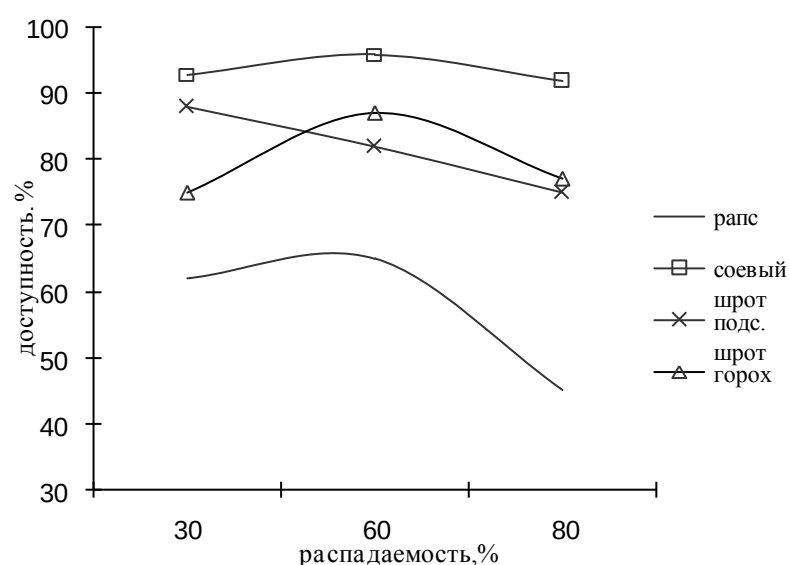


Рис. 3 Зависимость доступности валина из разных белковых кормов для всасывания в кишечнике от степени его распада в преджелудках (Значения распадаемости валина получены при различной длительности инкубации образцов корма в рубце, значения доступности соответствуют значениям переваримости, полученным методом мобильных мешочков).

При расчетах поступления протеина из пищеварительного тракта следует применять показатель "переваримый в кишечнике протеин", который состоит из микробного протеина, поступающего в дуоденум, и кормового нераспавшегося протеина. При этом надо принимать во внимание, что переваримость микробного СП составляет 70% и учи-

тивать индивидуальную переваримость нераспавшейся части СП отдельных кормов. Для эффективного использования протеина в рационе следует подбирать такие корма, которые будут обеспечивать максимальное поступление из пищеварительного тракта аминокислот. Знание аминокислотного состава фракций протеина позволит предсказывать количество аминокислот, поступающих в кишечник и доступных для обмена в органах и тканях жвачных.

Необходимо отметить, что спад переваримости в области больших значений распадаемости СП, судя по результатам кинетического анализа, вероятно, связан с накоплением недоступной для распада фракции протеина (Черепанов Г.Г., 2004). Пониженные значения переваримости в начальной части измеренного диапазона распадаемости могут быть связаны с недостаточно большим временем инкубации мешочков в рубце. В процессе дальнейших исследований эти аспекты необходимо изучить более детально для различных кормов.

Таким образом, для оценки обменного протеина по данным фракционного состава протеина корма, относительных скоростей распада и эвакуации проводится расчет эффективной распадаемости, и по этому значению, с учетом зависимостей, приведенных на рис. 2 и 3, определяется переваримость. Можно также использовать разработанный нами метод анализа переваримости *in vitro*, который позволяет характеризовать корма по степени их переваривания в кишечнике в зависимости от распадаемости (Харитонов Е.Л., 1992). Аналогичным образом предлагается вести расчет всасывания отдельных кормовых аминокислот.

Относительную скорость (константу скорости) эвакуации кормовых частиц (зерновых, белковых кормов, комбикормов) k (сут⁻¹) для всех типовых рационов мы оцениваем по регрессионному соотношению (Харитонов Е.Л., 1999):

$$k = 0,048\text{ПСВ}/\text{ОМТ} + 0,0315(\%\text{НДК}) - 1,87, \quad (19)$$

где ПСВ – количество потребленного СВ корма, г/сутки;

ОМТ – обменная масса тела, кг^{0,75}

%НДК – процентное содержание нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) грубого корма.

Полученные нами данные дают возможность рассчитать количество аминокислот, всасываемых из кишечника коров, что позволяет получать данные о доступности аминокислот для всасывания из пищеварительного тракта из отдельных кормов (табл.8).

Таблица 8 Переваримость нераспавшегося СВ и СП в кишечнике

корма	переваримость кормов	
	СВ	СП
Пшеница (твердая)	43	75
Пшеница (мягкая)	68	85
глютен кукурузный (20% СП)	21,87	65
Соевые бобы	38,87	56
Сено козлятника восточного	8,72	65,7
Пивная дробина	31.8	76.9
Шрот кукурузный	56.8	81.4
Жом свекловичный	44.6	68.4

Глютен (63%СП)	40,5	75,5
Глютен (23%СП)	22,8	72,9
Шрот подсолн.	41,8	82,8
Шрот соевый	76,8	93,0
Ячмень	22,7	72,3
Сено овсяное	15,3	63,1
Сено разнотравно-злаковое	14,6	64,2
Силос разнотравный	15,7	54,1

Определение доступности аминокислот из отдельных кормов и препаратов.

В настоящее время существует два метода определения биодоступности аминокислот - по исчезновению аминокислоты из пищеварительного тракта (*in vivo*, *in sacco*) или по ее появлению в крови (Bach, 2000). Мы провели сравнение этих двух методов. В первом случае доступность определяли, инкубируя образцы препарата «Смартамин» (защищенный от распада в рубце метионин) в рубце в нейлоновых мешочках и затем определяли его переваримость в кишечнике методом мобильных мешочков. При этом доступность рассчитывали по формуле: доступность = послерубцовое переваривание (%) × (100 - рубцовое переваривание *in sacco* (%))/100. Во втором случае применяли метод, основанный на изменении в крови концентрации изучаемой аминокислоты при скормливания препарата и расчете по калибровочной кривой концентрации аминокислоты в крови при инфузии различных ее доз в тонкий кишечник. Исследования проведены на лактирующих коровах, содержащихся на сено-силосно-концентратных рационах во второй фазе лактации при суточном удое 15-17 кг молока,

Калибровочная кривая была линейной в диапазоне доз от 0 до 30 г метионина и регрессионное уравнение для расчета всасывания метионина имело вид: поступившее количество метионина = 29,74(±4,61)× конц. метионина (мг%) - 7,35 (±3,94); R=0,988.

Расчет доступности в первом варианте показал значение 79,2% (при 3% распадаемости в рубце и 81,7% переваримости в кишечнике), а во-втором-79,7%. В опытах других исследователей получены более высокие показатели при применении методики *in sacco* по сравнению со вторым методом (Berthiaume R., 2000).

Определение биодоступности путем применения метода рубцовой и кишечной инкубации было применено нами и для препаратов витамина А. Исследование трех коммерческих препаратов различных фирм показало, что доступность для всасывания витамина А различалась в несколько раз.

Таким образом, только зная биодоступность аминокислот из препаратов защищенных аминокислот и кормов, можно направленно их применять для нормирования аминокислотного и витаминного питания жвачных животных.

На основании исследований процессов распада протеина корма в рубце и его переваримости в кишечнике был определен вклад основных белковых кормов в обеспечение общей протебности животных в доступных аминокислотах (табл.9).

Таблица 9 Содержание доступных аминокислот в белковых кормах (г/кг)

Корма	Аминокислоты			
	метионин	гистидин	лизин	лейцин
Соевый шрот, тостированный	3,2	6,3	16,5	12,3

Подсолнечный шрот	1,9	2,5	1,7	5,4
Подсолнечный шрот, защищенный	3,1	8,6	14	16
Кукурузный глютен	4,7	5,1	4,5	55,9
Кровяная мука	5,8	19,2	37,6	24,3

Проведенное сравнение всасывания аминокислот из пищеварительного тракта в опыте на оперированных коровах по разнице поступивших в кишечник и выделенных с калом с расчетными данными показало хорошую сопоставимость для всех лимитирующих аминокислот (табл.10).

Таблица 10. Общее обеспечение организма коров аминокислотами (г/сутки)

Аминокислота	Расчет	Фактически (n=6)	Разница, %
Метионин	29	32	90,6
Гистидин	29	27,5	105,4
Лизин	96	94	102
Лейцин	94	85	110
Фенилаланин	64	58	110

Таким образом, используя метод инкубации кормов в рубце и кишечнике, мы разработали методику расчета для оценки поступления любой аминокислоты из данного корма на любом типовом рационе. Для практического применения при этом требуются данные по аминокислотному составу фракций белка отдельных кормов и скорости распада аминокислот нерастворимой распадаемой фракции, а также скорости эвакуации кормовых частиц. В кишечнике незаменимые и заменимые аминокислоты освобождаются при ферментативном гидролизе и усваиваются с одинаковой интенсивностью, но по мере возрастания степени их предварительного распада в рубце доступность незаменимых аминокислот снижается более выражено (из-за высокого содержания незаменимых аминокислот в недоступной части протеина). Эти данные использованы для расчета всасывания отдельных аминокислот из кишечника. Данных о переваривании протеина и среднем их аминокислотном составе недостаточно для такого расчета, так как спектр переваренных аминокислот может значительно варьировать. Для основных белковых кормов требуется знать аминокислотный состав его фракций, скорость распада отдельных аминокислот и зависимость степени их освобождения в кишечнике из белковых молекул от степени распада аминокислоты в преджелудках.

Методы повышения протеиновой питательности кормов

В научной практике физиологии питания жвачных накоплен достаточный экспериментальный материал, свидетельствующий о положительном влиянии низкораспадаемых в рубце источников протеина на продуктивность животных. Высококачественный протеин для жвачных, это протеин низкораспадаемый в рубце и одновременно высокопереваримый в кишечнике животных. Чем выше продуктивность жвачных, тем больше возрастает потребность животных в высококачественном протеине.

Важным вопросом протеинового питания жвачных является возможность регулирования степени распада протеина в преджелудках. Как правило, требуется снизить распадаемость протеина корма без резких изменений переваримости его в кишечнике. Достичь этого можно двумя способами. Первый сводится к подбору в рационе натуральных кормов, протеин которых устойчив к расщеплению в рубце. Этот путь нашел сравнительно широкое применение, но он не всегда возможен, так как практически набор кормовых средств для жвачных ограничен или экономически не оправдан (например, применение рыбной муки). Вместе с тем, специально изготавливаемыми комбикормами можно в значи-

тельной степени снижать распадаемость протеина рациона. Состав и питательность рецептов комбикормов и рационов с пониженной распадаемостью протеина приведены в приложении 6 и 7. Однако, как показывает производственный опыт, ассортимент кормов с низкой распадаемостью протеина (РП) весьма ограничен и большинство, из них являются дорогостоящими и их применение становится порой экономически не обоснованным. К тому же данные о распадаемости одного класса кормов могут значительно варьировать в зависимости от технологии его получения.

При изучении распадаемости образцов соевого шрота и жмыха, полученных из разных источников, было выявлено, что содержание распадаемого протеина в различных образцах шрота и жмыха может различаться в два раза (табл.11). Соответственно и содержание нераспадаемого протеина и доступного для усвоения также варьирует почти в два раза. Таким образом, в зависимости от технологических режимов (температура, давление, время обработки, исходное сырье) принятых на различных перерабатывающих предприятиях истинная протеиновая питательность для жвачных, и в первую очередь для молочных коров, соевого шрота и жмыха значительно различается, что не позволяет с уверенностью пользоваться справочными данными, а производители регламентируют только содержание сырого протеина и содержание уреазы.

Таблица 11 Протеиновая питательность образцов соевого шрота и соевого жмыха (на 100г продукта)

Корма	Сырой протеин %	Распадаемого протеина, г	Нераспадаемого протеина, г	Усвояемый протеин, г
соевый шрот №4	49,5	29,36	20,13	18,93
соевый шрот №6	50,3	27,49	22,78	22,07
соевый шрот №5	49,5	16,3	33,2	30,8
соевый шрот №10	46,2	27,7	18,5	17,1
соевый жмых, №7	40,4	16,19	24,26	23,52
соевый жмых, №8	42,45	23,62	18,77	18,13
соевый жмых, №9	40,8	25,40	15,46	14,53
соевый жмых, №10	43,75	19,75	24,0	22,08
соевый жмых №11	43,7	13,5	30,2	28,7

Исследование зависимости показателей доступности протеина соевых продуктов от содержания в них уреазы, показало прямую зависимость (табл.12). Таким образом, исходя из наших данных в кормлении высокопродуктивного молочного скота следует использовать соевые продукты с содержанием уреазы не выше показателя 0,1.

Таблица 12 Параметры белковой питательности исследованных кормов

№ образцов	Сырой протеин %	РРП г/100 г Распадаемого протеина	НРП г/100 г Нераспадаемого протеина	Распадаемость СП, %
Соевый жмых А (уреаза 0,25)	42,5	15,05	27,45	35,4
Соевый жмых Б (уреаза 0,35)	43,3	20,58	22,76	47,5
Соевый жмых (уреаза 0,1)	41,5	11,7	29,8	28,2

Поэтому, приоритетным направлением в области протеинового питания жвачных будет считаться поиск надежных и доступных физико-химических способов «защиты» протеина высокобелковых кормов от избыточного распада его в рубце.

Т.о. другой способ заключается в различного рода воздействиях на протеин корма-физических или химических. Из физических методов наиболее известный прием - воздействие высокой температуры с целью изменения качества протеина. Такие приемы, как активное вентилирование влажного сена горячим воздухом, гранулирование и брикетирование не только способствуют сохранению питательных веществ в кормах, но и снижают растворимость и распадаемость протеина в них. Тепловая обработка высокобелковых кормов (жмыхи, шроты) может снизить растворимость и распадаемость протеина в 1,5 - 2 раза. Понижение распадаемости протеина без изменения его переваримости в кишечнике достигается при кратковременных воздействиях температуры в пределах 80 - 120°C. Технологически тепловая обработка белковых кормов может осуществляться на предприятиях комбикормовой и перерабатывающей промышленности путем автоклавирования, тостирования или экструдирования.

Из химических методов "защиты" протеина наибольшее распространение получила обработка альдегидами и органическими кислотами. Хорошо известно применение формальдегида как средства "защиты" протеина и как консерванта объемистых кормов. Оптимальная доза формальдегида для обработки белковых кормов 0,8 - 1,0% от сырого протеина корма. Сушка и проветривание после обработки приводят к удалению непрореагировавшего формальдегида и поедаемость корма при этом не снижается. Однако, в связи с обнаружением канцерогенных свойств формалина, его применение для обработки кормов запрещено.

Из органических кислот для практического использования применяют уксусную, пропионовую и муравьиную кислоты или их смеси. Путем разбрызгивания корма обрабатывают 50%-ным раствором кислот из расчета 2 - 5% чистой кислоты от массы корма. Так, обработка подсолнечного шрота муравьиной кислотой приводит к снижению распадаемости с 70 до 65%. Существует целый ряд коммерческих препаратов для "защиты" протеина, которые требуют дополнительной проверки их эффективности и безвредности для животных и человека.

Современные способы обработки кормов призваны обеспечить высокую переваримость и усвояемость питательных веществ в организме животных. Разные способы обработки приводят к неодинаковым изменениям питательных веществ, в том числе белков и аминокислот. Критерием оценки качества белка для жвачных служит показатель распадаемости протеина в рубце животных. Высококачественный протеин для жвачных, это протеин низкораспадаемый в рубце и одновременно высокопереваримый в кишечнике животных. Чем выше продуктивность жвачных, тем больше возрастает потребность животных в высококачественном протеине. Ассортимент кормов с низкой распадаемостью протеина (РП) весьма ограничен. Единственным зерновым кормом отвечающим требованиям высококачественного протеина для жвачных считается кукуруза. Однако, в настоящее время, на долю кукурузы в кормовом балансе страны приходится не более 5%. В основном на кормовые цели расходуется до 40% пшеницы и 18% ячменя. Поэтому, приоритетным направлением в подготовке кормов к вскармливанию считается разработка новых, малозатратных технологий обработки зернофуража, позволяющих улучшить протеиновую и энергетическую ценность кормов. В этой связи, практический интерес представляет новый способ получения вспученного зерна – барогидротермическая обработка (БГТО).

Сущность способа заключается в том, что зерно, находящееся в реакторе установки, герметизируется и в него инжектируется пар с давлением 0,9-1 мПа. Экспозиция обработки паром длится 10-30 с., в это время зерно увлажняется и нагревается до 140⁰ С. При переходе зерна из реактора в зону атмосферного воздуха происходит резкое вскипание воды

в зерне. Это приводит к вспучиванию зерна, оно приобретает микропористую структуру, приятный вкус и запах. Результаты исследований про обработке различных кормов представлены в таблице 13.

Таблица 13 Распадаемость в рубце и переваримость в кишечнике, сырого протеина, сухих веществ кормов при БГТО, %

Корма	СП , г/кг г	Распадаемость в рубце			Переваримость в кишечнике			Общая ПП в жкт %
		<i>РП</i> , %	НРП ,г/кг	РСВ , %	ПНР П, %	ПНР П, г/кг	ПСВ, %	
Бобы корм.	26 2	73,6	69	69,1	70,5	49	50,0	92,4
Бобы корм.*	-	25,1	196	37,9	80,6	158	82,5	85,5
Вика	281	50,5	139	45,1	78,2	109	71,8	89,3
Вика*	-	17,4	232	34,8	83,5	194	87,0	86,5
Соя	26 6	46,4	142	50,0	75,7	107	82,3	86,8
Соя*	-	36,5	169	48,8	80,6	136	87,2	87,6
Нут	22 4	81,7	41	69,2	80,5	35	78,4	97,3
Нут*	-	64,5	102	48,2	81,8	83	76,3	91,5
Ячмень	11 2	87,9	14	88,6	60,5	8	83,3	94,6
Ячмень*	-	50,6	55	79,7	59,7	33	80,3	80,4
Пшеница	11 9	79,6	24	85,6	76,8	18	82,6	95,0
Пшени- ца*	-	20,5	95	75,0	78,1	74	84,7	82,4

Положительным аспектом применения БГТО является то, что данный вид обработки может служить эффективным технологическим приемом позволяющим разрушить антипитательные вещества и ингибиторы протеаз в кормах. В результате использования БГТО, появляется возможность увеличения норм ввода, в частности зерна нетрадиционных, бобовых культур в комбикормах предназначенных для жвачных животных. Необходимо также отметить, что БГТО фуражного зерна приводит к изменению структуры крахмала, который становится более доступным для амилолитических ферментов микроорганизма рубца. Следовательно, БГТО позволит решить отчасти проблему дефицита легкоферментируемых углеводов в зимних рационах.

В последнее время распространенным методом обработки незрелого зерна стало плющение с последующей консервацией. Наши исследования показали, что при такой обработке, по сравнению смолотым спелым зерном кукурузы доступность протеина и крахмала повышается, а если плющению подвергается спелое зерно, то доступность для переваривания в рубце снижается (рис.4).

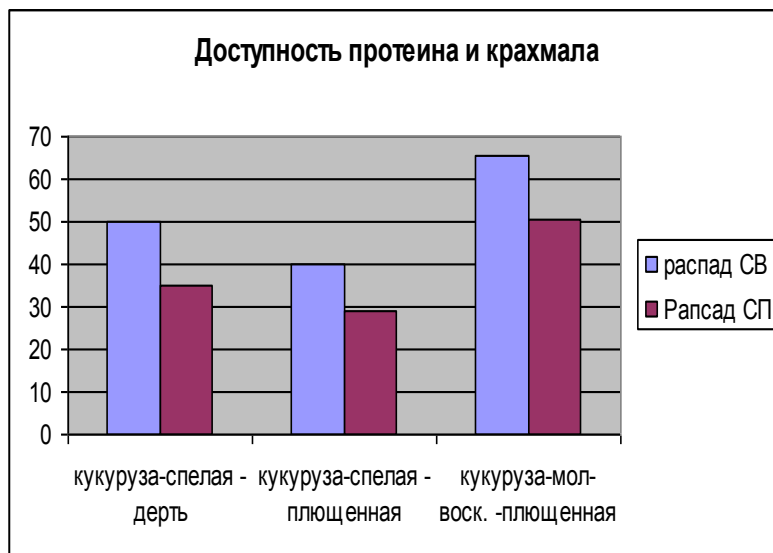


Рис. 4 Доступность протеина и крахмала зерна кукурузы для переваривания в рубце при обработке плющением.

Таким образом, на настоящее время разработаны и частично, внедрены в производство новые технологии обработки кормов, позволяющие повысить их питательность и рациональное использование в кормлении высокопродуктивного скота.

Другим эффективным способом обработки белковых кормов, повышающих их питательность является экструдирование. В зависимости от режимов обработки распадаемость протеина в рубце для соевых бобов удастся снизить более чем в два раза (рис.5).

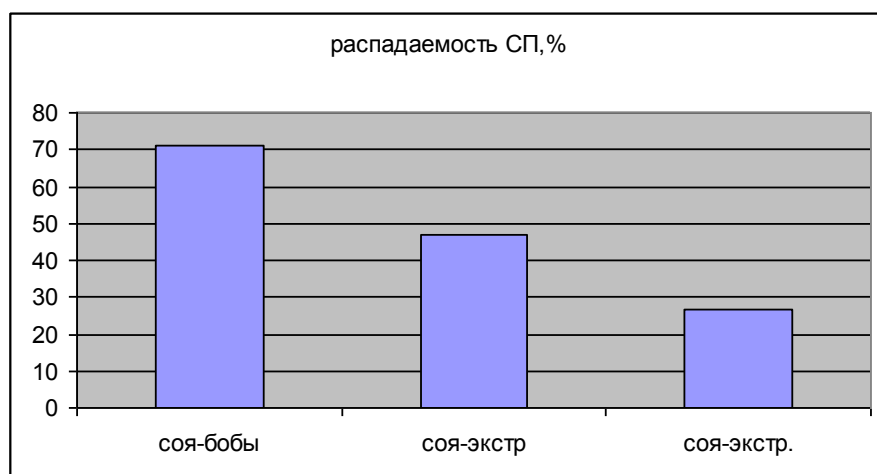


Рис. 5. Распадаемость соевых бобов после обработки на экструдере при разных режимах.

Из химических способов защиты протеина проводили обработку летучими жирными кислотами (ЛЖК). Выбор таких кислот, как уксусная и муравьиная продиктован тем, что их применение является относительно безопасным и не дорогостоящим. Обработку проводили с помощью 20% - ного водного раствора кислот, который вносили путем разбрызгивания при постоянном перемешивании из расчета 4% от массы корма.

В проведенных исследованиях было установлено, что обработка подсолнечного шрота муравьиной кислотой приводило к снижению РП в рубце с 69 до 59%, а уксусной кислотой до 57%. Менее выражено было воздействие ЛЖК на протеин подсолнечного жмыха, в результате которого РП снижалась с 75 до 66% (Табл. 14). При обработке кормовых бобов муравьиной кислотой обнаружено снижение РП в рубце овец с 74% до 50%, а нута с 82 до 65% .

При обработке тостированного соевого шрота и кукурузного глютенa муравьиной кислотой изменений в РП не было выявлено. Увеличение концентрации кислоты и дозировок обработки также не приводило к снижению РП в рубце овец. Это объясняется тем, что

данные белковые корма в процессе производства подвергаются тепловому воздействию, что сопровождается полной денатурацией протеина. Поэтому, комбинированная «защита» протеина данных кормов считается не целесообразным. Таким образом, установлено, что эффективность «защиты» протеина зависит, прежде всего, от вида обрабатываемого корма.

Наибольшее практическое значение может иметь обработка подсолнечного шрота уксусной кислотой. Выбор данного корма обусловлен тем, что он является довольно распространенным и самым дешевым источником протеина из всех существующих покупных, высокобелковых кормов. В свою очередь, уксусная кислота имеет ряд преимуществ: безопасность для здоровья животных, так как является естественным метаболитом рубцового пищеварения; обладает более выраженным денатурирующим действием и проникающей способностью; имеет низкую стоимость; способствует увеличению

Таблица 14 Распадаемость сырого протеина кормов после обработки кислотами

Корма	Нативный корм	Обработка муравьиной кислотой	Обработка уксусной кислотой
Подсолнечный шрот	69,3±2,3	59,2±2,6	57,3±1,7
Подсолнечный жмых	75,0±1,6	69,3±2,7	66,4±2,8
Бобы кормовые	73,6±2,5	49,8±3,2	
Нут	81,7±4,2	64,5±1,9	
Соевый шрот тостированный	47,3±2,5	48,6±2,1	
Кукурузный глютен	26,1±1,1		25,5±0,9

В результате наших исследований установлено, что путем комбинированного физико-химического воздействия на подсолнечный шрот можно снизить распадаемость его протеина в зависимости от режимов обработки до двух раз (рис. 6). При этом переваримость в кишечнике нераспавшегося протеина после обработки возрастала от 2 до 9%. В результате доступность для всасывания в кишечнике увеличивалась до 2,11-2,15 раза.

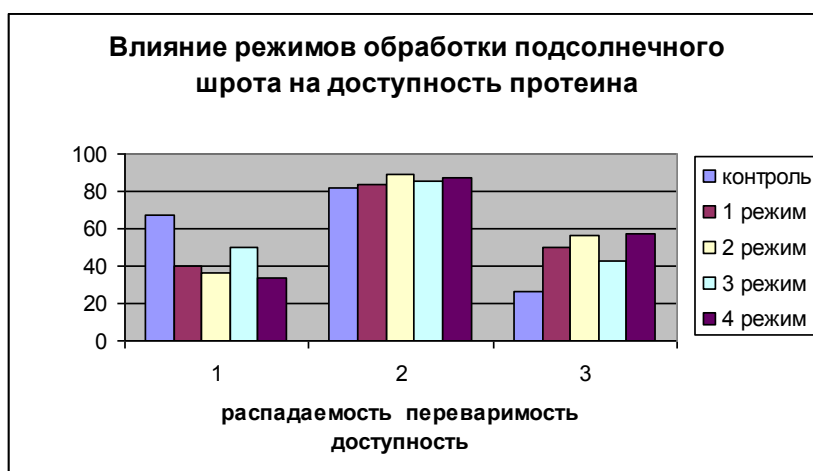


Рис. 6

Таким образом, в результате проведенных исследований нами разработаны и испытаны эффективные и простые в исполнении **способы** обработки белковых кормов для

снижения распадаемости протеина в рубце при сохранении и даже повышении переваримости в кишечнике, которые можно применять в кормопроизводстве и кормлении.

Нормирование протеина в рационах бычков

Нормирование протеина в рационах бычков предусматривает решение двух основных задач:

- определение потребностей организма бычков в белке и аминокислотах в разные периоды выращивания и планируемого уровня прироста:

- обеспечение необходимым количеством белка поступающим в кишечник в виде микробного белка и нераспавшегося белка корма.

Другими словами, необходимо определить потребности организма в чистом белке и установить источники, удовлетворяющие эти потребности.

У бычков потребность в чистом белке складывается из потребностей на поддержание жизни, чистого белка на прирост живой массы.

Потребность в чистом белке на поддержание складывается из потерь азота через кожный покров в расчете на белок, в обменном азоте кала в пересчете на белок, эндогенном азоте мочи в пересчете на белок. В пересчете на 1 кг обменной массы эта потребность у бычков принята равной 2,2 г.

Потребность в чистом белке на отложение считается в среднем численно равной 150г на кг прироста, но она зависит и от степени зрелости животного и его живой массы, т.к. с возрастом содержание белка в привесе снижается.

Чистый белок используется для удовлетворения различных потребностей с разной эффективностью, то есть доступность его будет различной. Так, доступность белка для поддержания равна 65% (0,65), на синтез белков тела 55% (0,6).

Общую потребность в обменном белке (ОБ,г/сутки) можно выразить уравнением:

$$\text{ДБО} = (\text{ДБП} + \text{ДБПр}) \cdot 1,1$$

где-ОБП- обменный белок на поддержание, рассчитанный:

$$\text{ОБП} = \text{ЖМ}^{0,75} \cdot 2,20 : 0,65$$

ОБПр-на прирост тканей ,г/сутки

$$\text{ОБПр} = \text{прирост} : 0,55$$

Коэффициент 1,1- расход аминокислот белков на глюконеогенез и энергозатраты в биосинтезе.

Удовлетворение потребностей в обменном белке происходит за счет доступного микробного белка (ОБМ) и доступного нерасщепленного кормового белка (ОБК). Потребность в ОБМ определяется как $\text{ДБМ} = \text{ОЭ} \cdot 7,16 \cdot 0,8 \cdot 0,8$

Потребность в доступном нераспадаемом кормовом белке (ОБК) определяется как: $\text{ОБО} - \text{ДБМ}$ (общий обменный белок) – ДБМ (доступный микробный белок). $\text{ОБК} = \text{ОБО} - \text{ДБМ}$

Доступный нерасщепленный кормовой белок переводится в сырой протеин с коэффициентом 0,7 (ДБК/0,7) (СНП).

Потребность в сыром распадаемом протеине СРП вычисляется по уравнению: $\text{СРП} = 7,16 \cdot \text{ОЭ} : 0,8$

Потребность животных в сыром протеине (СП) равна сумме $\text{СП} = \text{СРП} + \text{СНП}$

Пример для расчета потребности в обменном белке бычка живым весом 400кг, суточным приростом 1,5 кг.

1. Содержание белка в приросте -17 г/кг

2. Потребность в обменном белке на поддержание жизни-3,38г/кг $\text{ЖМ}^{0,75}$

6. Эффективность использования ЧБ на отложение -55%

Расчет потребностей бычка в обменном для обмена белке.

1. Потребность в ОБ на поддержание $3,38 \cdot 400^{0,75} = 3,38 \cdot 89,4 = 302\text{г}$

2. Потребность в ОБ на синтез белков прироста $17 \cdot 1,5:0,65 = 392\text{г}$
 Суммарная потребность в белке составляет $302 + 392 = 694\text{г}$. Суммарная потребность с учетом расхода аминокислот на энергозатраты составляет $694 \cdot 1,1 = 763\text{г}$

Учитывая сравнительную сложность расчетов в определении потребности и удовлетворении в доступном белке была разработана компьютерная программа, в которой учитываются все вышеуказанные параметры и рассчитывается потребность в сыром протеине, распадаемом сыром протеине, нераспадаемом сыром протеине, содержание последнего в сухом веществе рациона в зависимости от массы тела, возраста и прироста.

Определив потребность в сыром протеине, распадаемом и нераспадаемом в рубце и располагая данными по распадаемости протеина кормов, можно составить рацион в соответствии с потребностями в обменном белке. Анализ данных проведенных опытов по отработке нормативного содержания фракций протеина в рационах показал, что уровень продуктивности достоверно коррелировал с количеством нераспадаемого протеина в рационе и процентным содержанием нераспадаемого протеина в сухом веществе рациона. Поэтому, кроме уровня протеина, процента распадаемости сырого протеина рациона необходимо контролировать содержание нераспадаемого протеина в рационе и его процент в сухом веществе.

Эффективность использования протеина на привес при нормировании уровней распадаемого и нераспадаемого протеина

Опыты проведены на растущем и откармливаемом молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой и холмогорской пород при изменении условий питания (уровень кормления, качество протеина и крахмала корма, кратность кормления). Исследования выполнены методом групп и периодов. Содержание животных привязное, кормление индивидуальное по детализированным нормам (Нормы и рационы ..., 2003). В большинстве опытов рационы для бычков состояли из злакового сена, силоса разнотравного и комбикорма в количестве от 40 до 55 % по обменной энергии.

В первом опыте в состав комбикорма бычков опытной группы был включен кукурузный глютен взамен подсолнечного шрота, в результате чего распадаемость протеина в рационе бычков контрольной группы составила 72%, а в опытной - 56 %. Можно было полагать, что у животных опытной группы, в результате снижения распадаемости в рубце протеина и при достаточной обеспеченности микрофлоры рубца энергией и распадаемым протеином, суммарное поступление в двенадцатодуodenum нераспавшегося протеина корма и белка микроорганизмов будет больше и, соответственно, в метаболический пул организма поступит больше аминокислот.

Установили, что использование в рационе бычков при интенсивном доращивании и откорме кормов с более низкой распадаемостью в рубце протеина (глютен взамен подсолнечного шрота), при одинаковом содержании энергии и сырого протеина, обеспечивает повышение по сравнению с контролем среднесуточного прироста на 10,7% (1469г против 1379 г), ретенции азота на 4,4% и эффективности синтеза мышечного белка на 7-8%.

Таблица 15

Рационы для бычков по периодам опыта

Компоненты	Периоды опыта		
	Предварительный (73 дня)	Опытный (98 дней), группы	
		контрольная	опытная
Сено, кг	2,4	2,4	2,4

Силос, кг	8	12	12
Комбикорм, кг	3,45	4,5	4,5
Сухое вещество, кг	7,14	9,08	9,10
Кормовые единицы	6,34	8,23	8,19
Обменная энергия, МДж	65,59	85,40	85,40
Сырой протеин, г	905	1180	1180
Сырая клетчатка, г	1166	1412	1322
Сырой жир, г	324	425	364
Сырая зола	504	645	607
Крахмал, г	1228	1599	1752
Сахар, г	82	100	100
Кальций, г	40,8	54,4	58,8
Фосфор, г	38,0	50,4	45,0
Магний, г	13,3	17,5	14,2
Сера, г	16,0	20,5	16,9
Железо, мг	1485	1858	1972
Медь, мг	99,4	125,0	114,0
Цинк, мг	402	517	474
Марганец, мг	763	1050	1030
Кобальт, мг	4,68	6,14	5,91
Йод, мг	7,35	9,45	9,05
Каротин, мг	286	416	414
Витамин D, тыс. ME	8,89	10,71	10,74
Витамин E, мг	494	704	718

Показали, что бычки опытной группы по сравнению с контролем на 6,8% ($P < 0,05$) меньше потребляли валовой энергии, но эффективнее её использовали за счет снижения потерь энергии с калом на 16,7% ($P < 0,01$), с мочой -на 22,55% ($P > 0,05$) и с теплопродукцией на 15,0% ($P > 0,05$). Соответственно у этих животных на 25,7 % ($P > 0,05$) был выше уровень энергии, отложенной в теле (табл. 6). Эффективность использования обменной энергии на прирост (отношение энергии продукции к обменной энергии) составила $43,41 \pm 5,02$ в опытной группе против $34,08 \pm 4,15$ в контроле, то есть на 27,4% ($P < 0,1$) выше.

Таблица 16

Потребление и использование энергии корма у 14-месячных бычков при применении комбикормов с разной распадаемостью протеина, МДж/сутки
Масса тела в среднем 320 кг

Показатели	Группа	
	Контрольная	Опытная
Валовая энергия	$163,93 \pm 1,83$	$153,45 \pm 3,72$
Энергия кала	$58,91 \pm 1,20$	$50,48 \pm 2,02$
Переваренная энергия	$105,02 \pm 1,61$	$102,97 \pm 2,58$
Энергия мочи	$4,68 \pm 0,71$	$3,82 \pm 0,81$

Теплота ферментации и энергия метана	17,85±0,26	17,50±0,44
Обменная энергия	82,49±1,54	81,65±2,73
Теплопродукция	54,12±3,1	46,00±3,6
Энергия продукции	28,37±3,79	35,65±5,86

Результаты балансового опыта показали, что после 2-месячного периода применения комбикорма с пониженной распадаемостью протеина бычки опытной группы по сравнению с контролем незначительно меньше потребляли корма и, соответственно, - сырого протеина (табл. 7). У животных опытной группы по сравнению с контролем меньше выделялось азота с мочой, что свидетельствует о тенденции к более высокой эффективности использования у них азота в обменных процессах.

Низкая распадаемость в рубце протеина глютенa, как основного белкового корма в рационе, сказалась на более низкой концентрации аммиака в рубце бычков опытной группы (9,52±0,56 мг% против 12,78±0,61 мг% в контроле), что соответственно обеспечило меньшее значение рН содержимого рубца (среднесуточные значения рН - 6,69±0,04 против 6,9±0,04 в контроле).

На 1 кг прироста массы тела у бычков контрольной группы затрачено 919,9 г сырого протеина корма и 59,8 МДж обменной энергии, а у животных опытной группы соответственно 832,9 г и 55,6 МДж, что на 9,5 и 7,0% меньше.

Таблица 17

Потребление и использование азота корма у 14-месячных бычков при применении комбикормов с разной распадаемостью протеина,
масса тела в среднем 320 кг

Показатели	Группа		% к контролю
	Контроль	Опыт	
Принято азота с кормом, г/сутки	202,96 ± 1,47	195,76 ± 5,89	96,4
Переварено азота, г/сутки	132,07 ± 2,98	128,99 ± 3,67	97,7
%	65,07 ± 1,34	65,91 ± 0,47	101,3
Выделено с калом, г/сутки	70,89 ± 2,42	66,77 ± 2,48	94,2
Выделено мочой, г/сутки	81,09 ± 2,98	75,86 ± 2,40	93,6
Усвоено азота, г/сутки	50,98 ± 4,14	53,13 ± 4,55	104,2
% от принятого	25,12 ± 1,98	27,14 ± 1,74	108,0
% от переваренного	38,40 ± 2,65	41,19 ± 2,76	107,3

С увеличением живой массы бычков в крови животных обеих групп наблюдалось увеличение концентрации мочевины, как до приема корма, так и через 3 часа после него. Использование кормов с пониженной распадаемостью протеина в рубце привело к снижению интенсивности образования аммиака в рубце бычков опытной группы и концентрации мочевины в крови до и через 3 часа после приёма корма.

Приведенные выше результаты прижизненной оценки метаболических процессов были подтверждены данными, полученными после убоя животных в 15-месячном возрасте (табл. 18). У бычков опытной группы по сравнению с контролем достоверно больше доля мякоти в туше (на 3,8%), выше отношение мякоти к костям (на 18,0%) и мякоти к жиру (на 14,57%).

Таблица 18

Показатели мясной продуктивности 15-месячных бычков

Показатели	Группы		% к контролю
	контрольная	Опытная	
Живая масса перед убоем, кг	360±9,5	368±10,7	102,2
Масса туши, кг	182,6±5,4	187,0±7,1	102,4
Убойный выход туши, %	50,72±0,63	50,85±0,91	100,3
с внутренним жиром, %	53,52±0,5	53,40±0,9	99,77
Масса мякоти, кг	138,6±3,26	147,5±6,12	106,4
Мякоти на 100 кг живой массы, %	38,51±0,43	40,09±0,84	104,1
Мякоти в туше, %	75,93±0,49	78,81±0,43	103,8 **
Масса костей, кг	44,05±2,16	39,55±1,24	89,75
Костей в туше, %	24,07±1,10	21,19±0,43	88,03 **
Отношение мякоти к костям	3,16±0,08	3,73±0,10	118,0 **
Масса внутреннего жира, кг	10,00±0,96	9,29±0,75	92,90
Масса окопачечного жира, кг	4,69±0,55	3,65±0,49	78,66
Жира на 100 кг живой массы, %	2,80±0,30	2,54±0,24	90,71

Рекомендуемая литература

1. Аитова М.Д. Аминокислотная питательность кормов для жвачных животных и методы ее определения. Протеиновое питание и продуктивность жвачных животных. Сборн. научн. труд. ВНИИФБиП., Боровск, 1989:110-118.
2. Аитова М.Д. Метаболизм аминокислот в преджелудках коров. Научн. труды ВНИИФБиП. Боровск, 1983, 26: 11-22.
3. Биологическая полноценность кормов 1989
4. Ерсков Е.П., Хьюдж-Джонс М., Макдональд И. Гидролиз протеиновых добавок и использование нерасщепленных фракций протеина высокопродуктивными молочными коровами. В кн.: Новейшие достижения в исследовании питания животных. Вып. 2, М.: Колос, 1983: 85-99.
5. Кальницкий Б.Д., Харитонов Е.Л. Процессы ферментации белка в преджелудках жвачных и возможности оптимального нормирования белкового (аминокислотного) питания молочных коров. Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов.-Краснодар, Кубанский ГАУ, 2005, 131-156с.

6. Курилов П.Н. Физиолого-биохимическое обоснование повышения эффективности использования протеина жвачными животными на основе его расщепляемости в рубце. Автореф. дисс.д.б.н., Дубровицы.- 1990:49с.
7. Маркин Ю.В. Физиологическое обоснование методов повышения энергетической и протеиновой обеспеченности лактирующих коров и молодняка крупного рогатого скота. Автореф. дисс. д.б.н. , Дубровицы, 1997: 37с.
8. Методы исследования питания с.-х. животных, Боровск, 1998:132-140.
9. Новая протеиновая система оценки и нормирования протеина. 1989г., Боровск.С.105
10. Определение растворимости и распадаемости протеина кормов (Методические указания) Боровск, 1987: 12 с.
11. Пиатковский Б. Использование питательных веществ жвачными животными /пер. с нем. Под ред. Холманова А.М.-М.:Колос,1978.-424с
12. Уилсон П.Н., Стречен П.Дж. Доля нерасщепленных фракций протеина в обеспечении потребности коров в протеине. В кн.: Новейшие достижения в исследовании питания животных. М., 1983: 85-100.
13. Физиологические потребности в энергетических и пластических субстратах и нормирование питания молочных коров с учетом доступности питательных веществ. (справочное руководство), Боровск, 2007,-130с.
14. Фицев А.И., Воронкова Ф.В. Растворимость, расщепляемость и аминокислотный состав протеина кормов, используемых в кормлении жвачных. С.-х. биология,1987, №7.-С.88-91.
15. Хагемейстер Х., Кауфман У., Пфеффер Э. Факторы, влияющие на поступление азота и аминокислот в кишечник молочных коров. В кн.: Белковый обмен. М.: Колос, 1980: 301-302.
16. Харитонов Е.Л. Определение распадаемости сырого протеина кормов рациона различными методами. Бюллетень ВНИИФБиП с.-х. жив., 1989, вып. 2(94): 58-62.
17. Харитонов Е.Л. Эвакуаторная функция пищеварительного тракта жвачных животных в связи с факторами кормления. С.-х. биология.,1999,4:с.57-63.
18. Харитонов Е.Л., Материкин А.М., Мысник Н.Д. Подходы к определению поступления аминокислот из пищеварительного тракта жвачных. Сб. научн. Тр., Боровск, 2000, 39:235-245.
19. Харитонов Е.Л., Погосян Д.Г. К методике определения переваримости сырого протеина кормов in vitro. Бюлл. ВНИИФБиП, 1992:1(102).
20. Харитонов Е.Л., Погосян Д.Г. К методике определения переваримости сырого протеина кормов in vitro. Бюллетень ВНИИФБиП с.-х. жив., 1992, вып. 1(102): 66-70.
21. Черепанов Г.Г. Существует ли зависимость переваримости в кишечнике от распадаемости в рубце – постановка задачи и количественный прогноз. Труды ВНИИФБиП, 2004, том XLIII: 149-158.
22. Agricultural and Food Research Council, 1992. Technical Committee on Responses to Nutrients. Rep. No. 9. Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Protein. Nutr. Abstr. Rev. Ser. B., Livest. Feeds Feeding 62.-P.787-835
23. Agricultural Research Council: The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock.- Commonwealth Agricultural .Bureaux.-Ldn.-1980.-P.351.
24. Agricultural Research Council: The Nutrient Requirement of Ruminant Liveetock.- C.A.B.-Suppl.1.-1984.-P.88.
25. Alderman G., Jarrige R. Feed evaluation and protein requirement systems for ruminant. CEC-EAAP Seminar, Brussels, 1986.
26. Bach A., Marshall D., Stern N. Measuring resistance to ruminal degradation and bioavailability of ruminally protected methionine.// Animal Feed Sci. and Technology 84 (2000) :23-32

27. Berthiaume R., Lapierre H. et.al. Comparison of the in situ and in vitro intestinal disappearance of ruminally protected methionine // J. Dairy Sci. 2000.-V.83.-P.2049-2056.
28. Danfaer A. A dynamic model of nutrient digestion and metabolism on lactating dairy cows. Beretning fra Staens Husdyrbrug frog report from the national Institute of Animal Sci. Denmark. 1990. 508p.
29. Hvelplund T., Madsen J. Prediction of individual amino acid passag to the small intestine of dairy cows from characteristics of the feed . Acta Agric. Scand. 1989,39:65-78.
30. INRA (Institut National de la Recherche Agronomitjue), 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA Publications, Versailles. Paris (France).
31. Nutrient Requirements of Dairy Cattle.-Nat. Acad. Sci.-Washington.-1979.-69p.
32. Orskov E.R., McDonald I. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci., 1979, 92, 2: 409-503.
33. Voigt J., Piatkowsky B., Engelmann M., et.al. Measurement of the postruminal digestibility of crude protein by the bag technique in cows. Arch. fur Tierernahr., 1985,35,8: 555-562.
34. Zinn R.A., Owens F.N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. Can. J. Sci., 1986, 66: 152-166.

Приложения

Приложение 1.

Классификация кормов по распадаемости протеина в рубце жвачных

71 - 90%	61 - 70%	30 - 50%
Трава однолетних культур (рожь, овес, рапс, вика, подсолнечник и др.)	Трава злаковых пастбищ	Кукуруза (зерно)
Трава злаково-бобовых пастбищ	Сено злаковое посевное	Кукурузный глютен
Силос кукурузный	Сено злаковое активного вентилирования	Резка злаковая
Силос из бобовых и злаковых трав	Травяные брикеты	Свекловичный жом
Сенаж бобовых	Травяная мука бобовых	Рыбная мука
Свекла кормовая	Пшеничные отруби	Сорго
Ячмень (зерно)	Соевый шрот	
Пшеница (зерно)	Льняной жмых	
Горох	Сено люцерновое	
Рапсовый шрот		
Хлопковый шрот		
Подсолнечный шрот		

Приложение 2.

Распадаемость и содержание сырого протеина (СП) в кормах для жвачных

Вид корма	Распадаемость, %	Содержание, г/кг
-----------	------------------	------------------

Зеленые корма

Люцерна	85 - 90	50
Клевер красный	90 - 95	38
Горох, цветение	85 - 90	41
Ежа сборная	68 - 73	33
Тимофеевка, колошение	70 - 85	31
Пырей посевной, колошение	80	55
Кукуруза, молочно-восковой спелости	65 - 70	21
Вико-овсяная смесь (50-50): вика - начало цветения, овес - колошение	90	35
Вико-овсяная смесь (50-50): вика - в нижнем ярусе зеленый стручек, овес - молочная спелость	65 75 - 80	32 31
Рожь озимая, выход в трубку	75	20
Грубые корма	65 - 70	25
Силос кукурузный, 20% СВ		
Силос кукурузный, 25% СВ	68	25
Силос кукурузный, консервированный препаратом «Биосил»	65 70 - 80	24 31
Силос кукурузный с подсолнечником	60 - 70 70	33
Силос многолетних сеяных злаков	78	
Силос разнотравный		
Силос рапсовый	72	
Силос донниковый		
Силос донниковый, консервированный формалином	73	
Силос донниковый, консервированный КНМК (0,4%)	65 65	48
Силос донниковый, консервированной бензойной кислотой (0,4%)	58	45
Силос из клевера красного		
Силос из клевера красного, консервированного «Биосилом»	50 65	25 32
Силос кукурузный, консервированный препаратом «Вихер»	65 60 - 65	43 144
Силос горохово-овсяный		
Сенаж из тимофеевки	70	144
Сено люцерновое		
Сено люцерновое 28% влажности, заготовленное с 2% пропионовой кислотой	64 60	144 144
Сено люцерновое 28% влажности, заготовленное с 2,5% КНМК	60 - 65 50 - 60	127 82
Сено люцерновое 28% влажности, заготовленное с 1,7% изобутирата аммония	55 - 60 68 55 - 60	85 95 85
Сено клеверное	54	91
Сено овсяное, злаковое	55	117

Сено тимopheeчное	54	95
Сено отава тимopheевки	56	85
Сено злаковое активного вентили-	51	100
рования	45 - 55	97
Сено злаково-бобовое	39 - 41	37
Сено вико-овсяное	46	39
Сено разнотравное	49	49
Сено злаково-разнотравное	55 -65	
Сено бобово-разнотравное	50	
Сено луговое	60 -65	
Солома пшеничная	50 - 60	
Солома овсяная	48	
Солома ячменная	40	
Брикеты кукурузные	47	
Гранулы травяные, бобовые	55 - 60	
Травяная резка злаковая		
Травяная мука ежи сборной		
Травяная мука вико-овсяная		
Травяная мука вико-овсяная, гра-	75 - 85	113
нулированная	70 - 75	133
Травяная мука злаково-бобовая, гра-	35 - 40	92
нулированная	70 -75	218
Травяная мука разнотравная	75 - 85	108
	45 -50	108
Концентрированные корма	65 - 75	151
	61	77
Дерть ячменная	48	
Дерть пшеничная		
Дерть кукурузная	61	160
Дерть гороховая		
Дерть овсяная	55	165
Дерть просяная		
Отруби пшеничные	56	186
Жом свекловичный сухой		
Сорго	68	213
Гранулы (люцерна - 65%, ячмень		
(зерно) - 20%, рапс (семена) - 15%		
Гранулы (люцерна - 63%, ячмень -	76	109
20%, рапс - 15%, мочеви́на - 2%)		
Гранулы (люцерна - 78%, ячмень -		
20%, мочеви́на - 2%)	89	131
Гранулы (люцерна - 75%, ячмень -		
20%, мочеви́на - 2%, меласса - 3%)	68	149
Экструдированная смесь (семена	67	
рапса - 35, ячмень - 22, мочеви́на -		
8, меласса - 2, минеральный пре-		
микс 33%)	90 - 95	13
Экструдированная смесь (ячмень -		
37,горох-30%, мочеви́на - 8, мелас-		
са - 2, минеральный премикс - 23%)	60 - 70	439
Экструдированная смесь (рапс - 30,	75 - 85	429
горох-45%, меласса - 2, минераль-		

ный премикс 23%)	65 - 80	429
Семена рапса	55 - 60	340
	75 - 85	378
Корнеплоды	25 - 35	621
Свекла кормовая	76	480
	36	
Протеиновые добавки		
Шрот соевый		
Шрот подсолнечный		
Шрот хлопчатниковый		
Шрот льняной		
Шрот рапсовый		
Рыбная мука		
Шрот арахисовый		
Глютен кукурузный		

Приложение 3

Белковая питательность исследованных кормов

Название ингредиента	Сырой протеин %	Распадаемого протеина г/100г	Нераспадаемого протеина г/100г	Усвояемый нераспадаемый протеин г/100г
соевый шрот №6	50,3	27,49	22,78	22,07
соевый жмых, №9	40,8	25,40	15,46	14,53
Соевый жмых №11	43,7	13,5	30,2	28,7
Соевый шрот №3	46,2	27,7	18,5	17,1
Подсолнечный шрот	36	28,1	7,9	6,3
Рапсовый шрот	36	25,2	10,8	8,1
Пивная дробина	24	17,04	6,96	5,35
Глютеновый корм	23	16,1	6,9	5,0
Глютен	63	9,45	53,5	29,1
Шрот кукурузный	25,0	20,2	4,8	3,9
Жмых кукурузный	24,5	9,8	14,7	11,0
Рапсовый жмых	32,34	21,24	11,11	8,3
Кукурузный глютен силосованный	21,2	16,4	4,8	3,3
Экструдированная соя	32,4	8,59	23,8	19,04
Сойпрот	50,8	6,89	43,96	32,2
Белкофф	42,4	11,6	30,8	27,5
Шелуха соевых бобов	12,3	6,47	5,84	3,66
Мепрон (метио-	50	15,8	34,5	31

нин)				
------	--	--	--	--

Приложение 4

Распадаемость в рубце и переваримость в кишечнике сухого вещества и сырого протеина кормов (%)

корма	Распадаемость в рубце		Переваримость в кишечнике	
	Сухого вещества	Сырого протеина	Сухого вещества	Сырого протеина
Глютен кукурузный (20% СП)	42,7	62,21	34,5	73,6
Глютен кукурузный (23% СП)	52,1	71,8	22,8	72,9
Глютен кукурузный (63% СП)	12,5	14,8	40,5	38,7
Шрот кукурузный	83,7	80,8	56,8	81,4
Белкофф				
БелкоффМ				
Соевые бобы	68-72	68-79		
Соевый шрот	53,8	32,7-60,1	74,6	92,8
Подсолнечный шрот	55,6	72,3-80,8	41,8	82,8
Пертолит	83,0	76,5	91,4	
Пивная дробина	66,0	66,5-71,3-	31,8-66	71,3-76,9
Горох		78-92		
Люпин		88		
Соевые бобы экстрадированные		37-50		
Рапс экстрадированный		55,4		
Льняной шрот		70,75		
Спиртовая барда		20-32		
Кукурузные зародыши		28,2		
Солодовые ростки		63,1		
Кровь сухая		2		82,7
Кукурузный глютен		27,2		
Глютен кормовой		73,4		
Глютен		14,8		
Глюиновый корм		54,4		
Пшеничный шрот		48,0		
Сойбест	52	26,4	79,3	93,8
Сойбест+		17,1		
Сойпас		14,8		
Сойпрот		13,5		
Мепрон		50,0		
Кукуруза	41,1	15,9-34,0		

Овес	72,3	82,9		
Пшеница (твердая)	61,38	79,2-91,2		
Пшеница (мягкая)	75,07	83,1		
Ячмень	70,3	71,4-86,9	22,7	72,3
Жом свекловичный	73,7	56,0	44,6	68,4
Отруби пшеничные	61,7	64,3		
Сено злаковое		18,9-36,0		
Сено козлятника восточного	51,5	44,5		
Сено разнотравное	58,7	61,6		
Сено овсяное	60,9	38,9	14,2	63,1
Сено разнотравно-злаковое	62,5	37,8	14,6	60,6
Силос разнотравный	65,0	58,5	15,7	54,1

Приложение 5.

КОРМА РАСТИТЕЛЬНЫЕ

ГОСТ 23074-39

Метод определения растворимости сырого протеина

Настоящий стандарт распространяется на корма растительного происхождения (зеленые корма, сено, силос, сенаж, искусственно высушенные травяные корма, корнеплоды и другие корма, получаемые при переработке растительного сырья) и устанавливает метод определения растворимости сырого протеина.

Метод применяется также при определении растворимости сырого протеина в комбикормах и комбикормовом сырье.

1. Метод отбора проб

Отбор проб - по ГОСТ 27262, ГОСТ 13496.0.

2. Определение растворимости сырого протеина

2.1. Сущность метода заключается в обработке продукта буферным раствором, близким по химическому составу к рубцовой жидкости жвачных животных, последующем удалении раствора и определении содержания нерастворимого азота. Растворимость сырого протеина определяют расчетным путем по содержанию азота в испытуемой пробе до и после обработки ее буферным раствором.

2.2. Аппаратура, материалы, реактивы

Измельчитель проб растений ИПР-2, соломорезка ИСР-1.

Ножницы.

Мельница лабораторная марки МРП-2 и других аналогичных марок.

Сито металлическое с диаметром отверстий 1 мм.

Ступка фарфоровая с пестиком.

Весы лабораторные по ГОСТ 24104 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г.

Весы лабораторные по ГОСТ 24104 3-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500 г.

Термостат биологический с водяной рубашкой или суховоз-душного нагрева.

Аппарат для встряхивания жидкости типа АБУ-6а.

Штатив лабораторный ШЛ.

Пробирки мерные исполнения 2 вместимостью 15 см³ по ГОСТ 1770.

Воронки стеклянные лабораторные диаметром 2-3 см по ГОСТ 25336.

Пипетки исполнений 1, 2, 4, 5 вместимостью 10 см³ по ГОСТ 20292 2-го класса точности.

Колбы мерные вместимостью 1000 см³ по ГОСТ 1770-74. Фильтр бумажный беззольный (белая лента) диаметром 5,5 см.

Бумага индикаторная универсальная.

Натрий углекислый кислый по ГОСТ 4201, ч.д.а.

Калий хлористый по ГОСТ 4234, ч.д.а.

Кальций хлористый.

Натрий хлористый по ГОСТ 4233, ч.д.а.

Натрий фосфорнокислый двузамещенный по ГОСТ 4172, ч.д.а.

Магний сернокислый (эпсолит) по ГОСТ 4523.

Кислота соляная по ГОСТ 3118, х.ч.

Натрий гидроокись по ГОСТ 4328, х.ч.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Примечание: Допускается использовать аппаратуру, мерную посуду и другие средства измерения, имеющие такие же или лучшие метрологические характеристики.

2.3. Подготовка к испытанию

2.3.1. Подготовка проб к испытанию

2.3.1.1. Объединенные пробы сена, силоса, сенажа, соломы и зеленых кормов измельчают на отрезки длиной 1 - 3 см. Корнеплоды и клубнеплоды измельчают на пластинки (ломтики) толщиной до 0,8 см. Из объединенной пробы методом квартования выделяют среднюю пробу массой 100 г.

2.3.1.2. Среднюю пробу зеленых кормов, силоса, сенажа измельчают ножницами на отрезки длиной до 5 мм. Из средней пробы отбирают 15 - 20 г и дополнительно измельчают ножницами на отрезки длиной не более 3 мм.

2.3.1.3. Среднюю пробу сена, соломы и искусственно высушенных травяных кормов измельчают на мельнице и просеивают через сито. Остаток на сите после дополнительного измельчения вручную добавляют к просеянной части и тщательно перемешивают.

2.3.2. Приготовление реактивов

2.3.2.1. Приготовление буферного раствора (буфер Мак-Даугала): в 50 - 100 см³ дистиллированной воды в отдельном стакане растворяют следующие реактивы:

натрий углекислый кислый - 9,8 г;

калий хлористый - 0,037 г;

кальций хлористый - 0,040 г;

натрий фосфорнокислый двузамещенный - 9,3 г;

натрий хлористый - 0,47 г;

магний сернокислый - 0,12 г;

Полученный раствор пипеткой переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см³ и доводят объем до метки дистиллированной водой. Раствор тщательно перемешивают, корректировку pH проводят до 6,5 - 7,0 соляной кислотой концентрации 6 моль/дм³ или гидроокисью натрия с массовой долей 10%.

2.4. Проведение испытания

2.4.1. Для определения содержания нерастворимого азота из подготовленной по п. 2.3.1.2 пробы после тщательного перемешивания берут навеску корма массой 500 мг с погрешностью не более 10 мг. Из подготовленной по п. 2.3.1.3 пробы берут навеску корма массой 100 мг с погрешностью взвешивания не более 1 мг.

Навеску помещают в толстостенную пробирку вместимостью 15 см³, приливают 8,3 см³ буферного раствора, пробирку плотно закрывают резиновой пробкой, содержимое пробирки тщательно перемешивают, ставят в штатив, который зажимают пластиной и закрепляют в горизонтальном положении на встряхивающем аппарате, помещенном в биологический шкаф с температурой 39⁰С. Экстракция продолжается 1,5 ч. После окончания экстракции нерастворимый остаток количественно переносят на бумажный фильтр дистиллированной водой. Остаток вместе с фильтром минерализуют и определяют содержание азота по ГОСТ 13496.4. Одновременно в пробах кормов, взятых для определения нерастворимого азота, определяют содержание общего азота.

2.5. Обработка результатов

2.5.1. За окончательный результат определения содержания общего азота и нерастворимого азота принимают среднее арифметическое результатов четырех параллельных определений. Результаты вычисляют до третьего десятичного знака и округляют до второго десятичного знака.

Допускаемые расхождения между результатами параллельных определений (d) не должны превышать значения, вычисленного по формуле:

$$d = 0,112 + 0,029 \cdot X$$

где 0,112; 0,029 - постоянные коэффициенты;

X - среднее арифметическое результатов четырех параллельных определений.

Содержание растворимого азота (X) в миллиграммах вычисляют по формуле: $X = (X_1 - X_2)$,

где X₁ - содержание общего азота в испытуемой пробе, мг;

X₂ - содержание нерастворимого азота в испытуемой пробе, мг.

2.5.2. Растворимость сырого протеина (X₃) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_3 = \frac{X \cdot 100}{X_1} \cdot 6,25,$$

где 6,25 - постоянный коэффициент.

КОРМА РАСТИТЕЛЬНЫЕ

ГОСТ 23075-89

Метод определения расщепляемого сырого протеина

Настоящий стандарт распространяется на зеленые корма, сено, силос, мякину, сенаж, солому, искусственно высушенные травяные корма, корнеплоды, сушеные отходы промышленной переработки растительного сырья (барда, мезга, дробина, жом) и устанавливает метод определения расщепляемости сырого протеина в испытуемой колбе.

Метод применяется также при определении расщепляемости протеина в комбикормах и комбикормовом сырье.

1. Метод отбора проб

Отбор проб - по ГОСТ 27262, ГОСТ 13496.0.

2. Определение расщепляемости сырого протеина

2.1. Сущность метода заключается в инкубации корма, положенного в мешочек из синтетической ткани и помещенного в рубец взрослых жвачных животных и определении азота в испытуемой пробе корма до и после его инкубации.

2.2. Аппаратура, материалы

Измельчитель проб растений ИПР-2, соломорезка ИСП-1. Мельница лабораторная марки МРП-2 и других аналогичных марок.

Ножницы.

Весы лабораторные по ГОСТ 24104 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500 г.

Шкаф сушильный.

Нить синтетическая.

Сито металлическое диаметром отверстий 1 мм.

Бумага фильтровальная по ГОСТ 12026.

Ступка фарфоровая с пестиком.

Мешочки из синтетической ткани по действующей нормативно-технической документации (арт.56159, 56326).

Леска капроновая с поперечным сечением 0,5 - 0,8 мм.

Фистулы рубца диаметром не менее 45 мм.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Примечание: Допускается использовать аппаратуру и другие средства измерения, имеющие такие же или лучшие метрологические характеристики.

2.3. Подготовка к испытанию

2.3.1. Подготовка проб к испытанию

2.3.1.1. Объединенные пробы сена, силоса, сенажа, соломы и зеленых кормов измельчают на отрезки длиной 1 - 3 см. Корнеплоды и клубнеплоды измельчают на пластинки (ломтики) толщиной до 0,8 см. Из объединенной пробы, разделенной на четыре треугольника, выделяют среднюю пробу массой 150 г.

2.3.1.2. Среднюю пробу зеленых кормов, силоса и сенажа измельчают ножницами на отрезки длиной не более 5 мм. Из средней пробы выделяют ее часть массой около 70 г, которую дополнительно измельчают ножницами на отрезки длиной не более 3 мм.

2.3.1.3. Среднюю пробу сена, соломы, искусственно высушенных травяных кормов, комбикормов и комбикормового сырья, отходов промышленной переработки растительного сырья измельчают на мельнице и просеивают через сито диаметром отверстий 1 мм. Трудноизмельчимый остаток на сите после дополнительного измельчения вручную ножницами или в ступке добавляют к просеянной части и тщательно перемешивают.

2.3.2. Подготовка к испытанию

2.3.2.1. Для проведения испытаний подбирают по принципу аналогов три головы кастрированных бычков средней живой массой не менее 250 кг или три головы взрослых овец (валухов) средней живой массой не менее 40 кг.

Взрослому крупному рогатому скоту или овцам накладывают постоянные фистулы рубца диаметром не менее 45 мм. Продолжительность послеоперационного периода 3 недели.

2.3.2.2. Животных за 2 недели до начала испытаний и в период испытаний содержат на рационе, состоящем по питательности из 70% объемистых кормов (35% сена + 35% силоса) и 30% концентратов или из 70% зеленого корма и 30% концентратов. Концентраты должны включать не менее трех источников протеина. Общее содержание сырого протеина в рационе должно быть не менее 13% по сухому веществу. Уровень кормления животных - поддерживающий плюс 5% (в зависимости от живой массы животного, МДж). Кормление животных двукратное с минимальным интервалом 8 ч.

2.3.2.3. Подготовка мешочков

Мешочки прямоугольной формы с закругленными углами сшиваются синтетической нитью двойным швом плотным стежком. Размер мешочков 5×11 см.

2.4. Проведение испытания

2.4.1. Из тщательно перемешанной пробы, подготовленной по п. 2.3.1, берут навеску корма массой 8 г, а из пробы, подготовленной по п. 2.3.1.3 - навеску массой 3 г. Навеску помещают во взвешенный и пронумерованный мешочек, зашивают (или плотно завязывают). Связку мешочков (не более 6 шт.), нанизанных на леску длиной 65 - 70 см для овец и 75 - 90 см для крупного рогатого скота, помещают в фистулу в рубец опытного животного сразу после кормления. Мешочки с пробами сухих кормов перед закладкой в фистулу погружают на 1 мин в теплую дистиллированную воду. Продолжительность инкубации корма в мешочке - 6 ч, а для грубых кормов - 24 ч. По истечении срока инкубации мешочки извлекают, промывают под струей воды не менее 3 мин (до чистой воды), разминая пальцами содержимое мешочка, а затем однократно в дистиллированной воде. Мешочки подсушивают на фильтровальной бумаге и доводят в сушильном шкафу при температуре 65⁰С до постоянной массы. Высушенные мешочки взвешивают, тщательно перемешивают их содержимое и берут навеску массой 500 мг для определения содержания азота в сухом веществе остатка.

Определение содержания общего азота в сухом веществе остатка корма после его инкубации проводят по ГОСТ 13496.4 из одной и той же пробы корма.

2.5. Обработка результатов

2.5.1. Содержание общего азота и азота остатка определяют в сухом веществе в двух параллельных повторностях для каждого животного. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов шести определений. Результаты вычисляют до третьего десятичного знака и округляют до второго десятичного знака.

Допускаемые расхождения между результатами параллельных определений (d) не должны превышать значения, вычисленного по формуле:

$$d = 3,49 + 0,19 \cdot X,$$

где 3,49; 0,19 - постоянные коэффициенты; X - среднее арифметическое результатов шести определений.

Содержание азота в сухом веществе остатка корма (X) в мг вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(CB \cdot X_1)}{100},$$

где СВ - содержание сухого вещества в остатке корма после инкубации, мг;

X₁ - содержание азота в остатке корма после инкубации, мг.

2.5.2. Содержание расщепленного сырого протеина в испытываемой пробе (X₂) в мг вычисляют по формуле:

$$X_2 = (X_3 - X) \cdot 6,25,$$

где X₃ - содержание общего азота в сухом веществе навески корма, мг;

6,25 - постоянный коэффициент.

2.5.3. Расщепляемость сырого протеина (X₄) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_4 = \frac{X_2 \cdot 100}{X_3 \cdot 6,25}$$

Состав комбикормов (% по массе) и их питательность

Компоненты	Комбикорма				
	К 60-1	К-5	К-7	К-8	К-9
Пшеница	29,0	-	-	-	-
Ячмень	20,0	-	-	24,0	-
Кукуруза	-	49,0	36,2	-	44,0
Отруби	15,5	16,0	16,0	27,2	18,6
Травяная мука	10,0	11,0	8,0	8,0	-
Травяная мука люцерны	-	-	-	-	10,0
Подсолнечный шрот	22,0	-	-	17,6	-
Соевый шрот	-	20,0	17,6	-	-
Глютен	-	-	20,0	20,0	-
Бикарбонат натрия	-	-	-	-	1,4
Кормовой фосфат	2,0	2,0	1,6	1,6	2,0
Поваренная соль	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0
Премикс	1,0	1,0	0,8	0,8	1,0

В 1 кг комбикорма содержится:

Кормовых единиц	1,0	1,08	1,08	0,95	1,05
Обменной энергии, МДж	9,69	10,8	10,9	9,75	10,6
Сырого протеина, г	188,	7	4	196,	6
Переваримого протеина,г	1	173,	194,	6	186,
Распадаемого протеина, г	151,	3	6	149,	2
Нераспадаемого протеина,г	4	135,	148,	3	149,
Распад протеина, %	142,	9	2	113,	2
Сырой жир, г	2	100,	91,5	4	108,
Сырая клетчатка, г	45,9	3	103,	83,2	2
Крахмал, г	75,6	73,0	1	57,7	77,8
Сахар, г	26,3	57,9	47,0	30,8	58,2
Лизин,г	87,6	34,5	33,9	88,0	34,4
Метионин г	254,	75,9	65,4	212,	76,0
Гистидин, г	9	278,	289,	2	250,
Кальций, г	29,8	2	5	31,5	6
Фосфор, г	6,07	51,6	47,3	7,75	52,9
Медь, г	1,54	8,61	8,78	4,03	8,55
Цинк, мг	3,49	2,28	4,34	3,41	2,18
Кобальт, мг	8,3	3,09	3,92	8,3	3,11
Йод, мг	8,6	7,7	7,6	9,1	7,8
Сера, мг	19,0	8,1	7,9	16,9	8,4
	86,1	15,9	15,4	72,8	16,5
	1,54	87,3	76,9	1,47	89,2
	1,36	1,44	1,37	1,33	1,47
	1,81	1,34	1,29	2,14	1,40
		1,63	1,94		1,70

Таблица 7 Рационы кормления бычков в период выращивания и откорма

Корма, кг	Периоды опыта			
	выращивание		откорм	
	группы			
	1	2	1	2
Сено злаковое	1,0	1,0	1	1
Силос вико-овсяный	6	6	14	14
Комбикорм	5	4,5	5,75	5,25
Жмых соевый	0,25	0,75		0,75
Жмых подсолнечный			0,25	
В рационе содержится				
Сухого вещества, кг	7,4	7,4	11,5	11,5
Обменной энергии (ОЭ)	75	75	98,5	98,7
Сырого протеина	1093	1195	1411	1529
Распадаемого протеина	794	855	932	971
Обменного протеина (ОБ)	602	624	830	877
Сырой клетчатки	1120	1089	2125	2068
Сырого жира	203	228	312	336
ОБ/ОЭ	8,0	8,3	8,4	8,8

Функциональная активность эндокринных желез у молодняка крупного рогатого скота в связи с факторами питания.

д.б.н., профессор В.А.Матвеев

Состояние соматотропной функции аденогипофиза и инсулярного аппарата поджелудочной железы у бычков при разных уровнях питания.

С целью изучения влияния условий питания жвачных животных на функциональное состояние эндокринных желез провели 12 опытов на бычках холмогорской и чернопестрой пород на разных стадиях их выращивания и откорма. Результаты этих исследований показали, что изменение уровня питания молодняка крупного рогатого скота наиболее существенно влияет на соматотропную функцию аденогипофиза и активность инсулярного аппарата поджелудочной железы. Для подтверждения данного положения приводим результаты опытов на бычках холмогорской породы при использовании рационов с контрастной структурой.

Параметры реакции аденогипофиза и инсулярного аппарата на прием корма у бычков, содержащихся на многокомпонентных рационах.

Эксперимент проведен на двух группах бычков холмогорской породы 11-месячного возраста (по 4 головы в каждой). Продолжительность опыта 2 месяца. Содержание животных привязное, кормление 2-разовое, индивидуальное по нормам, разработанным для интенсивного выращивания и откорма бычков (Калашников А.П. и др., 1985). Рационы для животных обеих групп (табл. 1) состояли из злакового силоса, кормовой пачки, ячменной дерти, брикетов из клеверной отавы, белково-витаминно-минеральной добавки (БМВД) и рассчитаны на получение в 1-й группе 800 -900 г среднесуточного прироста массы тела, а во 2-й группе – 1100 – 1200 г. Соответственно, уровень кормления бычков 1-й и 2-й групп составил 0,86 и 1,06 МДж обменной энергии на кг метаболической массы тела (живая масса в степени 0,75).

Животных взвешивали с 10-дневным интервалом и ежедневно учитывали потребление корма. В период опыта провели три серии взятия проб крови для биохимических анализов. Кровь брали пункцией яремной вены у бычков до кормления и через 1, 2, 3 и 4 часа после него. Целесообразность взятия проб крови по данной схеме обоснована следующими положениями.

Максимальная интенсивность поступления субстратов из желудочно-кишечного тракта в кровь и последующее распределение их для обеспечения физиологических функций обычно у жвачных животных наблюдаются в течение первых 2-4 часов после приема корма. Результаты наших исследований и данные литературы свидетельствуют, что в этот период, как правило, происходит существенное изменение уровня инсулина и соматотропина в крови, что меняет интенсивность и направленность метаболических потоков. Однако, данные о роли условий питания жвачных животных в регуляции функции эндокринных желез противоречивы, что затрудняет развить концепцию о гормональных механизмах регуляции метаболизма и реализации продуктивного потенциала животных.

Использование питательных веществ корма оценивали по результатам определения баланса азота, сухого вещества и энергии. Последняя определена с помощью сотрудников лаборатории энергетического питания под руководством В.И.Агафонова, за что мы весьма признательны и благодарим их.

Таблица 1

Рационы для 11-12-месячных бычков, выращиваемых на мясо.

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
Силос злаковый, кг	20,0	12,0	60,0
Патока кормовая, кг	1,0	1,2	120,0
Дерть ячменная, кг	1,0	4,0	400,0
Брикеты из клевера, кг	0,5	2,0	400,0
БМВД, кг	0,25	0,4	160,0
Кормовые единицы	6,5	9,6	147,7
Обменная энергия, МДж	79,05	104,85	132,6
Сухое вещество, кг	8,2	10,2	124,4
Сырой протеин, г	1042	1398	134,2
Переваримый протеин, г	677	937	138,4
Сырая клетчатка, г	1895	1640	86,5
Крахмал, г	538	2010	373,6
Сахара, г	524	627	119,7
Сырой жир, г	241	283	117,4
Кальций, г	68	72	105,9
Фосфор, г	25	27	108,0
Магний, г	21	24	114,3
Калий, г	126	156	123,8
Сера, г	30	29	96,7
Кобальт, мг	5,1	6	117,6
Марганец, мг	321	425	132,4
Йод, мг	2,1	3	142,9
Каротин, мг	281	462	164,4

Реакция эндокринной системы у бычков на прием корма проявилась в существенном изменении в плазме крови концентрации инсулина и соматотропина (табл. 5).

Таблица 5

Концентрация соматотропина, инсулина и их соотношение
в плазме крови 12-месячных бычков при разном уровне кормления

Группы животных	Время после кормления, часы				
	0	1	2	3	4
Соматотропин, пМоль/л					
1-я	102±53,7	31±5,5	35±12,9	225±34,7	310±35,2
% к и.д.	100,0	30,4	34,3	220,6	303,9
2-я	199±35,5	34±4,0	35±18,4	257±32,5	228±36,0
% к и.д.	100,0	17,1	17,6	129,1	114,6
% к 1-й гр.	195,1	109,7	100,0	114,2	73,5

Инсулин, пМоль/л					
1-я	51±17,9	102±17,9	69±10,7	87±8,6	55±12,6
% к и.д.	100,0	200,0	135,3	170,6	107,8
2-я	131±16,4	212±37,4	215±29,3	132±12,7	139±30,3
% к и.д.	100,0	161,8	164,1	100,8	106,1
% к 1-й гр	256,9*	207,8	311,6**	151,7*	252,7
соотношение концентраций гормонов, пМоль/пМоль					
1-я	2,3±0,85	0,3±0,12	1,0±0,19	1,7±0,17	3,2±0,71
% к и.д.	100,0	14,5	43,0	73,7	142,5
2-я	1,9±0,59	0,2±0,02	0,5±0,25	1,2±0,64	1,5±0,21
% к и.д.	100,0	7,8*	27,6	63,0	77,6
% к I гр.	84,2	45,4	54,1	72,0	45,8

Уровень этих гормонов в плазме крови бычков обеих групп после приема корма изменялся противоположно - концентрация инсулина значительно повышалась, а содержание соматотропина снижалось. В дальнейшем концентрация их приближалась к исходному уровню.

На ряд метаболических процессов в организме жвачных животных эти гормоны оказывают противоположное действие. Можно предположить, что именно соотношение их концентрации в крови определяло результат взаимодействия гормонов с рецепторами в клетках органов и тканей и, в конечном итоге, обеспечивало оптимальное соотношение интенсивности таких метаболических циклов, как липолиз/липогенез и гликолиз/глюконеогенез.

Для уточнения данного положения рассчитали молярное соотношение концентрации указанных гормонов в плазме крови бычков. Согласно данным приведенным в таблице 1, после приема корма в плазме крови бычков обеих групп значительно снижалось соотношение между содержанием соматотропина и инсулина. В дальнейшем оно постепенно повышалось и приближалось к исходному уровню через 4 часа после приема корма.

При повышенном уровне кормления концентрация инсулина в плазме крови бычков 2-й группы во все периоды исследования была существенно выше, чем у животных 1-й группы (табл. 5). Уровень соматотропина в плазме крови не имел достоверных различий между группами бычков в результате значительных индивидуальных колебаний. Коэффициент соотношения концентрации соматотропина к инсулину у животных 2-й группы был постоянно ниже, чем в 1-й группе.

При данной структуре рациона (табл. 1) разный уровень кормления не оказал существенного влияния на содержание в крови бычков глюкогена (табл. 6). Концентрация глюкозы и молочной кислоты в течение трех часов после приема корма не имела существенных различий между группами животных, а через 4 часа она оказалась достоверно ниже при высоком уровне кормления.

Концентрация глюкозы в крови бычков обеих групп после приема корма не увеличивалась, а имела тенденцию к снижению (табл. 6). Эти данные еще раз подтверждают нашу гипотезу о том, что у жвачных животных глюкоза не принимает участия в увеличении секреции инсулина в первые часы после приема корма. Небольшое снижение уровня глюкозы после приема корма, по-видимому, является следствием значительного подъема

содержания инсулина в плазме крови. В течение некоторого времени контринсулярные механизмы, участвующие в обеспечении постоянства уровня глюкозы в крови, оказались недостаточно эффективными. Усиление использования глюкозы органами и тканями в этот период недостаточно компенсируется поступлением её в кровь за счет всасывания из желудочно-кишечного тракта и образования в процессе глюконеогенеза. При этом не увеличивается в плазме крови после приема корма концентрации глюкагона – одного из основных гормональных регуляторов глюконеогенеза.

Содержание молочной кислоты в крови бычков обеих групп после приема корма (табл. 6) существенно не изменяется. Следовательно, после приема корма интенсивность гликолитического пути метаболизма глюкозы изменяется незначительно. Повышенное использование глюкозы у бычков после приема корма, вероятно, происходит за счет активизации под влиянием высокого уровня инсулина пентозофосфатного пути в жировой ткани и усиления поступления глюкозы в клетки стенки органов пищеварения для обеспечения энергией процесса всасывания субстратов.

Таблица 6

Концентрация глюкагона, глюкозы и молочной кислоты в крови 12-месячных бычков при разном уровне кормления

Группы животных	Время после кормления, часы				
	0	1	2	3	4
Глюкагон, пг/мл					
1-я	68±5	71±9	59±10	70±5	85±3
% к и.д.	100,0	104,4	86,8	102,9	125,0*
2-я	92±10	60±5	86±9	96±11	98±15
% к и.д.	100,0	65,2*	93,5	104,3	106,5
% к 1-й гр.	135,3	84,5	145,8	137,1	115,3
Глюкоза, мг%					
1-я	64±1,8	57±1,2	57±1,4	59±2,5	66±3,7
% к и.д.	100,0	89,1*	89,1*	92,2	103,1
2-я	69±2,2	60±2,4	62±1,5	54±4,3	52±1,4
% к и.д.	100,0	87,0*	89,9*	78,3*	75,4***
% к 1-й гр.	107,8	105,3	108,8	91,5	78,8 *
Молочная кислота, мг%					
1-я	10,8±1,4	12,3±2,3	13,6±4,9	9,9±1,1	14,7±1,5
% к и.д.	100,0	113,9	125,9	91,7	136,1
2-я	13,7±1,5	13,3±0,9	10,3±2,2	9,8±0,8	9,7±1
% к и.д.	100,0	97,1	75,2	71,5	70,8
% к 1-й гр.	126,8	108,1	75,7	99,0	66,6*

В результате увеличения потребления кормов у бычков 2-й группы больше поступало субстратов из желудочно-кишечного тракта в кровь. Снижение при этом соотношения между содержанием в плазме крови соматотропина и инсулина за счет значительного увеличения уровня последнего, вероятно, способствовало усилению использования субстратов органами и тканями организма для обеспечения основных физиологических функций, а также обеспечивало адекватное увеличение резервирования временного из-

бытка субстратов, в частности, за счет усиления интенсивности липогенеза в жировой ткани. Повышенное поступление энергетических и пластических метаболитов в клетки мышечной ткани обеспечило усиление в них биосинтеза белков, что подтверждается достоверным увеличением среднесуточного прироста живой массы у бычков 2-й группы по сравнению с 1-й группой.

Концентрация инсулина и соматотропина в плазме крови бычков при разном уровне кормления на сено-концентратном рационе

Эксперимент проведен на двух группах бычков холмогорской породы 10-месячного возраста (по 4 головы в каждой). Продолжительность опыта 3 месяца. Рацион бычков обеих групп состоял из злакового сена и комбикорма. Бычки 2-й группы получали на 50,0 % больше обменной энергии и питательных веществ за счет пропорционального увеличения в их рационе количества сена и комбикорма (табл. 7). В результате создали разный уровень кормления животных на рационах с равной концентрацией обменной энергии в сухом веществе рациона (9,38 МДж/кг). Уровень кормления в 1-й и 2-й группах составил 0,71 и 1,03 МДж обменной энергии на кг метаболической массы тела.

Применение разного уровня кормления бычков обеспечило достоверную разницу между группами животных по интенсивности роста (табл. 8) и, соответственно, оказало влияние на функциональное состояние эндокринной системы. Концентрация гормонов аденогипофиза, щитовидной и поджелудочной желез адекватно отражала различия в уровне кормления животных. Характер изменения их уровня после приема корма в основном согласуется с ранее приведенными данными, полученными в опытах на бычках с использованием многокомпонентных рационов.

Таблица 7

Рационы для откорма 10-12-месячных бычков

Показатели	1-я группа	2-я группа
Сено злаковое, кг	4	6
Комбикорм, кг	2	3
Кормовые единицы	3,84	5,76
Обменная энергия, МДж	45,2	67,8
Сухое вещество, кг	4,82	7,23
Сырой протеин, г	576	864
Переваримый протеин, г	329	494
Сырая клетчатка, г	1218	1827
Крахмал, г	903	1354
Сахара, г	174	261
Сырой жир, г	144	216
Кальций, г	34	51
Фосфор, г	17	25
Магний, г	8	12
Калий, г	40	60
Сера, г	14	21

Железо, мг	1525	2287
Медь, мг	31	46
Цинк, мг	187	280
Кобальт, мг	1,8	2,7
Марганец, мг	451	676
Йод, мг	0,9	1,35
Каротин, мг	91	136

Наиболее существенные различия между группами животных получены по величине базального уровня инсулина и соматотропина в плазме крови и динамики их концентрации в течение четырех часов после приема корма (табл. 9). Содержание инсулина и соматотропина в плазме крови бычков 2-й группы до утреннего кормления достоверно выше, чем в 1-й группе. Эти гормоны в организме животных являются основными регуляторами интенсивности анаболических процессов. По-видимому, при высоком базальном уровне соматотропина и инсулина создаются условия, обеспечивающие максимальный рост мышечной ткани и повышенное резервирование избытка субстратов в жировых депо.

Таблица 8

Показатели интенсивности роста бычков

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
Масса тела, кг :			
в начале опыта	233±9	237±8	101,7
в конце опыта	273±9	299±10	109,5
Среднесуточный прирост, г	686±29	1051±59	153,2***

Таблица 9

Концентрация соматотропина, инсулина и их соотношение в плазме крови 11-месячных бычков при разном уровне кормления на сено - концентратном рационе

Группы животных	Время после кормления, часы				
	0	1	2	3	4
Соматотропин, пМоль/л					
1-я	78±6,7	38±5,5	103±34,6	139±12,2	179±20,5
2-я	136±11,5	87±1,3	52±7,8	17±7,8	49±22,9
% к 1-й гр.	174,4*	228,9**	50,5	12,2**	27,4*
Инсулин, пМоль/л					
1-я	31±3,9	47±10,0	41±4,4	23±1,0	25±4,0
2-я	54±6,2	82±20,2	77±13,8	118±15,6	93±19,4
% к 1-й гр.	174,2*	174,5	187,8*	513,0**	372,0 *
соотношение концентраций соматотропина и инсулина, пМоль/пМоль					
1-я	3,4±0,9	1,3±0,6	2,6±1,0	5,1±1,1	5,2±1,6
2-я	3,2±0,7	1,1±0,3	1,2±0,2	0,2±0,1	1,1±0,5
% к 1-й гр.	94,1	84,6	46,2	3,9**	21,2*

Через час после приема корма в плазме крови бычков обеих групп повышалась концентрация инсулина и снижалось содержание соматотропина. При этом, у животных 2-й группы уровень инсулина и соматотропина оставался значительно выше, чем у бычков 1-й. В дальнейшем, в зависимости от уровня кормления, динамика концентрации гормонов существенно различалась между группами животных.

При низком уровне кормления концентрация инсулина через два часа после приема корма начинала снижаться и через три часа достигала значений на 25,8 % ниже базального уровня. При высоком уровне кормления подъем концентрации инсулина продолжался более длительное время и через 3 часа после кормления его содержание превышало базальный уровень на 118,5 % ($P < 0,05$).

У животных 1-й группы после приема корма наблюдалось кратковременное снижение, а затем происходило увеличение уровня соматотропина. Через 2 часа его концентрация в плазме крови была выше базального уровня на 32,1 %, а через 4 часа превышала исходное значение на 129,5 % ($P < 0,005$).

При высоком уровне кормления снижение концентрации соматотропина после приема корма продолжалось более длительное время. К четвертому часу после кормления его содержание начинало повышаться, но оставалось ниже базального уровня на 87,5 % ($P < 0,02$). В результате через 2, 3 и 4 часа после приема корма уровень соматотропина в плазме крови бычков 2-й группы был существенно ниже, чем в 1-й группе.

Разная интенсивность и направленность динамики содержания гормонов в крови после приема корма привели к изменению соотношения между концентрациями соматотропина и инсулина (табл. 9). По-видимому, это отражает один из механизмов гормональной регуляции метаболизма у жвачных животных и, в частности, механизм регуляции распределения субстратов, поступающих в кровь из желудочно-кишечного тракта после приема корма. С повышением уровня кормления у молодняка крупного рогатого скота после приема корма увеличивается поток субстратов из желудочно-кишечного тракта в кровь. Образующийся при этом пул метаболитов превышает временно потребность организма в них. В результате снижения соотношения между концентрацией соматотропина и инсулина происходит перераспределение метаболических потоков в сторону усиления процессов липогенеза и отложения избытка субстратов в жировой ткани. В последующем увеличивается соотношение между содержанием соматотропина и инсулина, что обеспечивает усиление липолиза и, соответственно, повышение интенсивности потока метаболитов из жировой ткани для обеспечения различных физиологических потребностей организма.

Процесс депонирования избытка субстратов и последующего их извлечения для обеспечения различных метаболических процессов требует определенных энергетических затрат, что в некоторой мере может снизить в целом коэффициент биоконверсии питательных веществ корма. Вероятно, при том же уровне питания, но при более частом кормлении, будет меньше временный избыток субстратов и, соответственно, ниже затраты энергии на их использование для обеспечения анаболических процессов. Это согласуется с результатами зоотехнических опытов, которые свидетельствуют о повышении эффективности использования энергии корма на прирост живой массы крупного рогатого скота при увеличении кратности кормления (Цюпко В.В., 1984).

В крови бычков 1-й группы уровень глюкозы не изменялся после приема корма во все исследованные периоды времени (табл. 10). Следовательно, на сено - концентратном рационе при уровне кормления 0,71 МДж обменной энергии на кг метаболической массы эндокринная система способна обеспечить гомеостаз глюкозы при изменяющихся потребностях организма в ней после приема корма.

При повышенном уровне кормления концентрация глюкозы в крови бычков 2-й группы во все периоды была выше, чем в 1-й группе (табл. 10). Однако, в период повышенной потребности организма в глюкозе для обеспечения процессов пищеварения отмечена тенденция к снижению её содержания в крови в крови животных через 1, 2 и 3 часа после приема корма. Очевидно, это связано с более высоким подъемом инсулина в плазме крови бычков в этот период, что обеспечило более интенсивное использование глюкозы в органах и тканях животных. Контринсулярные механизмы в данных условиях оказались недостаточно эффективными и они не смогли обеспечить адекватное усиление образования глюкозы в реакциях глюконеогенеза. Этот факт согласуется с тем, что в крови бычков 2-й группы в этот период выше концентрация молочной кислоты - одного из продуктов метаболизма глюкозы (табл. 10).

Таблица 10

Концентрация глюкозы и молочной кислоты в крови
11-месячных бычков на сено - концентратном рационе

Группы животных	Время после кормления, часы				
	0	1	2	3	4
глюкоза, мг%					
1-я	57±1,2	57±1,1	58±1,9	57±2,2	59±2,6
% к и. д.	100,0	100,0	101,7	100,0	103,5
2-я	66±2	63±1	62±1,5	62±1	64±1,6
% к и. д.	100,0	95,4	93,9	93,9	97,0
% к 1-й гр	115,8**	110,5**	106,9	108,8	108,5
молочная кислота, мг%					
1-я	7,5±0,4	6,3±0,3	6,0±1,0	5,9±1	5,7±0,4
% к и. д.	100,0	84,0	80,0	78,7	76,0 *
2-я	7,8±0,7	8,1±1,3	8,7±1,9	5,4±0,9	5,7±0,9
% к и. д.	100,0	103,8	111,5	69,2	73,1
% к I гр.	104,0	128,6	145,0	91,5	100,0

Содержание гормонов в плазме крови бычков на сено - концентратном и силос - концентратном рационах

В предыдущих разделах представлен материал, полученный в опытах на животных с применением сено - концентратного и многокомпонентного рационов. При выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота очень часто используют силос. При этом изменяется соотношение и количество основных субстратов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь. Поэтому для получения сравнительных данных проведен эксперимент на двух группах бычков (по 4 головы в каждой) холмогорской породы 12-месячного возраста. Рацион для животных 1-й группы состоял из злакового сена и

комбикорма, а бычки 2-й группы получали кукурузный силос и комбикорм (табл. 11).
Кормление 2-разовое.

Таблица 11

Рационы для 12-месячных бычков при разных типах кормления

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
Сено злаковое, кг	5,4	0	-
Силос кукурузный, кг	0	16	-
Комбикорм, кг	5,0	5,4	108,0
Обменная энергия, МДж	89,85	89,77	99,9
Сухое вещество, кг	8,2	8,05	98,2
Сырой протеин, г	1043	1048	100,5
Сырая клетчатка, г	1716	1578	92,0
Крахмал, г	2108	2288	108,5
Сахара, г	307	258	84,0
Сырой жир, г	261	284	108,8
Кальций, г	59	44	74,6
Фосфор, г	35	30	85,7
Магний, г	10	11	110,0
Калий, г	68	66	97,0
Сера, г	14	12	85,7
Цинк, мг	225	199	88,4
Кобальт, мг	1	0,9	90,0
Марганец, мг	227	201	88,5
Йод, мг	1,3	1,4	107,7
Каротин, мг	148	350	236,5

Рационы в обеих группах существенно не различались по содержанию обменной энергии, сухого вещества и сырого протеина. Соответственно, уровень кормления животных был одинаковым и составил 1,29 МДж обменной энергии на кг метаболической массы тела.

Динамика концентрации соматотропина и инсулина в плазме крови бычков обеих групп соответствовала приведенным ранее закономерностям - после приема корма уровень соматотропина снижался, а содержание инсулина повышалось (табл. 12).

Таблица 12

Концентрация гормонов в плазме крови 12-месячных
бычков при разных типах кормления

Группы живот.	Показатели	Время после кормления, часы				
		0	1	2	3	4
Соматотропин, пМоль/л						
1-я	М ±м	167±13	105±20	108±12	114±22	29±21
	% к и.д.	100,0	62,9*	64,7	68,3	77,2
2-я	М ±м	162±6	114±17	109±19	100±9	138±10
	% к и.д.	100,0	70,4*	67,3*	61,7**	85,2
	% к 1-й гр.	97,0	108,6	100,9	87,7	107,0

		Инсулин, пМоль/л				
1-я	М ± м	83±12	115±10	103±11	122±30	128±11
	% к и.д.	100,0	138,6	124,1	147,0	154,2*
2-я	М ± м	58±15	115±17	122±21	109±15	109±12
	% к и.д.	100,0	198,3*	210,3*	187,9*	187,9*
	% к 1-й гр.	69,9	100,0	118,4	89,3	85,2
		Глюкагон, пг/мл				
1-я	М ± м	98±14	95±9	104±6	91±11	86±13
	% к и.д.	100,0	96,9	106,1	92,9	87,8
2-я	М ± м	36±3	46±5	37±9	41±3	33±3
	% к и.д.	100,0	127,8	103,8	113,9	91,7
	% к 1 гр.	36,7**	48,4**	35,6***	45,1**	38,4**

При сравнении показателей соматотропина и глюкозы у бычков, содержащихся на сено- и силосно-концентратном рационах, различий не установлено (табл. 12 и 13). В то же время у этих бычков отмечено снижение базального уровня инсулина, существенное уменьшение концентрации глюкагона во все временные интервалы и увеличение содержания молочной кислоты.

Живая масса подопытных бычков в начале опыта не различалась и составила 286 ± 11 и 285 ± 13 кг. В течение опыта отмечена более низкая интенсивность роста животных на силосно-концентратном рационе. В результате этого к концу опыта живая масса бычков 1-й группы равнялась 319 ± 10 кг, а 2-й группы – 300 ± 10 кг, что на 6,0 % меньше.

Известно, что у жвачных животных при использовании сено-концентратного и силосно-концентратного типов кормления наблюдаются различия в соотношении продуктов ферментации углеводов в рубце (Курилов Н.В., Кроткова А.П., 1971). Соответственно, различается количество ряда субстратов, например, пропионата и ацетата, поступающих в кровь из желудочно-кишечного тракта, что в конечном итоге отражается на интенсивности отдельных метаболических процессов.

Таблица 13

Концентрация глюкозы и молочной кислоты в крови
12-месячных бычков при разных типах кормления

Группы живот.	Показате- ли	Время после кормления, часы				
		0	1	2	3	4
Глюкоза, мг%						
1-я	M±m	50±0,7	48±1,2	50±1,7	51±1,1	54±0,9
	% к и.д.	100,0	96,0	100,0	102,0	108,0
2-я	M±m	54±4,6	53±2,5	53±2,0	53±1,5	52±1,0
	% к и.д.	100,0	98,1	98,1	98,1	96,3
	% к 1-й гр.	108,0	110,4	106,0	103,9	96,3
Молочная кислота, мг%						
1-я	M±m	5,2±0,4	5,6±1,1	5,8±0,9	7,9±1,7	6,9±1,8
	% к и.д.	100,0	107,7	111,5	151,9	132,7
2-я	M±m	9,6±1,8	8,6±1,2	8,7±1,0	7,7±0,8	5,8±0,6
	% к и.д.	100,0	89,6	90,6	80,2	60,4
	% к 1-й гр.	184,6*	153,6	150,0	97,5	84,1

Можно предполагать, что снижение базального уровня инсулина и концентрации глюкагона во все временные интервалы влияло на интенсивность процессов метаболизма (снижение скорости синтеза белков, липидов и глюкозы), что, в свою очередь, явилось одной из причин уменьшения продуктивности бычков на силосно-концентратном рационе.

Зависимость секреции инсулина и соматотропина от факторов питания.

Воспроизводимость результатов научных исследований является одним из критериев, который объективно подтверждает, что установленный факт отражает биологическую закономерность, а не является следствием случайных совпадений обстоятельств. Поэтому проведен обобщающий анализ результатов ряда экспериментов, посвященных исследованию реакции эндокринных желез на прием корма у бычков.

Согласно данным таблицы 14 в опытах использован широкий ассортимент кормов, которые обычно применяют при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота. Уровень кормления животных чаще всего выражают как количество обменной энергии рациона в МДж в расчете на кг метаболической массы тела (ОЕ/МТ) или в виде отношения обменной энергии к поддерживающему уровню кормления. В настоящее время остаётся дискуссионным вопрос о том, какие алиментарные факторы оказывают более существенное влияние на состояние эндокринной системы. Поэтому мы в своей работе уровень кормления представили не только в энергетических единицах, но и в количестве грамм сухого вещества (СВ/МТ) и сырого протеина (СП/МТ) рациона в расчете на кг метаболической массы тела.

Данные, представленные в таблице 14, свидетельствуют, что уровень кормления животных существенно различался в разных экспериментах. Например, количество обменной энергии в расчете на кг метаболической массы тела изменялось от 0,74 МДж (1,5 поддержания) до 1,29 МДж (2,7 поддержания). Соответственно различалось количество сухого вещества и сырого протеина. Между значениями коэффициентов ОЕ/МТ и СВ/МТ установлена высокодостоверная положительная корреляционная зависимость ($r = +0,98$; $P < 0,01$). В то же время зависимость между ОЕ/МТ и СП/МТ менее выражена ($r = +0,71$; $P < 0,02$). Следовательно, в разных опытах в 1-ом кг сухого вещества рациона не существенно различалась концентрация обменной энергии и более значительно изменялся уровень сырого протеина.

Таблица 14

Уровень кормления бычков холмогорской породы
при изучении реакции эндокринных желез на прием корма

№ групп	Кол.ж ив.	Состав рациона	Уровень кормления		
			ОЕ/МТ, МДж	СВ/МТ, г	СП/МТ, г
1	4	Сено злак. и комбикорм.	0,71±0,02	76±2	9,1±0,2
2	4	Сено злак. и комбикорм.	1,03±0,03	110±2	13,1±0,2
3	4	Силос злак., патока, дерть ячменная, брикеты из отавы клевера, БМВД.	0,86±0,01	96±1	12,2±0,1
4	4	Силос злак., патока, дерть ячменная, брикеты из отавы			

		клевера, БМВД.	1,06±0,01	109±3	14,9±0,2
5	8	Сено злак., комбикорм, свекла кормовая.	1,29±0,03	135±3	14,6±0,3
6	8	Сено злак. и комбикорм.	0,88±0,02	100±3	10,8±0,3
7	8	Силос кукур., патока, дёрть ячменная, брикеты из отавы клевера, БМВД.	1,16±0,05	113±2	14,7±0,2
8	8	Силос злак., комбикорм, шрот соевый, брикеты вико-овсяные.	1,11±0,02	111±2	19,9±0,4
9	8	Силос злаковый, комбикорм, шрот соевый, брикеты вико-овсяные.	1,12±0,02	113±2	19,3±0,4

Продуктивность бычков соответствовала уровню кормления и изменялась от 686 г до 1300 г среднесуточного прироста живой массы (табл. 15). Соответственно варьировало количество энергии отложенной в теле бычков (энергия продукции) от 7,2 МДж до 23,5 МДж.

Таблица 15

Показатели продуктивности бычков и эффективность
использования ими корма

№ опыта	Живая мас- са, кг	Среднесуточн. прирост живой массы, г	Энергия продук- ции, МДж	Эффективность использования обменной энергии на рост
1	253±9,7	686±29	7,2±0,4	49,5±5,0
2	265±6,9	1051±59	13,1±1,1	36,3±3,5
3	361±4,6	800±30	12,2±0,7	39,1±2,2
4	374±11,7	1105±93	18,9±2,2	38,4±4,4
5	346±9,4	1300±85	23,5±1,9	36,6±3,5
6	200±6,7	745±16	6,4±0,3	30,0±2,2
7	448±8,3	1173±59	23,9±1,7	32,3±2,5
8	256±6,0	1142±62	14,4±1,2	35,8±3,2
9	301±7,4	1139±70	16,4±1,4	35,5±3,5

Среднесуточный прирост живой массы высокодостоверно положительно коррелировал с количеством потребленных бычками сухого вещества ($r = +0,82$; $P < 0,01$), сырого протеина ($r = +0,83$; $P < 0,01$), обменной энергии ($r = +0,81$; $P < 0,01$) и крахмала совместно с сахарами ($r = +0,80$; $P < 0,01$).

Связь между интенсивностью роста животных и уровнем кормления более существенна. Например, между среднесуточным приростом живой массы и количеством потребленной обменной энергии в расчете на кг метаболической массы коэффициент корреляции составил $+0,98$ ($P < 0,01$).

Данную зависимость описывает следующее уравнение регрессии:

$$Y = -201,2003 + 1187,831 X, \quad \text{где:}$$

Y - среднесуточный прирост живой массы, г/сутки;

X - уровень энергетического питания бычков, МДж /кг
метаболической массы тела.

Приведенные данные о связи интенсивности роста с уровнем кормления не являются принципиально новым научным открытием. Они подтверждают имеющиеся в литературе сведения о том, что для обеспечения высокой интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота важное значение играет обеспечение потребности животных в энергии и свидетельствует о правильном решении зоотехнических вопросов при проведении экспериментов.

Во всех опытах установлено увеличение концентрации инсулина и снижение содержания соматотропина в плазме крови бычков через час после приема корма (табл. 16 и 17). Степень этих изменений в определенной мере связана с условиями питания животных.

Базальный уровень инсулина положительно коррелировал с количеством потребленных бычками обменной энергии ($r = +0,34$; $P > 0,05$), сухого вещества ($r = +0,35$; $P > 0,05$), сырого протеина ($r = +0,62$; $P > 0,05$) и легкоферментируемых углеводов ($r = +0,52$; $P > 0,05$). Аналогичная положительная зависимость установлена и при расчете потребленных питательных веществ на кг метаболической массы тела, но она менее значима.

Таблица 16

Концентрация инсулина в плазме крови бычков
при разных условиях питания, пМоль/л

№ опыта	Время после приема корма, часы		
	0	1	3
1	31 ± 3,9	47 ± 10,0	23 ± 1,0
2	54 ± 6,2	82 ± 20,2	110 ± 15,6
3	51 ± 17,9	102 ± 17,9	87 ± 8,6
4	131 ± 16,4	212 ± 37,4	132 ± 12,7
5	49 ± 14,5	85 ± 13,4	75 ± 16,4
6	45 ± 7,3	71 ± 7,7	73 ± 8,3
7	57 ± 9,0	159 ± 24,9	129 ± 24,5
8	68 ± 9,1	125 ± 19,4	99 ± 14,3
9	102 ± 12,6	142 ± 26,5	166 ± 32,2

С увеличением уровня кормления у бычков усиливалась реакция инсулярного аппарата на прием корма, что сопровождалось более значительным увеличением концентрации инсулина в плазме крови. Например, через 1 час после кормления содержание инсулина в плазме крови животных положительно коррелировало с количеством потребленных бычками обменной энергии ($r = \pm 0,63$; $P = 0,05$), сухого вещества ($r = \pm 0,60$; $P < 0,1$), сырого протеина ($r = \pm 0,79$; $P < 0,01$) и легкоферментируемых углеводов ($r = \pm 0,73$; $P < 0,02$). Связь между концентрацией инсулина через час после приема корма и количе-

ством потребленных обменной энергии, сухого вещества и сырого протеина в расчете на кг метаболической массы менее выражена ($r = \pm 0,49; \pm 0,39$ и $\pm 0,57$, соответственно).

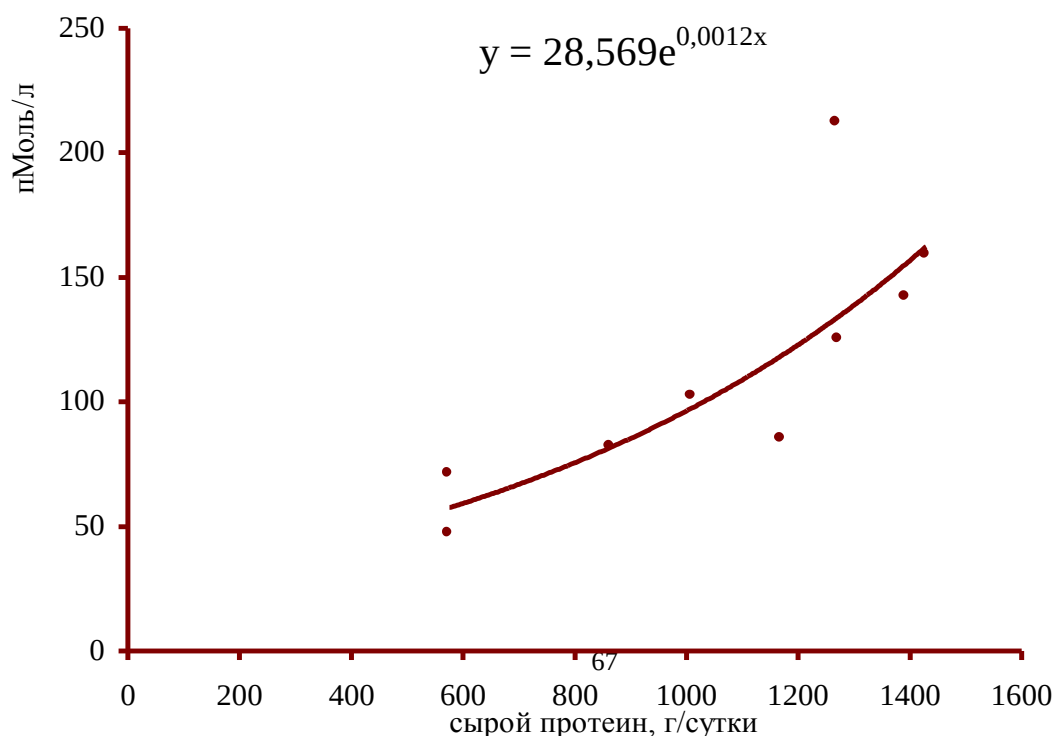
Таблица 17

Концентрация соматотропина в плазме крови бычков
при разных условиях питания, пМоль/л

№ опыта	Время после приема корма, часы		
	0	1	3
1	$78 \pm 6,7$	$38 \pm 5,5$	$139 \pm 12,2$
2	$136 \pm 11,5$	$87 \pm 1,3$	$17 \pm 7,8$
3	$102 \pm 53,7$	$31 \pm 5,5$	$225 \pm 34,7$
4	$199 \pm 35,5$	$34 \pm 4,0$	$257 \pm 32,5$
5	$87 \pm 6,3$	$50 \pm 7,9$	$69 \pm 11,5$
6	$109 \pm 19,0$	$67 \pm 9,5$	$148 \pm 14,3$
7	$115 \pm 17,7$	$49 \pm 4,8$	$149 \pm 30,4$
8	$250 \pm 27,0$	$135 \pm 21,0$	$224 \pm 24,0$
9	$228 \pm 23,0$	$150 \pm 14,5$	$131 \pm 21,8$

Наиболее существенно концентрация инсулина через час после приема корма зависела от количества потребленного сырого протеина. Данная связь описывается линейным уравнением регрессии (рис.1), из которого следует, что с увеличением количества потребленного с кормом сырого протеина в плазме крови бычков через 1 час после приема корма возрастает концентрация инсулина. Результаты большинства опытов достаточно близко совпадают с рассчитанной линией регрессии.

Рис. 1. Уравнение и график зависимости концентрации инсулина от количества потребленного сырого протеина (X), г/сутки.
(пМоль/л) в плазме крови бычков через час после приема корма (Y)



Динамика изменения концентрации инсулина через 3 часа после приема корма неоднозначна. В одних экспериментах содержание гормона оставалось на высоком уровне, а в других - концентрация инсулина по сравнению с 1-часовым периодом снижалась, что согласуется с условиями питания животных. С увеличением уровня питания, как правило, более длительное время сохраняется повышенное содержание инсулина в плазме крови. Концентрация гормона в этот период коррелировала с количеством потребленных с кормом обменной энергии ($r = \pm 0,54$; $P > 0,05$), сухого вещества ($r = \pm 0,52$; $P > 0,05$), сырого протеина ($r = \pm 0,77$; $P < 0,01$) и легкоферментируемых углеводов ($r = \pm 0,51$; $P > 0,05$).

Аналогичная зависимость установлена между содержанием инсулина в плазме крови и количеством потребленных с кормом обменной энергии ($r = \pm 0,59$; $P > 0,1$), сухого вещества ($r = \pm 0,53$; $P > 0,1$) и сырого протеина ($r = \pm 0,71$; $P < 0,05$) в расчете на кг метаболической массы тела. Приведенные данные свидетельствуют, что и через 3 часа после приема корма концентрация инсулина в плазме крови бычков наиболее существенно зависит от количества потребленного ими сырого протеина (рис.2).

Содержание инсулина через 1 и 3 часа после приема корма положительно достоверно коррелировало с концентрацией гормона до приема корма. Значения коэффициентов корреляции, соответственно, были равными $\pm 0,88$ ($P < 0,01$) и $\pm 0,75$ ($P < 0,02$). Следовательно, и при высоком базальном содержании инсулина в плазме крови, инсулярный аппарат поджелудочной железы бычков способен в ответ на прием корма обеспечить подъем концентрации гормона в крови, пропорциональный уровню кормления и, в первую очередь, количеству потребленного сырого протеина.

В настоящее время в литературе имеется недостаточное количество экспериментальных данных, которые позволили бы объективно раскрыть роль желудочно-кишечного тракта у жвачных животных в регуляции секреции инсулина. Чаще констатируется связь между концентрацией инсулина в плазме крови животного и количеством потребленных с кормом сухого вещества или энергии (Brockman R.P., Laarveld B., 1986). Однако, при стандартных условиях питания, жвачные животные с увеличением потребления сухого вещества корма, как правило, больше потребляют обменной энергии. Для того, что бы разграничить влияние на секрецию инсулина количества потребленного корма от уровня энергии в нем, необходимы специальные методические подходы.

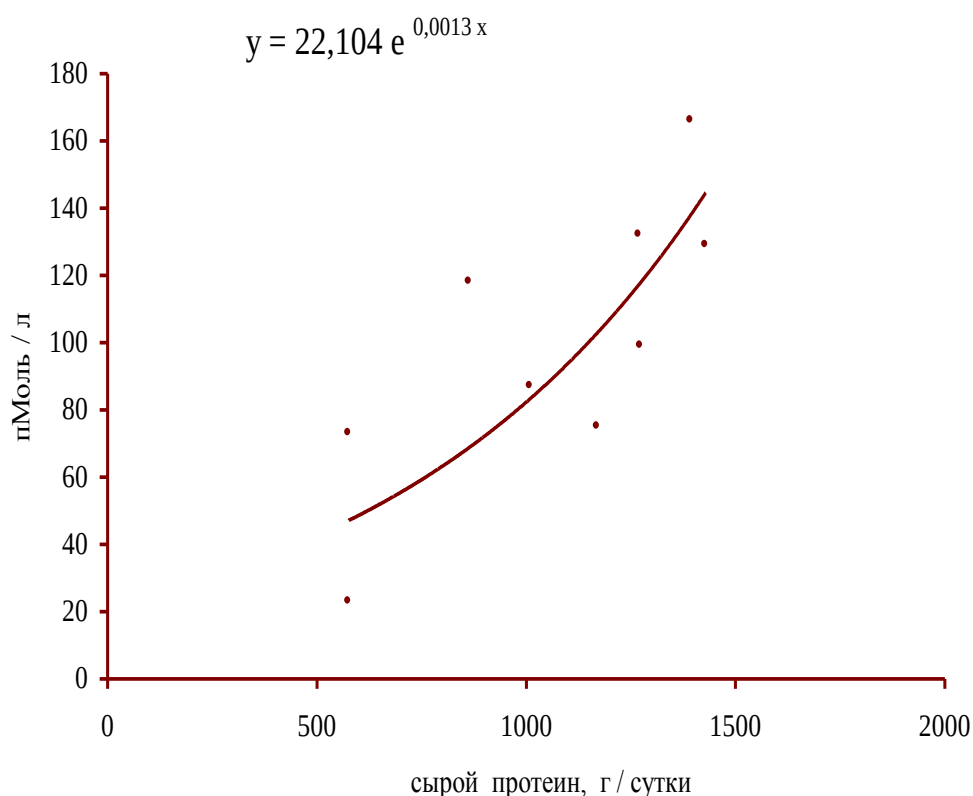


Рис.2. Уравнение и график зависимости концентрации инсулина (пМоль/л) в плазме крови бычков через 3 часа после приема корма (Y) от количества потребленного сырого протеина (X), г/сутки.

Результаты наших исследований свидетельствуют, что наиболее сильное влияние на стимуляцию секреции инсулина у молодняка крупного рогатого скота оказывают вещества, объединенные условным зоотехническим термином сырой протеин. В задачу данной работы не входила их идентификация. Можно предположить, что в качестве активаторов функции инсулярного аппарата могут быть некоторые свободные аминокислоты или амины, поступающие с кормом. Роль аминокислот, образующихся при протеолизе белков, входящих в состав компонентов корма или микроорганизмов рубца, вероятно, в этом регуляторном механизме незначительна, так как период увеличения всасывания аминокислот из тонкого кишечника и, соответственно, подъем их концентрации в крови по времени не совпадает с максимальной реакцией эндокринной системы. Однако, нельзя исключать возможности, что на определенные рецепторные структуры в стенке рубца могут оказывать влияние нативные молекулы белков, липидов или углеводов и участвовать в регуляции функции эндокринных желез.

В предыдущих разделах работы в экспериментах на животных аналогах по возрасту и живой массе показано, что при увеличении уровня кормления в плазме крови бычков наблюдалось повышение базальной концентрации соматотропина и более значительно тормозилась секреция гормона после приема корма. При обобщении результатов всех опытов, в которых живая масса животных изменялась от 200 кг до 448 кг, установлено, что базальный уровень соматотропина и его концентрация в плазме крови через 1 час по-

сле приема корма существенно зависели от уровня протеинового питания животных ($r = \pm 0,87$; $P < 0,01$ и $r = \pm 0,77$; $P < 0,01$). Уравнение регрессии и график этой зависимости приведен на рисунке 3. Следовательно, повышение уровня протеинового питания молодняка крупного рогатого скота способствует активизации у них не только функционального состояния инсулярного аппарата поджелудочной железы, но и соматотропной функции аденогипофиза.

Концентрация соматотропина в плазме крови бычков после приема корма в меньшей степени зависела от базального уровня гормона. Достоверная положительная зависимость установлена только между базальным уровнем и содержанием соматотропина через 1 час после приема корма ($r = \pm 0,76$; $P < 0,02$).

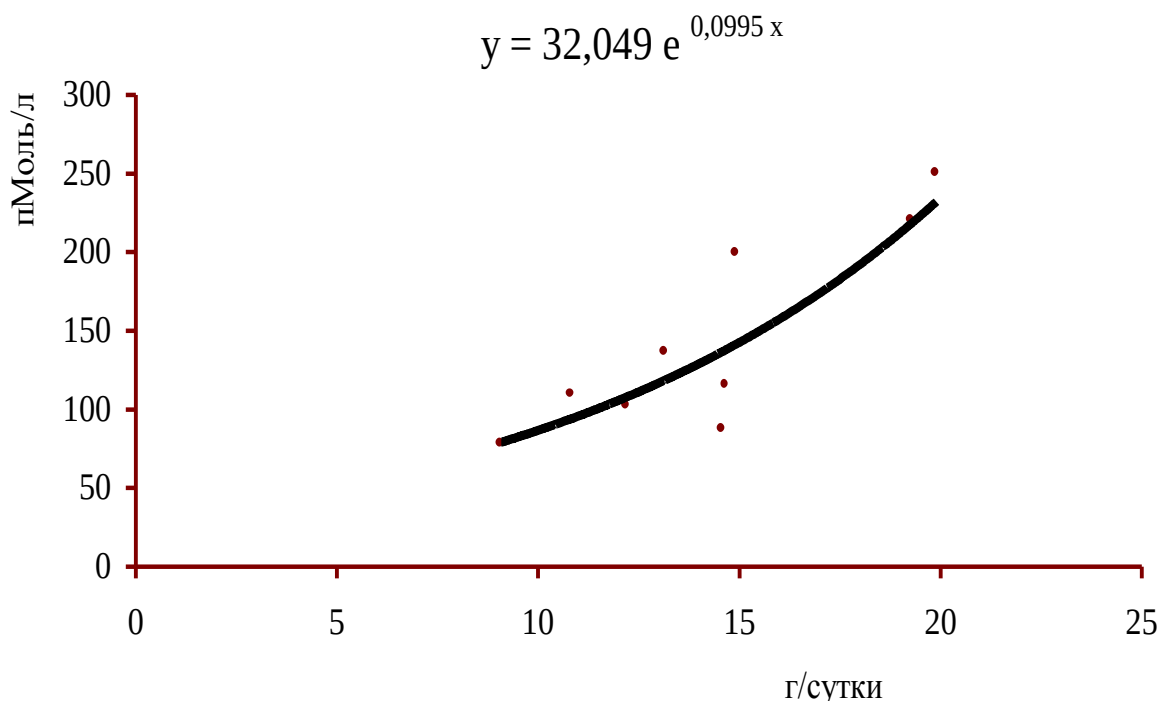


Рис. 3 График зависимости между концентрацией соматотропина (Y) в плазме крови бычков до приема корма (пМоль/л) и количеством потребленного сырого протеина в расчете на кг метаболической массы тела (X), г/сутки.

Интенсивность и направленность метаболических потоков в организме животного контролируют ряд эндокринных желез. По-видимому, соотношение концентрации основных гормонов, участвующих в этой регуляции, должно более полно отражать характер метаболических изменений.

Согласно данным, приведенным в таблице 18, во всех опытах через час после приема корма значительно снижается молярное соотношение между концентрацией соматотропина и инсулина. В дальнейшем оно постепенно повышается, но в большинстве случаев через 3 часа оно не достигает исходного значения.

Соматотропин и инсулин у жвачных животных оказывают противоположное действие на ряд метаболических процессов. Поэтому снижение соотношения между ними после приема корма изменяет интенсивность таких путей метаболизма, как липолиз/липогенез и гликолиз/глюконеогенез. На основании приведенных сведений можно

предположить, что в организме бычков после приема корма снижается поступление жирных кислот из адипоцитов и увеличивается резервирование избытка субстратов в виде липидов в жировой ткани.

Таблица 18

Соотношение концентрации соматотропина и инсулина в плазме крови бычков при разных условиях питания, пМоль/ пМоль

№ опыта	Время после приема корма, часы		
	0	1	3
1	$3,4 \pm 0,86$	$1,3 \pm 0,62$	$5,1 \pm 1,12$
2	$3,2 \pm 0,70$	$1,1 \pm 0,26$	$0,2 \pm 0,12$
3	$2,3 \pm 0,85$	$0,3 \pm 0,12$	$1,7 \pm 0,1$
4	$1,9 \pm 0,59$	$0,2 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,64$
5	$2,1 \pm 0,56$	$0,6 \pm 0,07$	$1,2 \pm 0,23$
6	$2,0 \pm 0,64$	$1,0 \pm 0,19$	$2,3 \pm 0,49$
7	$2,4 \pm 0,54$	$0,9 \pm 0,31$	$1,5 \pm 0,36$
8	$4,6 \pm 1,15$	$1,3 \pm 0,28$	$2,7 \pm 0,54$
9	$2,5 \pm 0,41$	$1,3 \pm 0,21$	$1,1 \pm 0,35$

Глюконеогенез у жвачных животных обеспечивается преимущественно (около 80 %) за счет метаболизма пропионата и аминокислот. Интенсивность образования глюкозы в печени из пропионата не контролируется гормонами и, в частности, не ингибируется высокой концентрацией инсулина. Этот процесс полностью зависит от скорости поступления пропионата в кровь из рубца, которое значительно возрастает после приема корма. Поэтому, в этот период потребность организма жвачных животных в глюкозе покрывается преимущественно за счет глюконеогенеза из пропионата. В результате временно освобождается от использования для образования глюкозы значительное количество свободных аминокислот. Под влиянием высокого уровня инсулина в крови освободившийся пул аминокислот направляется в органы и ткани для обеспечения процессов биосинтеза и, в первую очередь для образования пищеварительных ферментов и мышечных белков. За счет этого поддерживаются на высоком уровне процессы переваривания корма и всасывания питательных веществ в желудочно-кишечном тракте и реализуется продуктивный потенциал бычков за счет накопления мышечной и жировой ткани.

Для количественной оценки реакции эндокринной железы на прием корма использовали коэффициент, характеризующий относительную величину изменения концентрации гормонов в плазме крови. Он был рассчитан как отношение концентрации гормона через 1 (C1/C0) и 3 (C3/C0) часа после приема корма к базальному уровню. Значение коэффициента больше 1 единицы указывает на увеличение содержания гормона в плазме крови, а меньше единицы - на снижение. Результаты расчетов приведены в таблице 19. Они свидетельствуют, что во всех опытах при разных уровнях кормления через час после приема корма значение коэффициента для инсулина было больше единицы, а для соматотропина - меньше.

Через 3 часа после приема корма значение коэффициентов в разных опытах неоднородно. Как правило, при повышенном уровне кормления более длительное время со-

хранялась повышенная концентрация инсулина и пониженное содержание соматотропина, что соответственно нашло отражение в приведенных коэффициентах.

Таблица 19

Значение коэффициентов, характеризующих относительную величину изменения концентрации соматотропина и инсулина в плазме крови бычков после приема корма

№ опыта	Соматотропин		Инсулин	
	C1/CO	C3/CO	C1/CO	C3/CO
1	0,46±0,04	1,52±0,29	1,56±0,40	0,98±0,15
2	0,49±0,06	0,12±0,07	1,47±0,25	1,91±0,41
3	0,36±0,18	3,04±1,38	4,32±1,77	2,65±0,83
4	0,33±0,10	1,53±0,72	1,65±0,47	0,95±0,13
5	0,58±0,08	0,77±0,08	1,76±0,31	2,19±0,63
6	0,68±0,12	1,61±0,31	1,10±0,20	1,20±0,28
7	0,44±0,07	1,31±0,19	2,82±0,27	2,22±0,24
8	0,57±0,09	0,97±0,18	1,95±0,28	1,52±0,17
9	0,67±0,04	0,62±0,11	1,39±0,16	1,60±0,17

Взаимосвязь концентраций инсулина и метаболитов в крови бычков.

До настоящего времени остается дискуссионным вопрос о механизме регуляции секреции инсулина у жвачных животных. У моногастричных животных и у людей после приема пищи усиливается всасывание из желудочно-кишечного тракта в кровь глюкозы, что обеспечивает увеличение её концентрации в крови и последующее увеличение уровня инсулина. При парэнтеральном введении глюкозы также наблюдается увеличение синтеза и секреции инсулина. В результате многочисленных исследований изучены основные механизмы активации глюкозой синтеза и секреции инсулина в бета клетках инсулярного аппарата поджелудочной железы. Поэтому в настоящее время глюкозу рассматривают в качестве основного физиологического регулятора функции инсулярного аппарата поджелудочной железы у моногастричных животных и человека.

У жвачных животных в результате ферментации углеводов микроорганизмами рубца из желудочно-кишечного тракта в кровь поступает лишь незначительное количество глюкозы (Voigt J., 1975). Поэтому ряд исследователей считают, что у жвачных животных уровень глюкозы в крови играет незначительную роль в регуляции синтеза и секреции инсулина в обычных физиологических ситуациях. Предполагается, что в качестве физиологических регуляторов синтеза и секреции инсулина могут быть отдельные летучие жирные кислоты, которые поступают из рубца в кровь после ферментации углеводов. В качестве доказательства приводятся результаты экспериментов с введением жвачным животным отдельных летучих кислот, что вызывало существенное увеличение концентрации инсулина в плазме крови (Manns J. G., Boda J. M., 1965; Manns J. G., Boda J. M., Willes R. F., 1967; Horino M. et al., 1968).

Регуляторный сигнал, активизирующий или ингибирующий функцию инсулярного аппарата, должен доходить до бета клеток поджелудочной железы в период, предшествующий изменению концентрации гормона. В случае, если регуляторным фактором явля-

ется метаболит, то должен изменяться в физиологических пределах его уровень в крови, притекающей к бета клеткам поджелудочной железы. В приведенных выше работах летучие жирные кислоты вводили в дозах, которые обеспечивали увеличение их концентрации в крови выше, чем при обычных физиологических ситуациях, например, после приема корма. Поэтому, нет убедительных доказательств, подтверждающих их роль как основных физиологических регуляторов синтеза и секреции инсулина у жвачных животных. По-видимому, летучие жирные кислоты могут участвовать в регуляции функции инсулярного аппарата только в экстремальной ситуации.

В целях познания механизмов регуляции функции инсулярного аппарата поджелудочной железы нами проведена серия исследований на молодняке крупного рогатого скота. При этом изучали зависимость между изменением концентрации инсулина и содержанием основных метаболитов и некоторых гормонов, как возможных регуляторов функции эндокринной железы.

Эксперимент проведен в виварии института на восьми бычках черно-пестрой породы 13-месячного возраста. Содержание животных привязное, кормление 2-разовое, индивидуальное по нормам, разработанным для интенсивного выращивания и откорма бычков (Калашников А.П. и др., 1985). Рацион состояли из злакового сена, кукурузного силоса, комбикорма и рассчитан на получение 800 -900 г среднесуточного прироста массы тела.

Пробы крови брали из яремной вены через предварительно поставленный катетер (Алиев А.А., 1974) до кормления животных и через 1, 2 и 3 часа после приема корма. Определяли в цельной крови концентрацию глюкозы, молочной кислоты и летучих жирных кислот с последующим хроматографическим анализом их на газожидкостном хроматографе. В плазме крови определяли концентрацию инсулина, глюкагона и гастрин радиомунологическим методом и содержание свободных аминокислот на аминокислотном анализаторе (ЧССР).

Из данных таблицы 20 следует, что концентрация инсулина в плазме крови бычков увеличивалась на 206,8 % ($P < 0,001$) через 1 час после приема корма и оставалась на высоком уровне в течение последующих двух часов. Содержание глюкозы в крови через 1 час после приема корма снижалось на 9,8 % ($P < 0,01$), оставалось на низком уровне, а в течение следующего часа и через 3 часа начинала увеличиваться, не достигая исходного значения.

Сравнительный анализ динамики изменения содержания инсулина и глюкозы свидетельствует, что в данной физиологической ситуации (активизация пищеварения после приема корма) глюкоза не являлась индуктором секреции инсулина, так как подъем уровня инсулина происходил на фоне снижения её концентрации в крови. В свою очередь, снижение уровня глюкозы в крови на фоне высокой концентрации инсулина указывает на инсулинзависимое усиление метаболизма глюкозы в органах и тканях животного. Можно предположить, что после приема корма повышается использование глюкозы клетками желудочно-кишечного тракта, что способствует активизации процессов переваривания и всасывания питательных веществ. Кроме того, как известно, под влиянием повышенного уровня инсулина усиливаются потоки глюкозы и аминокислот в клетки мышечной и жировой ткани.

Концентрация метаболитов и гормонов в крови 13-месячных бычков
до и после приема корма.

Показатели	Время после приема корма, часы			
	0	1	2	3
Инсулин, мкед/мл				
М ± м	7,3±1,1	22,4±3,7	24,7±4,0	21,2±3,4
% к исх. дан.	100,0	306,8 ***	338,4 ***	290,4 ***
Гастрин, мкед/мл				
М ± м	30,8±1,6	31,0±0,8	33,2±1,2	32,4±2,8
% к исх. дан.	100,0	100,6	107,8	105,2
Глюкагон, нг/мл				
М ± м	0,80±0,14	0,59±0,07	0,56±0,08	0,79±0,12
% к исх. дан.	100,0	73,7	70,0	98,8
Глюкоза, мг %				
М ± м	60,1±1,2	54,2±0,7	52,2±0,9	56,4±1,1
% к исх. дан.	100,0	90,2 ***	86,9 ***	93,8 *
Лактат, мг%				
М ± м	9,2±0,7	8,6±0,7	9,2±0,6	8,7±0,5
% к исх. дан.	100,0	93,5	100,0	94,6
Сумма летучих жирных кислот, мМоль/л				
М ± м	0,94±0,06	0,95±0,08	1,05±0,09	1,26±0,21
% к исх. дан.	100,0	101,1	111,7	134,0
Сумма свободных аминокислот, мг %				
М ± м	17,2±2,3	16,7±2,9	17,5±3,7	18,3±2,8
% к исх. дан.	100,0	97,1	101,7	106,4

Динамика концентраций суммы летучих жирных кислот в крови бычков после приема корма не совпадает с таковой для инсулина. Увеличение их содержания происходит только через 3 часа после приема корма, то есть значительно позже подъема инсулина. Аналогичные результаты получены при анализе изменений содержания отдельных летучих жирных кислот - уксусной, пропионовой, изомасляной, масляной, изовалериановой, валериановой и капроновой (табл. 21).

Увеличение содержания суммы летучих жирных кислот в крови бычков через 3 часа после приема корма преимущественно связано с подъемом уровня уксусной кислоты и несущественного изменения концентрации других кислот. Однако, данные литературы свидетельствуют, что ацетат не оказывает существенного влияния на синтез и выделение гормона, так как введение жвачным животным в рубец или внутривенно уксусной кислоты не вызывает увеличения в крови концентрации инсулина (Manns J. G., Boda J. M., 1965; Manns J. G., Boda J. M., Willes R. F., 1967; Horino M. et al., 1968). Следовательно, в обычных физиологических ситуациях у жвачных животных летучие жирные кислоты не являются индукторами секреции инсулина.

Динамика изменения в крови бычков после приема корма содержания молочной кислоты, свободных аминокислот, глюкагона и гастрина не совпадает с таковой для инсулина (табл. 20). В частности, после приема корма в плазме крови бычков на фоне существенного повышения концентрации инсулина снижается уровень глюкагона и существенно не изменяется содержание гастрина, лактата и свободных аминокислот. Это позволяет утверждать, что в данной физиологической ситуации исследованные метаболиты и гормоны не являются индукторами секреции инсулина у бычков после приема корма. Возможно, регуляция секреции инсулина у жвачных животных в период после приема корма осуществляется другими факторами, например, медиаторами нервной системы и (или) гормонами желудочно-кишечного тракта.

Таблица 21

Концентрация летучих жирных кислот в крови
13-месячных бычков, мМоль/л

Наименование кислоты	До приема корма	Через 3 часа После кормления	% к исходному уровню
Уксусная	0,85±0,10	1,15±0,19	135,3
Пропионовая	0,025±0,008	0,030±0,007	120,0
Изомасляная	0,0026±0,0009	0,0028±0,0008	107,7
Масляная	0,017±0,004	0,022±0,009	129,4
Изовалериановая	0,0015±0,0004	0,0017±0,0007	113,3
Валериановая	0,009±0,0005	0,010±0,001	111,1
Капроновая	0,035±0,007	0,043±0,004	122,9

Для оценки потенциальных возможностей ряда метаболитов и гормонов в регуляции функции эндокринных желез у жвачных животных провели серию опытов на виварии института с введением 9-12-месячным бычкам холмогорской породы биологически активных веществ разной природы. В большинстве случаев опыт проводили на 8 животных. Содержание бычков привязное, кормление 2-разовое, индивидуальное. Рационы рассчитаны на 900-1000 г среднесуточного прироста живой массы согласно существующим нормам для интенсивного выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота (Калашников А.П., Клейменов Н.И., Баканов В.Н. и др., 1985). Уровень концентратов составлял 55-65 % по обменной энергии.

Отбор проб крови из яремной вены проводили через предварительно введенный в сосуд полиэтиленовый катетер. В период проведения нагрузки животных не кормили. Интервалы между периодами проведения нагрузок в пределах 5-7 дней. В ряде случаев для подтверждения действия гормона использовали метод групп. Бычкам контрольной группы вводили изотонический раствор хлорида натрия, а животным опытной группы - раствор биологически активных веществ:

- инсулин крупного рогатого скота фирмы «Sigma» внутримышечно в дозе 0,2 ед./кг массы тела;
- глюкагон фирмы «Sigma» внутримышечно в дозе 10 мкг/кг массы тела;
- тиролиберин, изготовленный Каунасским заводом эндокринных препаратов, внутримышечно в дозе 3 мкг/кг массы тела;

- кортикотропин, изготовленный Каунасским заводом эндокринных препаратов, внутримышечно в дозе 0,5 ед./кг живой массы;
- L-Дофа фирмы «Реанал» перорально в форме водного раствора в дозе 12 мг/кг массы тела.

Все гормональные препараты растворяли в изотоническом растворе хлорида натрия. О реакции организма животных на данные нагрузки судили по изменению в крови концентрации гормонов и метаболитов.

Из таблицы 22 следует, что концентрация соматотропина в крови бычков достоверно увеличивалась через 30 минут после введения тиролиберина и спустя 60 минут – глюкагона. В отличие от лабораторных же животных, введение молодяку крупного рогатого скота инсулина и L-Дофа не оказало существенного влияния на уровень соматотропина. Увеличение концентрации соматотропина после нагрузки тиролиберинем или глюкагоном, по-видимому, является следствием активации соматотропной функции аденогипофиза этими веществами.

Таблица 22

Концентрация соматотропина в крови 9-месячных бычков
после функциональных нагрузок, нг/мл

Показатели	Время после нагрузки, минуты					
	0	15	30	60	90	120
Нагрузка тиролиберинем						
М ± м	3,6±0,38	-	8,3±1,26	5,4±0,70	-	6,3±0,68
% к и. д.	100,0	-	230,6 **	150,0 *	-	175,0 **
Нагрузка глюкагоном						
М ± м	2,1±0,19	1,8±0,13	2,5±0,26	3,1±0,27	2,0±0,17	-
% к и.д.	100,0	85,7	119,0	147,6 **	95,2	-
Нагрузка инсулином						
М ± м	5,6±0,69	-	5,5±0,66	4,2±0,47	5,9±0,57	4,8±0,46
% к и.д.	100,0	-	98,2	75,0	105,4	85,7
Нагрузка L-Дофа						
М ± м	3,7±0,43	-	-	3,7±0,24	-	3,6±0,41
% к и.д.	100,0	-	-	100,0	-	97,3

После введения глюкагона в крови животных изменяется содержание некоторых гормонов и метаболитов. Под влиянием дополнительного поступления глюкагона в организм бычков в печени животных активизируется гликогенолиз, что приводит к усилению выделения из печени глюкозы и быстрому подъему ее уровня в крови (табл. 23). В свою очередь, высокий уровень глюкозы активизирует функцию инсулярного аппарата в поджелудочной железе, что обеспечивает существенное увеличение содержания инсулина в крови.

Таблица 23

Концентрация инсулина, глюкозы и молочной кислоты в крови
бычков после внутримышечного введения глюкагона

Показатель	Время после введения, минуты
------------	------------------------------

	0	15	30	60	90
Инсулин, мкед\мл					
М ± м	12±1,5	265±26	237±24,4	72±22,5	35±11,3
% к и.д.	100,0	2208,3 ***	1975,0 ***	600,0 *	291,7
Глюкоза, мг%					
М ± м	64±1,5	120±2,9	117±5,3	80±8,0	63±6,4
% к и.д.	100,0	187,5 ***	182,8 ***	125,0	98,4
Молочная кислота, мг%					
М ± м	5,1±0,3	5,4±0,56	7,0±0,5	6,5±0,7	4,4±0,59
% к и.д.	100,0	105,9	137,2 ++	127,5	86,3

Активацию функции инсулярного аппарата у жвачных животных в результате увеличения концентрации в крови глюкозы подтверждают ранее приведенные данные по использованию функциональной нагрузки глюкозой. При этом в большинстве случаев после введения глюкозы не отмечалось существенного изменения в крови уровня соматотропина. Нагрузка инсулином также не оказала влияния на содержание соматотропина в крови бычков (табл. 22).

Совокупность этих данных позволяет утверждать, что повышение уровня соматотропина в крови молодняка крупного рогатого скота после введения им глюкагона связано с непосредственным влиянием последнего на соматотропную функцию аденогипофиза.

Заметное увеличение содержания молочной кислоты через 30 минут после введения глюкагона, по-видимому, отражает инсулинзависимое усиление гликолиза в клетках мышечной ткани.

В целях получения количественной оценки реакции аденогипофиза на функциональные нагрузки рассчитали величину прироста концентрации соматотропина через 30 минут после введения тиролиберина и через 60 минут после инъекции глюкагона в процентах к базальному уровню.

Установлены существенные индивидуальные различия по величине ответа железы на введение тиролиберина и глюкагона. В большинстве случаев обе нагрузки позволили выявить одних и тех же животных с высокой и низкой соматотропной активностью аденогипофиза. Однако нагрузка тиролиберинем в данной дозе сильнее активизировала поступление соматотропина в кровь, а индивидуальные особенности животных проявлялись при повторном тестировании бычков в 14-месячном возрасте (табл. 24).

Это свидетельствует о хорошей воспроизводимости результатов тестирования и позволяет условно разделить бычков на две группы. Учитывая важную роль соматотропина в регуляции обмена веществ и продуктивности у растущего молодняка крупного рогатого скота и лактирующих коров, можно предположить, что данный тест может найти применение в селекционной работе.

Внутримышечное введение инсулина в дозе 0,2 ед. на кг массы тела обеспечило существенное увеличение концентрации инсулина в плазме крови бычков через 30 минут после нагрузки (табл. 25). Повышенный уровень гормона в крови сохранялся на протяжении 4 часов. В результате высокой концентрации инсулина усилилось использование глюкозы в клетках инсулинзависимых тканей, что подтверждают данные о достоверном снижении содержания глюкозы в крови бычков после нагрузки инсулином (табл. 25). Низкий

уровень глюкозы в крови животных сохранялся в течение 4 часов. Не установлено больших различий между контрольной и опытной группами по концентрации в плазме крови тироксина. Таким образом, введение инсулина существенно не изменяет функцию щитовидной железы.

Таблица 24

Прирост концентрации соматотропина в крови бычков через 30 минут
после введения тиролиберина, в % к базальному уровню

Группа	№ животного	Возраст бычков, месяцы	
		9	14
1	1834	23	26
1	0456	26	67
1	1860	75	47
1	6700	5	36
	$M \pm m$	32 ± 15	44 ± 9
2	1831	190	179
2	1181	200	275
2	1820	644	193
2	1807	222	126
	$M \pm m$	314 ± 110	193 ± 31
	% к 1-й группе	981,2 *	438,6 **

Из исследованных гормонов после нагрузки инсулином наиболее значительно изменялось содержание кортикотропина и кортизола (табл. 25). Вероятно, в результате значительного снижения уровня глюкозы в крови включаются центральные механизмы, обеспечивающие гомеостаз глюкозы, которые активизируют выделение кортикотропина из аденогипофиза. В результате увеличивается поступление в кровь из коры надпочечников кортизола, который повышает интенсивность процессов глюконеогенеза в клетках печени, что способствует поддержанию гомеостаза глюкозы.

Таблица 25

Концентрация гормонов и метаболитов в крови бычков после
внутримышечного введения инсулина

Группа	Время после нагрузки, часы					
	0	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0
Инсулин, мкед/мл						
Контроль	16,6±1,5	17,6±2,5	17,9±2,2	23,7±3,0	17,9±1,7	16,9±1,3
Опыт	16,4±1,7	121±14,7	98,4±9,5	64,5±5,4	21,4±1,3	17,8±1,8
% к контр.	98,8	631,2 **	549,7 **	272,1 **	119,5	105,3
Глюкоза, мг%						
Контроль	37,6±2,9	38,2±2,1	35,1±2,1	37,2±2,1	41,2±2,1	46,6±1,6
Опыт	36,6±1,4	25,3±2,0	8,6±1,2	10,2±1,3	16,8±1,3	43,0±3,9
% к контр.	97,3	66,2 **	24,5 **	27,4 **	40,8 **	92,3
Кортизол, нг/мл						
Контроль	34,9±3,8	34,8±3,9	36,2±4,8	34,5±3,4	31,9±2,9	34,8±5,4

Опыт	34,9±3,4	37,9±5,6	47,1±3,1	85,5±12	27,7±1,1	24,7±3,5
% к контр.	100,0	108,9	130,1 *	247,8 **	86,8	70,9
Кортикотропин, пг/мл						
Контроль	286±21	272±10	312±4	280±11	234±4	239±3
Опыт	315±6	351±14	389±5	414±11	242±2	232±3
% к контр.	110,0	128,7	124,4 **	148,0 **	103,5	97,4
Тироксин, нг/мл						
Контроль	67±15	74±10	60±7	69±3	74±13	67±3
Опыт	70±11	54±1	79±12	76±6	74±8	70±8
% к контр.	104,5	73,0	131,7	110,1	100,0	104,5

Как видно из приведенных данных, несмотря на особенности метаболизма у жвачных животных регуляторная система, ответственная за поддержание глюкозы в крови на определенном уровне, работает аналогично таковой у человека и моногастричных животных.

Рекомендуемая литература

- Розен В.Б. Основы эндокринологии. - М.: Высшая школа, 1984. –336 с.
- Чернышева М.П. Гормоны животных. Введение в физиологическую эндокринологию. – СПб.: «Глаголь», 1995. –296 с.
- Сергеев П.В., Шимановский Н.Л. Рецепторы физиологически активных веществ. – М.: Медицина, 1987. – 400 с.
- Ballard F.J., Hanson R.W., Kronfeld D.S. Gluconeogenesis and lipogenesis in tissue from ruminant and nonruminant animals //Fed. Pros. – 1969. – N 28. – 1. – P. 218-231.
- Луничева Т.И., Меньшиков В.В., Большакова Т.Д. Определение экскреции с мочой конъюгатов катехоламинов. // лаб. дело. –1971. Т.2.
- Калинин А.П., Камынина Т.С. Глюкокортикоиды и печень (современное состояние вопроса).// Советская медицина. –1973. -№12. –С. 49-56.
- Кулинский В.И. Закономерности инактивирования катехоламинов, поступающих в кровоток. // Физиол. И биохим. Биогенных аминов, «Наука», М., -1969. -С. 271-274.
- Юдаев Н.А. О действии гормонов на уровне передачи генетической информации // Ж. Проблемы эндокринологии. –1967. -Т.13. –в. 1. –С.112-121.
- Ballard F.J., Hanson R.W., Kronfeld D.S. gluconeogenesis and lipogenesis in tissue from ruminant and nonruminant animals // Fed. Pros. –1969. –N 28. –1. –P. 25-28.
- Sutherland E.W., Robinson G.A. The role of cyclic 3,5-AMP in responses to catecholamines and other hormones // Pharmac. Rev. –1966. –N 18. –P. 145-148.
- Weber G., Singhal R.L., Srivastava S.K. Effect of nutritional state on hormonal regulation of liver enzymes. // Can. J. –1965. –N 43. –P. 290-294.
- Boehncke E., Grapp J. Der influss von anabolka auf die N-Retention von mastkalbern. // J. Tierphysiol. Tierornahrung und Futtermittelkunge. –1976. –N 6. –P. 18-25.
- Потребность жвачных животных в питательных веществах и энергии. Перевод с англ. А.А.Яковлева под ред. А.П.Дмитроченко. М.: Колос, 1968. –415 с.
- Калашников А.П., Клейменов Н.И., Баканов В.Н. и др. Нормы и рационы кормления с.-х. животных. Справочное пособие. –М.: Агропромиздат, 1985. –352 с.

Алиев А.А. Оперативные методы исследования с.-х. животных, Л.: Наука, 1974. – 362 с.

Эффективность использования обменной энергии корма на прирост у бычков при разной обеспеченности метаболизма протеином

В качестве показателя, характеризующего эффективность трансформации питательных веществ корма в компоненты мяса, применяли коэффициент эффективности использования обменной энергии на рост животных (Кэиэ), который рассчитали по стандартной формуле:

$$Кэиэ = (\text{Эотл } 100) / (\text{ОЭ} - \text{Эпод}), \text{ где:}$$

ОЭ - количество обменной энергии, потребленной бычками, МДж/сутки;

Эотл - количество энергии, отложенной в теле бычка, МДж/сутки;

Эпод - количество энергии, необходимое для обеспечения поддерживающего обмена, МДж/сутки.

В предварительный период опыта с помощью сотрудников лаборатории энергетического питания определены баланс энергии и показатели газозенергетического обмена масочным методом. На основании этих данных рассчитано количество энергии, отложенной в теле бычков. Одновременно рассчитано значение энергии отложения у этих бычков по формулам, описанным в литературе. Математический анализ показал, что результаты определения количества энергии отложенной в теле по формуле, которая предложена сотрудниками ВНИИФБиП с.-х. животных (Надальяк Е.А. и др., 1986), статистически достоверно согласуются с данными нашего эксперимента. В среднем различия между расчетными и экспериментальными данными не превышали 10,3 %, а коэффициент корреляции был $\pm 0,94$ ($P < 0,01$). В дальнейшей работе во всех опытах энергию отложенную в теле бычков рассчитывали по данной формуле:

$$\text{Эотл} = 4,186 x^2 \pm 0,0398 Mx - 2,512 x, \text{ где:}$$

Эотл - количество энергии, отложенной в теле бычка, МДж/сутки;

М - масса тела бычка, кг;

х - среднесуточный прирост живой массы, кг/сутки.

Значение энергии поддержания рассчитывали по общепринятой формуле (NRC, 1978):

$$\text{Эпод} = 0,483 \text{ ММТ}^0,75, \text{ где:}$$

Эпод - количество энергии, необходимое для обеспечения поддерживающего обмена, МДж/сутки;

ММТ - метаболическая масса тела, которая равна живой массе в степени 0,75.

При расчете потребленной обменной энергии учитывали фактическое потребление животными кормов, их химический состав и результаты балансовых опытов. Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что рационы обеспечили получение запланированного среднесуточного прироста массы тела, а более высокий уровень кормления способствовал достоверному увеличению интенсивности роста бычков 2-й группы по сравнению с животными 1-й группы.

Таблица 1

Показатели роста бычков

при разном уровне кормления

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
Масса тела, кг:			
в начале опыта	333 ± 5,6	334 ± 10,7	100,3
в конце опыта	377 ± 6,2	395 ± 11,2	104,8
Среднесуточный прирост, г	800 ± 30	1105 ± 93	138,1*

Данные балансовых опытов показали, что животные этой группы достоверно больше потребляли и откладывали в организме энергии и азота (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Баланс энергии у 12-месячных бычков, МДж / сутки

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
Валовая энергия корма	134,8±1,27	154,0±1,80	114,2***
Потери энергии с калом	38,7±1,01	46,2±0,42	119,4***
Переваримая энергия корма	96,1±0,7	107,8±1,71	112,2***
Потери энергии с мочой и на ферментацию	14,9±0,15	17,6±0,21	118,1***
Переваримость, %	71,3±0,38	70,0±0,36	98,2*
Обменная энергия	81,2±0,61	90,3±1,51	111,2**
Общая теплопродукция	67,0±0,88	70,3±2,05	104,9
Энергия продукции	14,2±0,77	17,3±1,45	121,8

Таблица 3

Баланс азота у 12-месячных бычков, г/сутки

Показатели	1-я группа	2-я группа	% к 1-й группе
Принято азота с кормом	161,6±1,54	203,1±2,47	125,7***
Выделено азота с калом	56,7±0,98	79,6±2,70	140,4***
Переварено азота	104,9±0,85	123,5±3,27	117,7**
Переваримость, %	64,9±0,37	60,8±1,31	93,7*
Выделено азота с мочой	68,0±2,33	64,4±1,32	94,7
Отложено в теле	36,9±2,67	59,1±3,71	160,2**

Необходимо отметить тенденцию к снижению переваримости азота и энергии кормов с увеличением уровня кормления. Это согласуется с данными зарубежных исследователей (ARC, 1965). Отложение азота в организме бычков часто достоверно положительно коррелировало со среднесуточным приростом массы тела ($r = \pm 0,79$; $P < 0,02$), что свидетельствует о хорошем совпадении данных балансового опыта с результатами определения интенсивности роста бычков. Однако, количество отложенного в теле азота после пересчета на белок и прогнозируемый прирост живой массы в ряде случаев превышали фактические данные, полученные в опыте. Аналогичную картину наблюдали ряд исследователей (Потребность жвачных животных в питательных веществах и энергии, 1968). Однако до настоящего времени нет точного объяснения данному явлению.

Разный уровень кормления животных существенно не отразился на эффективности конверсии питательных веществ корма в компоненты мяса. Коэффициенты эффективно-

сти использования обменной энергии на рост бычков в 1-й и 2-й группах составили, соответственно, $39,1 \pm 2,23$ и $38,4 \pm 4,38$.

Целью исследований других опытов являлось получение экспериментальных данных для разработки биологического обоснования способов повышения интенсивности роста бычков и эффективности использования питательных веществ корма на биосинтез компонентов мяса и уточнение норм белкового питания в период интенсивного выращивания и в период откорма.

Новизна исследований состоит в получении новых экспериментальных данных о роли факторов питания в механизмах физиологической регуляции функциональной активности регуляторных (эндокринной и иммунной) систем, пищеварительной системы, обмена веществ и формирования баланса субстратов, необходимых для обеспечения основных физиологических функций организма.

Для решения поставленных задач проведены исследования по оптимизации протеинового питания бычков в период интенсивного доращивания и откорма с целью увеличения снабжения обменного фонда организма бычков аминокислотами. Проведены два опыта по 4 периода в каждом на бычках молочных пород в период выращивания (8-11 мес. с начальным живым весом 147,3кг) и в период интенсивного откорма (11-14 мес. с начальным живым весом 335 кг). Опыты проведены методом периодов с использованием схемы латинского квадрата. Во время опыта бычки получали рационы согласно живой массе и уровню планируемых приростов на уровне 1300-1400г. В каждой возрастной группе (выращивание и откорм) последовательно повышали уровень обменного протеина в рационе за счет ввода кормовых добавок с пониженной распадаемостью протеина (соевый жмых). В опыте на бычках в период выращивания уровень протеина (отношение обменного протеина к обменной энергии) был в 1-ой группе -7,8, во 2-ой - 8,06, в 3-й -8,4 и в 4-ой -8,6г/МДж. В период откорма это отношение по группам было чуть ниже: 7,8, 8,1, 8,2 и 8,5, соответственно (табл. 4 и 5).

Таблица 4 Рационы кормления бычков в период выращивания

Корма, кг	периоды			
	1	2	3	4
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	0,5
Силос разнотравный	6	6	6	6
Комбикорм	4,25	3,91	3,75	3,5
Жмых соевый		-	0,5	0,75
Жмых подсолнечный		0,25		
Мел	0,1	0,1	0,1	0,25
Соль	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60	0,1	0,1	0,1	0,12
В рационе содержится				
Сухого вещества, кг	6,1	6,1	6,1	6,1
Обменной энергии, МДж	60,9	60,9	60,9	60,9
Сырого протеина, г	846	898	950	1002

Распадаемого протеина, г	611	653	665	693
Обменного протеина, г	478	491	513	526
Органического вещества, кг	5,74	5,74	5,74	5,74
Сырой клетчатки, г	918	934	920	921
Сырого жира, г	183	195	197	204
Сырой золы, г	384	394	392	396
БЭВ, г	3791	3710	3671	3611
Обменный белок на 1 МДж обменной энергии	7,8	8,1	8,4	8,6

По количеству переваренных питательных веществ бычками в период выращивания и в период откорма отмечено достоверное увеличение переваренного протеина между группами ($p < 0.05$) как за счет его большего содержания в рационе, так и лучшего переваривания. При этом отметили достоверное снижение количества переваренных БЭВ, в основном крахмала, которого контрольная группа принимала больше только в 4-ой группе. По количеству других переваренных питательных веществ бычками, не отмечено значительных расхождений между группами.

По мере увеличения содержания обменного белка в рационах возрастала переваримость сырого протеина ($p < 0.05$) во всех сериях опыта. По другим коэффициентам не было различий переваримости питательных веществ у бычков в разные периоды опытов.

Таблица 5 Рационы кормления бычков в период откорма

Корма, кг	группы			
	1	2	3	4
Сено злаковое	1,0	1,0	1,0	1,0
Силос разнотравный	12	12	12	12
Комбикорм	5,4	5,16	5,16	4,91
Жмых соевый	-	-	0,25	0,5
Жмых подсолнечный		0,25		
Мел	0,1	0,1	0,1	0,25
Соль	0,1	0,1	0,1	0,1
Премикс ПК-60	0,1	0,1	0,1	0,12
В рационе содержится				
Сухого вещества, кг	9,94	9,94	9,94	9,94
Обменной энергии, МДж	88,9	88,9	88,9	88,9
Сырого протеина, г	1291	1343	1343	1395
Распадаемого протеина, г	890	933	916	948
Обменного протеина, г	699	728	732	754
Органического вещества, кг	9,3	9,3	9,3	9,3
Сырой клетчатки, г	1812	1823	1813	1814
Сырого жира, г	278	288	285	292
Сырой золы, г	605	612	608	612

БЭВ, г	5948	5874	5888	5828
Обменный белок на 1 МДж обменной энергии	7,8	8,1	8,2	8,5

Изучение показателей рубцовой ферментации показало, что в рубце бычков по мере увеличения в рационе протеина отмечено возрастание уровня аммиака, но достоверное различие зафиксировано только для 4-го периода, как в период выращивания, так и откорма (табл.6). Образование ЛЖК и величина рН в рубце бычков всех опытных групп находились на одном уровне. При этом не отмечено достоверных изменений и в соотношении ЛЖК. Эти данные косвенно свидетельствуют об однотипности и сходном уровне микробного синтеза и, соответственно, одинаковом вкладе микробного белка в общий фонд обменного белка во все периоды обоих опытов. Это подтверждается показателями микробной активности в рубце подопытных бычков (табл.11).

Таблица 6 Показатели рубцовой ферментации у бычков в период выращивания

Показатели	Периоды опыта			
	1 –ый (7,8г/МДж)	2 –й (8,1г/МДж)	3-й (8,4г/МДж)	4-й (8,6г/МДж)
	I опыт (период выращивания)			
рН	6,78±0,07	6,75±0,08	6,83±0,10	6,86±0,12
аммиак, мг%	6,4±0,81	7,46±1,81	9,94±1,82	10,5±2,1 ²
ЛЖК ммоль/100мл	8,6±1,83	9,3±1,18	10,4±0,12	9,8±0,64
ацетат, %	69,8±0,81	68,1±2,39	67,8±1,67	68,3±1,19
пропионат, %	15,9±0,97	16,8±0,165	17,1±0,98	17,3±0,37
бутират, %	14,3±0,32	15,0±2,23	14,9±0,71	14,3±1,24
число бактерий, млн/мл	9,73±0,91	9,83±0,85	9,56±0,50	9,76±0,82
число инфузорий, тыс/мл	688,3±7,26	705±164,6	696±46,3	766±111
амилолит. актив- ность, Ед/мл	28,7±1,32	30,5±1,81 ¹	31,7±1,29	31,2±1,87
целлюл. активность, %	5,0±1,67	6,3±0,31	5,4±1,98	5,4±0,38 ²
	II опыт (период откорма)			
рН	7,15±0,04	6,96±0,09	7,05±0,09	6,96±0,07
аммиак, мг%	7,8±0,88	8,7±0,58	6,7±1,55	9,2±0,98 ¹
ЛЖК ммоль/100мл	8,9±0,48	8,42±0,47 ¹	8,52±0,27	7,6±0,04
ацетат, %	72,8±1,80	68,4±3,62	72,5±1,35	71,7±1,92 ¹
пропионат, %	15,4±1,09	17,1±2,31	14,5±0,78	15,2±1,04
бутират, %	11,7±0,99	14,5±1,38	12,9±0,63	13,0±0,98 ¹
число бактерий, млн/мл	9,7±0,58	9,13±0,34	9,8±0,57	10,0±0,21 ²
число инфузорий, тыс/мл	615±34,0	711±14,2	635±61,1	618±24,2
амилолит. актив-	34,3±1,50	33,2±2,49	34,8±1,62	34,6±0,57

ность,Ед/мл				
целлюл. активность,%	10,4±0,95	10,9±1,02	9,76±1,26	11,6±1,25 ³

Примечание здесь и далее 1,2,3-достоверность различий между периодами опытов (p<0.05)

Отложение азота достоверно (p<0.05) возрастало по мере увеличения содержания обменного белка в рационах у бычков в обоих опытах, но интенсивность отложения снижалась к 4-му периоду (табл.7).

Эффективность использования азота бычками (по отношению к принятому азоту с кормом) в первом опыте по периодам последовательно увеличивалась при возрастании уровня протеина в рационах. От переваренного азота бычки использовали азот с одинаковой эффективностью (табл.8). В период откорма (второй опыт) бычки менее эффективно использовали азот на отложение, как от принятого, так и от переваренного азота.

Таблица 7 Баланс азота у бычков в период выращивания, г

Показатели	Периоды опыта			
	1 -й	2-й	3-й	4-й
	I опыт (период выращивания)			
Принято, г	133,3±10,75	142,9±10,0 ¹	147,2±7,76 ¹	157,9±10,7 ^{1,2,3}
Выделено с калом, г	55,7±4,49	55,8±3,3	53,5±2,39	50,7±5,16 ¹
Выделено с мочой, г	35,6±4,18	39,4±3,89 ¹	42,6±2,47 ¹	49,1±2,55 ^{1,2,3}
Отложено, г	41,9±2,54	47,6±2,84 ¹	50,9±2,97 ^{1,2}	58,2±3,77 ^{1,2,3}
	II опыт (период откорма)			
Принято, г	204,9±11,17	212,4±1086 ¹	212,4,2±11,5 ¹	222,0±10,7 ^{1,2,3}
Выделено с калом, г	87,0±4,23	88,3±5,64	86,2±6,39	86,7±1,77 ¹
Выделено с мочой, г	59,9±11,0	59,3±4,99	55,3±8,22	65,6±7,44
Отложено, г	57,9±0,94	64,7±1,22 ¹	65,7±1,44 ^{1,2}	69,6±2,45 ^{1,2}

Анализ материалов респираторных исследований, проведённых в период выращивания и откорма показал, что при увеличении уровня протеина у бычков повышается вентиляция лёгких и общий уровень тканевой теплопродукции. Значительно большим в этих группах был расход энергии на теплопродукцию (на 11-27%).

Таблица 8 Показатели эффективности использования азота бычками в период выращивания

Показатели	Периоды опыта			
	1 -й	2 -й	3 -й	4 -й
	I опыт (период выращивания)			
Отложено от принятого	31,6±1,21	33,4±0,32	34,6±0,21	36,8±0,49 ^{1,2,3}
Отложено от перева-	54,3±1,54	54,8±0,93	54,4±0,17	54,2±0,55

ренного				
Выделено с мочой от принятого	26,5±0,94	27,5±0,78	28,9±0,29 ¹	31,1±1,08
Выделено с мочой от отложенного	84,3±5,25	82,5±3,13	83,7±0,59	84,4±1,90
Выделено с мочой от переваренного	45,6±1,54	45,1±0,93	45,5±0,17	45,7±0,55
	II опыт (период откорма)			
Отложено от принятого	28,5±1,99	30,6±1,03	31,1±1,03 ²	31,4±0,57
Отложено от переваренного	49,9±4,65	52,3±1,89	52,1±1,00	51,7±2,05
Выделено с мочой от принятого	28,8±3,77	27,8±1,34	28,4±0,21	29,4±1,94
Выделено с мочой от отложенного	103,8±20,2	91,5±6,68	91,7±3,69	93,8±8,03
Выделено с мочой от переваренного	50,0±4,65	47,6±1,89	47,8±1,00	48,2±2,05

Данные по балансу энергии (табл.9) показывают, что в период выращивания уровень обменной энергии у бычков был выше на рационах с повышенным уровнем обменного протеина. В группах бычков на откорме такого эффекта не наблюдалось. В опытных группах в период выращивания и откорма потери энергии с мочой были ниже, чем в контроле на 13-22% и 22-26%, соответственно, что возможно свидетельствует о дефиците энергии.

Более высокий уровень сырого протеина в рационах бычков на выращивании способствовал повышению теплопродукции, что отрицательно отразилось на энергии прироста.

У бычков на откорме по уровню обменной энергии и выделенной теплопродукции значительных различий между периодами опыта не наблюдалось.

Таблица 9 Баланс энергии у бычков (МДж/сут)

Показатели, МДж/сут.	Периоды опыта			
	1 -й	2 -й	3 -й	4 -й
I опыт (период выращивания)				
Валовая энергия корма	101,8±7,3	103,5±6,5 ¹	103,0±7,1	102,8±7,0
Валовая энергия кала	36,1±4,1	40,2±1,1	36,5±1,1	34,6±5,6
Энергия переваримых питательных веществ	65,7±5,9	63,3±7,0	66,6±7,8	68,2±2,2
Потери энергии с метаном и тепловой ферментации	10,7±1,0	10,3±1,2	10,8±1,3	11,1±0,4
Энергия мочи	3,2±0,6	2,7±0,8	2,8±0,8	2,5±0,5
Обменная энергия	51,8±4,4	50,3±5,7	53,8±5,9 ²	54,6±1,3
Теплопродукция	38,9±3,8	43,2±7,8	45,5±7,6	49,7±1,0 ¹

Энергия прироста	12,9±3,9	7,1±2,6	8,4±2,5	5,0±0,4
II опыт (период откорма)				
Валовая энергия корма	166,2±8,8	165,8±7,8	165,9±7,9	167,6±8,2
Валовая энергия кала	60,4±2,2	59,8±4,1	57,6±4,5	62,7±1,9
Энергия переваримых питательных веществ	105,8±9,3	106,0±4,1	108,3±3,5	105,0±9,6
Потери энергии с метаном и тепловой ферментации	17,2±1,5	17,2±0,7	17,6±0,6	17,1±1,5
Энергия мочи	5,0±1,4	3,7±0,4	3,9±0,3	3,8±1,1 ¹
Обменная энергия	83,6±6,7	85,1±3,5	86,8±3,1	84,1±7,3
Теплопродукция	70,7±10,0	72,9±2,3	70,8±1,7	67,7±6,3
Энергия прироста	12,9±3,3	12,2±5,6	16,0±2,4	16,4±2,3

Повышение уровня обменного протеина в рационе растущих и откармливаемых бычков молочных пород (при отношении обменного протеина к обменной энергии в пределах от 7,8 до 8,6 г/МДж) не оказало отрицательного влияния на функциональное состояние эндокринной системы, фонд субстратов (неэстерифицированные жирные кислоты, триглицериды, аминокислоты, глюкоза), направленность гликолиза и глюконеогенеза, обеспеченность витаминами (α -токоферол и ретинол) (табл.10).

Таблица 10 Биохимические показатели крови бычков

Показатели	Периоды опыта			
	1 -й	2-й	3 -й	4 -й
I опыт (период выращивания)				
Глюкоза, мг%	64,0±1,91	65,2±2,53	62,5±2,79	69,6±0,58
α - аминный азот, мг%	8,1±0,39	8,7±0,23	9,4±0,25	8,2±0,27
Мочевина ммоль/л	4,07±0,15	4,3±0,11	4,84±0,18	5,2±0,21
Триглицериды, г/л	0,24±0,02	0,186±0,03	0,173±0,015	0,18±0,024
НЭЖК, ммоль/л	0,69±0,01	0,71±0,017	0,70±0,018	0,70±0,009
пируваткарбоксилаза мкмоль/л/мин	10,55±0,78	10,95±1,48	18,3±1,86 ¹	15,3±1,18
Лактатдегидрогеназа мкмоль/л/мин	27,12±3,4	37,71±3,58	34,55±2,91	68,8±8,77 ^{1,2,3}
Инсулин, мкед/мл	19,63±2,12	18,86±3,53	18,95±1,78	20,32±0,74
Тироксин, нмоль/л	338±16,1	382±56,1	394±51,7	401±26,3
Трийодтиронин, нг/мл	5,21±0,46	5,45±0,61	5,61±0,12	6,05±0,53
Кортизол, нмоль/л	159,8±17,5	156,4±19,21	147,6±18,99	151,6±23,78
Ретинол, мкг/мл	0,301±0,02	0,324±0,028	0,304±0,028	0,323±0,019
α -токоферол, мкг/мл	6,99±0,34	7,11±0,11	7,08±0,43	6,32±0,14
II опыт (период откорма)				
глюкоза мг%	54,9±0,58	57,0±1,92	57,4±1,39	58,2±0,41
α -аминный азот, мг%	9,64±0,39	9,32±0,25	9,01±0,40	9,99±0,44
Мочевина ммоль/л	5,53±0,21	7,05±0,32	5,85±0,15	4,48±0,21
Триглицериды, г/л	0,29±0,031	0,48±0,018	0,19±0,15	0,27±0,02
НЭЖК, ммоль/л	0,69±0,003	0,67±0,005	0,68±0,012	0,71±0,023

Пируваткарбоксилаза мкмоль/л/мин	14,65±0,7	25,28±3,53	19,81±2,86	18,84±2,06
Лактатдегидрогеназа мкмоль/л/мин	39,49±3,83	26,09±2,10	45,03±4,40	37,53±1,80
Инсулин, мкЕд/мл	20,23±4,75	21,62±2,32	18,24±1,83	18,79±2,21
Тироксин, нмоль/л	388±17,3	374±19,9	404±22,8	374±24,1
Трийодтиронин, нг/мл	7,55±0,68	6,99±1,22	6,63±1,29	5,58±0,17
Кортизол, нмоль/л	140,9±14,6	123,6±11,59	130,0±7,80	140,1±12,73
Ретинол, мкг/мл	0,314±0,01	0,318±0,005	0,329±0,013	0,331±0,013
α-токоферол, мкг/мл	7,33±0,58	7,79±0,48	7,20±0,46	8,04±0,50

В то же время в период выращивания, в 4-ый период опыта, при максимальном уровне обменного протеина в рационе, отмечалось увеличение мочевинообразования, снижение уровня аминного азота и повышение уровня глюкозы, что свидетельствует об избыточном поступлении аминокислот в метаболический пул организма.

Исходя из полученных экспериментальных данных в период выращивания (8-11 месяцев) у бычков чёрно-пёстрой породы живой массой 204 кг (ср.суточный привес 1300 г) оптимальным уровнем следует считать 8,4 г ОБ на 1 МДж обменной энергии.

Полученные во втором опыте данные у откармливаемых бычков холмогорской породы (возраст 10-13 месяцев) со средней живой массой 404кг и (ср. привесами 1400г) оптимальным уровнем следует считать 8,2 г ОБ на 1 МДж обменной энергии.

Роль метаболитов и ферментов обмена углеводов, белков и системы иммунобиологического надзора в формировании субстратного баланса.

Д.б.н., профессор Галочкин В.А., д.б.н. Галочкина В.П.

Под сбалансированным и полноценным питанием для обеспечения высокой продуктивности растущих и откармливаемых на мясо бычков мы понимаем не что иное, как метаболически адекватное питание. Иными словами это питание, при котором корма, прежде всего, хорошо (с аппетитом) поедаются и в единице объема содержат достаточное количество питательных, биологически активных веществ и энергии для обеспечения высокой интенсивности роста (высокой продуктивности). И уже затем эти корма непременно должны быть доступны для гидролиза и ферментации, а продукты ферментализации и ферментации, в свою очередь, должны быть доступны для всасывания и превращений, вследствие которых образовавшийся субстратно-метаболический комплекс пластических и энергетических компонентов становится доступным для включения во все синтетические и энергию производящие реакции организма.

Принимая во внимание специфику пищеварения и обмена веществ жвачных животных, необходимо обязательно включать в рацион корма, обеспечивающие достаточное поступление в кишечник аминокислот и глюкозы. Чисто условно и схематически выражаясь, это часть рациона предназначена для питания макроорганизма. Входящие в эту часть рациона компоненты должны быть трудногидролизуемы в преджелудках, т.е. труднодоступны для микроорганизмов, а продукты их частичного гидролиза должны эвакуироваться в тонкий кишечник и уже там под действием гидролитических ферментов макроорганизма

будут претерпевать окончательные изменения до продуктов доступных для всасывания и последующей метаболизации. Этот путь гидролитического расщепления нутриентов (питательных веществ) является столь же необходимым для макроорганизма, сколь и биологически, энергетически и экономически более выгодным в сложном пути трансформации питательных веществ корма в животноводческую продукцию.

По нашей условно-схематической градации, жвачному животному мы должны непременно предусмотреть в рационе и определенную часть компонентов легкогидролизуемых в преджелудках. Это относится как к углеводам, так и к азотсодержащим веществам. Их главное назначение – обеспечить активный рост и поддержать интенсивное функционирование микроорганизмов, населяющих преджелудки. Только при безусловном соблюдении этих двух условий (баланс между количеством гидролизуемых и негидролизуемых в рубце питательных веществ) можно будет ожидать высокого продуктивного ответа от жвачного животного, поскольку именно в этом случае мы приближаемся к обеспечению ему метаболически адекватного питания.

Характеризовать метаболически адекватное питание жвачных животных на уровне пищеварительного этапа можно двумя критериями: 1) интенсивностью процессов ферментации в рубце, оцениваемой в общепринятом интегрированном виде количеством продуцируемого микробного белка и низкомолекулярных жирных кислот; 2) интенсивностью эвакуации из преджелудков и желудка в тонкий кишечник нерасщепившихся белков и полисахаридов, способных к гидролизу на мономеры и всасыванию из тонкого кишечника в кровяное русло. Между этими двумя параметрами должен существовать очень тонкий и сложно регулируемый баланс, так как для достижения высокой продуктивности жвачного животного нужно интенсифицировать одновременно эти два альтернативных, казалось бы, взаимоисключающих процесса – усиление рубцовой ферментации и параллельное повышение количества эвакуируемых из преджелудков в кишечник неферментированных белков и полисахаридов, доступных для гидролиза в кишечнике.

Сказанное и обуславливает необходимость постановки вопроса о совершенствовании, рационализации питания растущих и откармливаемых бычков для оптимального обеспечения рациона нераспадаемым и распадаемым в рубце протеином (с отдельным акцентом на «обменный протеин» и углеводами).

Колоссальны заслуги и грандиозны успехи науки о питании животных. Прошлый век в большом перечне элементов принципиальной новизны дал нам градацию питательных веществ по переваримости на «кажущуюся» и «истинную», явил к жизни серию национальных и межнациональных систем оценки питательности кормов и питания животных. Мы полагаем возможным причислить к одному из знаковых событий прошлого века развитие концепции нормированного питания исходя из тех же метаболических потребностей, но уже основанной на принципе адекватности. Под концепцией «адекватное питание» сейчас все понимают питание, отвечающее метаболически детерминированным потребностям животных во всех питательных, структурных и биологически активных веществах для обеспечения оптимального функционирования организма и производства продукции.

А что же тогда остается веку нынешнему? «Уточнять знаки после запятой?» Ни в коем случае. По нашему убеждению мы уже серьезно запаздываем с постановкой проблемы необходимости перехода к конструированию рационов для высокопродуктивных жвачных с ориентацией на концепцию «идеальный протеин».

В наше время наука о питании животных предполагает, наряду с прочими, обязательное оперирование тремя понятиями: 1) кажущейся, 2) истинной и 3) стандартизированной переваримостью; кажущейся, истинной и стандартизированной доступностью; кажущейся, истинной и стандартизированной усвояемостью абсолютно всех питательных и биологически активных веществ рациона. Для количественного анализа и дифференциации каждой из трех приведенных самостоятельных категорий разработана серия разнообразных зоотехнических, хирургических, физиолого-биохимических и математических приемов.

По нашему убеждению, в современной науке о питании с.-х. животных, неотвратимо грядет осознание необходимости учиться оперировать в каждодневной жизни биологическим понятием «метаболически детерминированная» потребность. Иными словами, предстоит четко сформулировать, что такое истинная потребность организма во всех питательных веществах и биологически активных элементах, каковы количественные критерии ее оценки и каковы пути ее обеспечения.

А правомерна ли в принципе постановка вопроса о наличии некой объективно существующей (внутренней, истинной) «метаболически детерминированной» потребности? Единой точки зрения на этот счет среди ученых до сих пор не выработано. Одни исследователи полагают, что истинную потребность в нутриентах можно считать полностью удовлетворенной если их количество позволяет достигнуть генетического потенциала линейного инкремента роста. Альтернативная точка зрения состоит в том, что не существует никакой внутренне детерминированной метаболической потребности и интенсивность метаболизма является простой функцией нутриентов как субстратов и продуктов реакций (метаболитов), как кофакторов реакций (индукторов и ингибиторов). Теоретически обе точки зрения имеют право на существование и обе можно подвергнуть критике.

Например, потребность организма животного для достижения максимальной продуктивности будет одна, потребность этого же самого животного для достижения максимальной переваримости питательных веществ корма, для максимальной усвояемости, т.е. для высшей оплаты корма будет другая, потребность для обеспечения максимального потребления корма будет третья, потребность для получения лучшего качества продукции будет четвертой, потребность для обеспечения лучшего здоровья и лучшего воспроизводства будет пятой, потребность для обеспечения кратковременного всплеска максимальной продуктивности будет шестой, потребность для обеспечения стабильной долгосрочной продуктивности на протяжении всего технологического цикла будет седьмой и т.д. Поскольку организм животного представляет собой сверхсложную открытую систему с множеством подсистем, то из этого вовсе не следует, что для достижения оптимальной работы каждой из подсистем необходимы тождественные условия. Отчетливо понимая все эти и многие другие сложности, мы продолжаем стоять на правомерности, и даже необходимости использования термина «метаболически детерминированная потребность».

Естественно, возникает резонный вопрос, как сказанное согласуется, с концепцией адекватного питания? Логика развития науки о кормлении, на протяжении двух столетий, начавшись с сенных эквивалентов Тэера, и нормированного кормления, поэтапно шла к полноценному, затем к сбалансированному и, наконец, к адекватному питанию.

Развиваемая во ВНИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных на протяжении ряда лет теория «субстратного питания» есть не что иное, как попытка разработать питание животных, направленное на удовлетворение все тех же биологических нужд организма с

единственным отличием – расшифровкой и детализацией потребностей в образующихся химических компонентах питательных веществ способных непосредственно включаться в метаболический процесс. Никаких блужданий по терминологическим дебрям нам сейчас не грозит. Объяснить и понять появление этой относительно новой трактовки в старой области знания можно просто и логично. Питание ведь и на самом деле должно быть адекватным, т.е. соответствующим, согласующимся. Но, соответствующим чему, и, согласующимся с чем? Питание животных, а, равно как и наше с вами, если мы, конечно, хотим считать его рациональным, должно быть адекватным, но не кажущимся, а истинным физиологическим потребностям организма. Это вполне в духе времени, перспективно с точки зрения познания новых, ранее неизвестных биологических закономерностей, и получения новых знаний о природе животного, науке о питании животного и прямого выхода в практику кормления и технологию кормопроизводства.

Концепция «идеальный протеин» возникла, четко сформулирована и интенсивно разрабатывается во всем мире (кроме России) для с.-х. животных (не только птицы и моногастричных, но и жвачных) уже около полувека. Идея «идеального белка» оказалась очень плодотворной и востребованной. Ею будут заниматься еще неопределенно долго, пока наука не внесет в повестку дня нечто более фундаментальное и всеобъемлющее.

Концепция «идеальный протеин»

Очевидно, прежде всего, будет не лишним в самых общих чертах затронуть суть проблемы «идеального протеина». Само это понятие основывается на совершенно логичном предположении, что должен быть такой протеин, а скорее комбинация протеинов, которая способна обеспечить животное аминокислотами в пропорциях, точно соответствующих потребностям этого животного.

Первоначально еще работой 1954 года, а затем рядом более поздних исследований шестидесятых годов прошлого столетия по существу, было уже доказано, что соотношение аминокислот в протеинах кормов с высокой биологической ценностью и требуемое для оптимального роста свиней, должно приближаться к таковому в тканях животных, потребляющих эти протеины. При этом, баланс незаменимых аминокислот должен обязательно обеспечиваться адекватным, т.е. не большим и не меньшим количеством азота для синтеза заменимых аминокислот. Если дисбаланс аминокислот существует, то недостающую аминокислоту принято называть «первая лимитирующая». Это первичное лимитирование какой-либо одной из незаменимых аминокислот оказывает сходный негативный эффект как и общий дефицит сырого протеина в рационе. Если отдельная незаменимая аминокислота лимитирует рост, то добавление к рациону другой аминокислоты, как мы помним, может иметь самым вероятным следствием только дальнейшее снижение продуктивности, но не ее рост. Американский исследователь Митчелл еще в 1964 году ввел представление о «идеальном протеине». Исключительно интенсивно проблема изучения аминокислотного питания свиней, начавшаяся с сороковых годов прошлого столетия, была в деталях разработана в 60-тые - 70-тые годы.

Ретенция азота свиньями и прирост живой массы совершенно закономерно рассматривались этой группой авторов как главные критерии ответа на различное качественное и количественное аминокислотное питание. В качестве дополнительных характеристик предлагалось оценивать также адекватность аминокислотного питания по балансу азота, по концентрации в плазме свободных аминокислот, по соотношению в рационе замени-

мых и незаменимых аминокислот и по многим другим физиолого-биохимическим показателям. В частности, было выяснено, что лучший эффект достигался при равном соотношении в рационе заменимых и незаменимых аминокислот.

Обстоятельную биологическую расшифровку словосочетания «идеальный белок» нам удалось встретить в солидных работах зарубежных исследователей. Все началось с одного интереснейшего наблюдения. Было точно выяснено, что свиньям разных пород и различных половозрастных групп требуется разное количество протеина рациона для отложения одного и того же количества постного мяса. Однако, при этом, относительное количество незаменимых аминокислот требуемых для отложения одного грамма постного мяса было во всех случаях одним и тем же. Таким образом, стало возможным выразить оптимальный баланс незаменимых аминокислот для роста, когда он обеспечивается достаточным количеством азота для синтеза заменимых аминокислот. Именно такое соотношение в белке заменимых и незаменимых аминокислот позволило отнести его к «идеальному белку». Стало также очень быстро ясно, что не всегда набор имеющихся натуральных ингредиентов способен отвечать требованиям идеального протеина и количество индивидуальных аминокислот может быть либо избыточным, либо недостаточным. Было предложено для изучения продуктивного ответа на индивидуальные аминокислоты исходить из трех возможных ситуаций: 1) уровень обеспечения каждой конкретной аминокислотой и полная комбинация величин отдельных аминокислот, при которых достигается максимальный продуктивный ответ, будет соответствовать именно тому оптимальному балансу, который требуется для отнесения данного протеина к идеальному; 2) недостаток индивидуальной аминокислоты вызывает рост продуктивности, в случае поступления с кормом большего количества этой аминокислоты; 3) избыток индивидуальной аминокислоты не вызывает улучшений в продуктивной ответной реакции даже при значительном увеличении поступления этой аминокислоты. Существенным моментом таких исследований, конечно же является, как уже говорилось ранее, обеспечение условий, при которых продуктивный эффект на изучаемую индивидуальную аминокислоту не будет сдерживаться нехваткой других незаменимых аминокислот, заменимого азота, энергии, равно как и иных питательных и биологически активных веществ в рационе.

Интенсивно изучалась и проблема различных уровней избытка аминокислот. Принято считать, что несущественный избыток не представляет собой биологических проблем. Самая токсичная из аминокислот метионин, но серьезные последствия возникают, только при трехкратном и более ее избытке в рационе от требуемого уровня.

Биологическая ценность протеина, обеспечивающая наиболее эффективное его усвоение для поддержания жизни и прироста белка молодого растущего животного, естественно, может быть определена только в рационе, сбалансированном необходимым количеством энергии, остальных питательных и биологически активных веществ. В таких рационах биологическая ценность протеина принимается за 1,0. Если концентрация протеина в рационе увеличивается на некую умеренную величину, то, конечно же, ускорится окисление аминокислот, но биологическая ценность протеина, до определенных пределов, будет продолжать еще удерживаться на уровне 1,0, значит, мы имеем дело с идеальным протеином. Более того, понятие идеальный протеин подразумевает протеин, который нельзя улучшить замещением какого-либо количества одной аминокислоты таким же количеством другой. Например, в рационе не хватает немного лизина. Добавили точно не-

достающее количество любой другой незаменимой аминокислоты. И этим самым только ухудшили рацион. Был небольшой дефицит одной аминокислоты, а получили дисбаланс по двум аминокислотам.

Плодотворная концепция «идеальный протеин» будет, скорее всего, в научной моде еще неопределенно длительное время (на наш взгляд непозволительно длительное).

Для чего вообще понадобилась животноводам казалось бы чисто теоретическая концепция идеального протеина? Для решения чисто практических задач.

1. Нужно экономить вечно дефицитный белок.

2. Нужно снижать затраты корма вообще и белка, в частности, на производство мяса, молока, яиц, шерсти и т.д. (т.е. нужно повышать степень конверсии всех питательных веществ корма в продукцию). А это можно сделать, подогнав состав рациона, прежде всего, количество белка и его качество (гидролизуемость и аминокислотный состав) к истинным физиологическим потребностям животного.

3. Следующим немаловажным аргументом целесообразности введения концепции «идеальный протеин» было улучшение здоровья животных. Достигается это многоуровневым воздействием на организм: а) надо равномернее распределить в желудочно-кишечном тракте напряженность пищеварительных процессов от желудка до толстого кишечника; б) надо помочь ЖКТ легче и эффективней переваривать и всасывать съеденное, и минимизировать, тем самым, его потенциальные патологические отклонения; в) создавая в ЖКТ оптимальные условия для гидролиза и всасывания питательных веществ именно того химического состава, который требуется данному конкретному животному, в данное время, в данном месте, мы делаем этот корм максимально биологически доступным, максимально усвояемым.

Комплекс гидролизовавшихся и всосавшихся питательных веществ должен быть адекватен, по набору и концентрации, все тем же истинным метаболическим потребностям животного. Пищеварение есть первый этап обмена веществ. Мы оптимизируем нагрузку на весь обмен веществ и предотвращаем значительную часть метаболических нарушений организма.

Постепенно в сельскохозяйственном производстве становилось все более ясно, что выращивать различные корма с разным аминокислотным составом и скармливать их животным затратно и хлопотно. С развитием химической промышленности оказалось проще, экономически целесообразнее и, как выяснилось, биологически вполне адекватно, дать животному дешевый, простой, неполноценный по аминокислотному составу набор кормов, но обогатить его добавками различных синтетических веществ, конечно же, начиная с аминокислот.

Постепенно сформулировалась общая идея и возникли конкретные задачи защиты питательных веществ от несвоевременного гидролиза не в тех отделах ЖКТ. Потому, что метаболическая судьба одного и того же гидролизата пищевых полимеров, будет различной, в зависимости от того, появился этот олиго- или мономерный продукт гидролиза в желудке, или в тонком, или в толстом отделе кишечника. Понимание непреложности этого обстоятельства вызвало к жизни необходимость решения серии практических приемов связанных с защитой далеко не только аминокислот, но и липидных, минеральных, витаминных и иных биологически активных компонентов и добавок. Отсюда и родилась серия специальных приемов химической и физической обработки кормов.

Задача животноводов была существенно усложнена и видоизменена. С одной стороны она продолжала заключаться в обеспечении максимальной защищенности, а с другой - в обеспечении максимальной доступности для гидролиза, всасывания, метаболизации только в нужном месте ЖКТ.

Постепенно сформулировалась общая идея и возникли конкретные задачи защиты питательных веществ от несвоевременного гидролиза не в тех отделах ЖКТ. Потому, что метаболическая судьба одного и того же гидролизата пищевых полимеров, будет различной, в зависимости от того, появился этот олиго- или мономерный продукт гидролиза в желудке, или в тонком, или в толстом отделе кишечника. Понимание непреложности этого обстоятельства вызвало к жизни необходимость решения серии практических приемов связанных с защитой далеко не только аминокислот, но и липидных, минеральных, витаминных и иных биологически активных компонентов и добавок. Отсюда и родилась серия специальных приемов химической и физической обработки кормов.

Задача животноводов была существенно усложнена и видоизменена. С одной стороны она продолжала заключаться в обеспечении максимальной защищенности, а с другой - в обеспечении максимальной доступности для гидролиза, всасывания, метаболизации только в нужном месте ЖКТ.

Сказанное и обуславливает необходимость постановки вопроса о совершенствовании, рационализации питания растущих и откармливаемых бычков для оптимального обеспечения рациона нераспадаемым и распадаемым в рубце протеином и углеводами.

В многочисленных опытах на растущем и откармливаемом на мясо поголовье бычков черно-пестрой, герефордской и шаролежской пород исследовали влияние кормов с различной деградируемостью протеина в рубце и введением самых различных синтетических азотистых веществ, органических кислот, пропиленгликоля, липидов, жирных кислот с конъюгированными двойными связями, предназначенных для активизации жизнедеятельности микрофлоры и метаболизма макроорганизма, на показатели функционального состояния иммунной системы, неспецифической резистентности организма животных: активность лизоцима, бета-лизинов, общую бактерицидную активность и концентрацию иммуноглобулинов G. В этих же экспериментах постоянно изучался комплекс субстратов и ферментов, объективно и оперативно характеризующих интенсивность и направленность метаболических потоков в организме животных.

Общий анализ совокупности, иммунологических, метаболических показателей, данных по привесам, затратам кормов на единицу продукции, количества и качества произведенной говядины свидетельствует о том, что скормливание растущим бычкам различных протеинов с разной способностью распадаться в рубце, различным аминокислотным составом, и большого комплекса биологически активных веществ, изменяет параметры иммунологического профиля и метаболического статуса организма бычков в строгом соответствии с изменением количественных характеристик интенсивности роста вследствие различий в субстратной обеспеченности в организме метаболических реакций.

Самое общее заключение состоит в том, что тонкое, взаимосвязанное во времени и пространстве взаимодействие нервной, иммунной и эндокринной систем организма, несомненно, является главным условием высокой продуктивности. Иммунологический контроль, обеспечение и сопровождение процессов роста и развития молодняка сельскохозяйственных животных обычно аргументируется двумя группами критериев. Во-первых,

чисто эмпирически, всем понятно, что активное и полноценное функционирование иммунной системы абсолютно необходимо для поддержания здоровья, без которого достижение высокой продуктивности животных просто немыслимо. Во-вторых, современное понимание задач иммунной системы уже давно не ограничивается признанием ее роли только как системы защиты организма от чужеродных патогенных факторов. Сейчас концепция функционирования иммунной системы неразрывно связана с признанием ее самой непосредственной и тесной причастности к регуляции метаболизма на основе биологического феномена антиидиотипии и антиидиотипических антител.

Таким образом, проделанная обширная работа позволила не только показать, что более высокая функциональная активность иммунной системы и надёжность функционирования комплекса регуляторных механизмов, ответственных за состояние защитных сил организма, способны обеспечить дополнительный прирост продукции молодняком крупного рогатого скота но и раскрыт ряд физиолого-биохимических механизмов регуляции этих процессов.

В многочисленных экспериментах нами были предприняты попытки учесть специфику распределения метаболических потоков в организме животного. В результате проведенных исследований было показано и количественно оценено, что у бычков молочных и мясных пород дополнительный прирост реализуется при непосредственном участии конкретных и охарактеризованных нами регуляторных систем, причастных к обеспечению требуемой направленности и количественных параметров метаболизма.

Показано что в количественном отношении более интенсивно растущий и откармливаемый молодняк крупного рогатого скота имеет более четко выраженные иммунные реакции, необходимые организму как для сопротивления комплексу неблагоприятных факторов, так и для реализации генетически заданного уровня и направления продуктивности. Была дана также характеристика функционального состояния системы иммунобиологического надзора организма бычков во взаимосвязи с ключевыми и регуляторными параметрами обмена веществ при испытании различных способов направленной регуляции процессов образования субстратов в желудочно-кишечном тракте и, возникающей вследствие этого, разной степени их деградируемости, а, следовательно, и обеспеченности субстратами биосинтетических (пластических и энергетических) процессов при разной обеспеченности метаболизма углеводами и аминокислотами.

Рекомендуемое содержание в рационах откармливаемых на мясо бычков легко расщепляемого в рубце протеина может колебаться в пределах от 65 до 75 %. Оптимальные величины включения в рацион трудно гидролизуемого в рубце протеина составляют величины от 45 до 55 %.

Выявленные закономерности функционирования иммунной системы, углеводного, белково-аминокислотного, липидного, энергетического и минерального обменов веществ и разработанные способы направленного на них воздействия нашли свое подтверждение и реальное воплощение в большем количестве полученной говядины (на 3 -10%), лучшего качества (на 5-12 %) и снижении затрат корма на ее производство (на 4-6 %).