

ДК 636.2.084.52:612.32:612.398:636.085.25..... DOI: 25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.2: 99-109

СТАНОВЛЕНИЕ РУБЦОВОГО ПИЩЕВАРЕНИЯ У БЫЧКОВ В ПОСЛЕМОЛОЧНЫЙ ПЕРИОД ПРИ СКАРМЛИВАНИИ КОМБИКОРМОВ-СТАРТЕРОВ РАЗНОГО СОСТАВА

Харитонов Е.Л., Галочкина В.П.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФНЦ животноводства
– ВИЖ им. ак. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация*

Координация процессов рубцового пищеварения и метаболизма у жвачных животных является необходимым условием для достижения высокой эффективности использования питательных веществ корма, улучшения качества продукции и рентабельности производства. Цель исследования – изучение особенностей становления рубцового пищеварения телят молочного периода выращивания при использовании различных видов комбикормов-стартеров. Изучали процессы ферментации в преджелудках, переваримость и усвоение питательных веществ у телят в условиях стационарного содержания в зависимости от способа обработки компонентов, входящих в комбикорм-стартер. Получены данные о потреблении, переваривании и отложении азота, ферментативной и микробной активности содержимого рубца у бычков при выращивании их на рационах с разными концентратами при их содержании в рационе на уровне 83-88%. Проведено два опыта методом групп на телятах молочного и послемолочного периода выращивания. В первом опыте опытная группа бычков холмогорской породы получала автоклавированный кормовой горох вместо комбикорма, во втором опыте I (контрольная) группа получала стандартный комбикорм, II – комбикорм с зерновыми кормами, обработанными барогидротермически (БГТО), III – экструдированные люпин с тритикале (ЭЛ) и IV – экструдированные горох с тритикале (ЭГ). В возрасте 4,5 мес в первом опыте зафиксированы среднесуточные привесы у бычков 1-й группы 1303 ± 338 г и во 2-й (опытной) – 1182 ± 105 г. Во втором опыте, проведенном в этом же возрасте (4,5 мес) на 4-х группах бычков голштинизированной чёрно-пестрой породы, подопытные группы по интенсивности роста распределились в убывающей последовательности: ЭЛ (III, среднесуточный прирост 932 г), БГТО (II, 904 г), стандартный комбикорм (I, 890 г) и ЭГ (IV, 846 г). За весь период опыта у животных I (контрольной) группы прирост живой массы составил 113 кг, II – 115, III – 118 и IV – 107 кг. Заключение, что использование испытанных рационов для бычков в возрасте 3-4 мес не приводит к нарушениям рубцового пищеварения, обеспечивает эффективное всасывание пропионата, глюкозы, аминокислот при уровне суточных приростов 1300-1400 г.

Ключевые слова: выращивание и откорм бычков, комбикорм-стартер, белковые корма, рубцовое пищеварение

Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 2: 99-109

Введение

Производство говядины сдерживается недостаточной реализацией генетического потенциала роста бычков молочных пород. В частности, в молочный период выращивания часто используется позднее приучение к концентратам, что приводит к высокому уровню расхода молочных продуктов при высокой стоимости комбикормов-стартеров. Одним из основных условий успешного выращивания телят является раннее приучение их к поеданию концентрированных и объёмистых кормов, способствующее лучшему развитию пищеварительной системы. С началом потребления комбикормов-стартеров, в рубце начинается образование ЛЖК и масляной кислоты (бутират), роль которых, главным образом, состоит в развитии метаболической активности рубца. Наличие сосочков на слизистой рубца значительно увеличивает поверхность его слизистой, необходимой для всасывания ряда промежуточных и конечных продуктов переваривания корма. Рост рубцовых сосочков идёт параллельно с установлением ферментации корма, нормальное их развитие зависит от достаточного поступления легкоферментируемых кормов.

Уже в месячном возрасте преджелудки начинают играть важную роль в процессах переваривания углеводов и протеина кормов; стенки рубца, печень и мышцы к этому возрасту телят

уже способны метаболизировать продукты рубцовой ферментации. В этом возрасте активность ферментов цикла Кребса, метаболизирующих ацетат, лактат и пропионат, в стенке рубца, печени и мышечной ткани находятся на уровне взрослых животных (Галочкина, 2007). Начиная с месячного возраста, ЛЖК в рубцовой жидкости уже определяются в количестве около 80 мМ. При этом отмечено непосредственное влияние ЛЖК на секрецию сычужных желез и использование их в качестве источника энергии, особенно пропионата и, в еще большей степени – сукцината (Харитонов, 1991). К 4,5-месячному возрасту ткани стенки рубца функционируют уже достаточно интенсивно (активны все ферменты цикла Кребса), а другие органы и ткани способны в полной мере воспринимать и метаболизировать продукты рубцовой ферментации (Галочкина, 2007; Харитонов, 2003). Скармливание вволю бычкам концентратов и сена в этом периоде может способствовать более быстрому развитию рубца и стимулировать формирование метаболического типа, свойственного жвачным животным (Галочкина, Галочкин, 2010).

С учётом имеющихся знаний о процессах пищеварения у телят в молочный период выращивания, применение современных технологий обработки кормов позволяет разработать рецептуры ЗЦМ и комбикормов-стартеров с достаточно низкой себестоимостью и высоким продуктивным эффектом (Харитонов, 1977; Алимов, 1980; Обрывков, 1994; Погосян, 2009; Еникеев, 2015). Своевременное начало кормления теленка комбикормом и достаточное его потребление – ключевые факторы, стимулирующие развитие рубца, а это является условием для успешного отъёма от молока. Применение комбикормов-стартеров при выращивании телят в молочный период позволяет получать среднесуточный прирост на уровне 700-850 г и значительно экономить сухое обезжиренное молоко.

Текстура комбикормов-стартеров не менее важна; грубоватый и шероховатый корм поедаются телятами лучше, чем перемолотый. Текстурированный корм может включать в себя гранулы или обработанное зерно. В настоящее время установлено, что потенциал углеводистых кормов, и особенно зерна и продуктов его переработки, используется недостаточно эффективно. Это происходит из-за наличия относительно высокого содержания в них клетчатки, пектинов и других структурных углеводов. В связи с этим доступность питательных веществ, заключённых внутри клеточных стенок, остаётся низкой для действия ферментов желудочно-кишечного тракта животных. Повысить доступность питательных веществ можно путём введения в комбикорм препаратов или проведения экструзии, что способствует разрушению клеточных стенок растительных кормов, повышает переваримость и усвояемость питательных веществ корма.

Подавляющая масса растительных кормов, составляющих основу кормопроизводства в отечественном животноводстве, – это не только корма с низким содержанием протеина, резистентного к воздействию рубцовой ферментации, но и низкопротеиновые корма. Корма с высоким содержанием протеина и в нём – нерасщепляемого протеина в подавляющем большинстве импортные и дорогостоящие. В России доступные высокопротеиновые растительные корма – шроты подсолнечный, рапсовый, горчичный и др., а также горох, вика, люпин, бобы содержат высокий процент распадаемого в рубце протеина (Пучков, 2017). Одновременно с этим рапсовый и горчичный шроты содержат достаточно много антипитательных веществ (тиоцианаты, эруковую кислоту), бобовые – алкалоиды, ингибиторы протеаз и др. Различные обработки кормов могут увеличивать долю нераспадаемого в рубце протеина, то есть повышать поступление в тонкий кишечник аминокислот и одновременно снижать в комах содержание антипитательных веществ (Leuppr, 2006; Головкин, 2011). Эти технологии включают в себя термическую обработку (Aldrich, 1995; Zinn, 1998), термическую в сочетании с другими физическими воздействиями (Aldrich, 1997; Orias, 2002; Погосян, 2011), импрегнацию органическими кислотами, жирами (Свиридова и др., 2002; Погосян, 2008; Рамазанов, 2010). По данным Рамазанова (2010) при термообработке снижается распадаемость в рубце не только протеина, но и крахмала.

В связи с этим представляет значительный научный и практический интерес разработка приёмов обработки белковых и зерновых кормов, как компонентов комбикорма для телят в молочный период выращивания, и физиологическая оценка их применения.

Цель данной работы – изучение особенностей становления рубцового пищеварения у телят молочного периода выращивания при использовании различных видов комбикормов – стартеров.

Материал и методы

Проведено два опыта в условиях вивария института на телятах холмогорской и чёрно-пёстрой породы молочного периода выращивания. Целью *первого опыта* было изучить влияние высококонцентратных, высокопротеиновых рационов кормления на усвояемость азота корма и интенсивность роста бычков в периоды молочного и послемолочного выращивания с учётом физиологических особенностей становления рубцового пищеварения.

Эксперимент проведен в виварии ВНИИФБиП на двух группах бычков холмогорской породы по три головы в каждой, начиная с полуторамесячного возраста, т.е. в период интенсивного формирования процессов пищеварения и обмена веществ, свойственных жвачным животным. До 3-месячного возраста телята получали заменитель цельного молока (с 1,5- до 3-месячного возраста по 20,8 кг). До 2,5-месячного возраста (предварительный период) бычки получали вволю сено злаковое и комбикорм на основе овса и тритикале с добавлением минеральных веществ. В 1 кг комбикорма содержалось 910 г сухого вещества (СВ), 141 г сырого протеина (СП) (105 г распадаемого в рубце протеина (РП), 36 г нераспадаемого протеина (НРП), 21 г жира, 38 г клетчатки, 22 г золы, 888 г органического вещества и 8,84 МДж ОЭ.

При достижении 2,5-месячного возраста было сформировано две группы для проведения первого опыта. Бычки 1-й группы получали комбикорм следующего состава (%): тритикале – 51,7, овёс – 8,8, кукуруза – 10, шроты соевый – 17,7 и подсолнечный – 8,8, известняковая мука – 1,25, трикальцийфосфат – 1,0, концентрированный витаминно-минеральный премикс ПКК 61-1 – 0,5 и соль поваренная – 0,5%. В 1 кг комбикорма содержалось 910 г СВ, 173,5 г СП, 35 г жира, 63 г клетчатки и 10 МДж ОЭ. Комбикорм бычки получали в два приёма в сутки (утром и вечером в равных долях), начиная с 2,5 кг с постепенным увеличением до 4,5 кг при достижении возраста 4,5 мес.

Бычки 2-й группы получали концкорма на основе гороха. Перед скармливанием горох автоклавировали в течение 1,5 ч при добавлении 10% воды (по массе), давлении 1,1 атм. и температуре 123°C. Горох бычки получали вволю, начиная с 2,3 кг на голову в сутки, с доведением к 4,5-месячному возрасту до 4,5 кг. Для балансирования рациона по минеральным веществам и витаминам бычки дополнительно к гороху получали 0,5 кг добавки, содержащей 88% зерносмеси (тритикале с овсом) с добавлением 1% минерального витаминного премикса, аналогичного премиксу, вводимому в комбикорм бычкам 1-й группы, а также 5% известняковой муки, 4% трикальцийфосфата и 2% поваренной соли. В 1 кг добавки содержалось 917 г СВ, 111 г СП, 17 г жира, 22 г клетчатки, 70 г золы и 10 МДж ОЭ. Злаковое сено бычки обеих групп получали вволю. Состав рациона представлен в табл. 1.

С 4,5-месячного возраста бычкам обеих групп скармливали комбикорм, аналогичный комбикорму предварительного периода на основе зерносмеси тритикале с овсом с введением 10% соевого шрота и минерально-витаминных добавок (известняковой муки, трикальцийфосфата, соли поваренной и витаминно-минерального премикса) с заменой подсолнечного шрота на соевый. В 1 кг комбикорма содержалось 150 г сырого протеина, из которого 112 г – легко распадаемого и 37 г – трудно распадаемого, и 10 МДж ОЭ. В сутки бычки получали 3 кг сена и 3 кг комбикорма.

В 4,5 мес. возрасте были проведены балансовые опыты и отбор проб рубцового содержимого.

Проведение *второго опыта* было развитием первого с целью применения существующих производственных технических решений по обработке кормов перед скармливанием, т.к. автоклавирование таким приёмом не является. Для решения поставленных задач проведен опыт на виварии института на бычках голштинизированной чёрно-пестрой породы 20-25 дневного возраста, 43-46 кг живой массы методом групп-периодов.

Опыт проведен при одинаковом уровне протеиновой питательности кормов рациона (распадаемость протеина, доступность, протеина, содержание обменного белка), но при разных источниках протеина, за счёт использования разных комбикормов - стартеров (табл. 1).

Таблица 1. Схема второго опыта

Группы	Условия кормления
I (контроль)	Комбикорм КР-1 (на основе стандартного комбикорма)
II	БГТО обработка зерновой части комбикорма)
III	Комбикорм на основе экструзированного люпина и тритикале
IV	Комбикорм на основе экструзированного гороха и тритикале

Содержание животных групповое, кормление ЗЦМ индивидуальное, двухразовое, скармливание комбикормов и сена вволю. Ежедневно учитывалось потребление корма. Для оценки интенсивности роста телята взвешивались каждый месяц.

В целях обеспечения уровня «обменного» протеина (растворимый + распадаемый в рубце протеин корма) в рационах бычков применялись белковые корма, подвергнутые экструзии и баро-гидротермической обработке. В контрольной группе использовали комбикорм на основе подсолнечного шрота. Состав комбикорма: 56% ячмень, 25% подсолнечный шрот, 15% овес, 1% премикс, 1,5% соль поваренная, 1,5% дикальцийфосфат (табл. 2). Комбикорм № 2 состоял из кукурузы и пшеницы, подвергнутых БГТО, и белковых кормов. Комбикорм № 3 – из тритикале и люпина после экструзии, а № 4 – из тритикале и гороха после экструзии.

Таблица 2. Состав комбикормов во втором опыте (кг/100 кг)

Состав комбикорма	Группы (номер комбикорма)			
	I (контроль, 1)	II (2)	III (3)	IV(4)
Ячмень	56	0	0	0
Овес	15	0	0	0
Пшеница	0	50	0	0
Кукуруза	0	26	0	0
Подсолнечный шрот	25	10	0	0
Соевый жмых	0	10	0	0
Горох	0	0	0	35
Люпин	0	0	35	0
Тритикале	0	0	61	61
Соль поваренная	1,5	1,5	1,5	1,5
Премикс	1,0	1,0	1,0	1,0
Дикальций фосфат	1,5	1,5	1,5	1,5

После окончания 1-го (молочного) периода выращивания продолжительностью 2 мес. бычки во 2-й период получали только комбикорма и сено в течение 2-х мес. В конце этого периода проведен балансовый опыт.

Во время балансового опыта проведен отбор проб рубцового содержимого через 3 ч после утреннего кормления. В пробах содержимого рубца определяли pH, уровень и соотношение ЛЖК, концентрацию аммиака, количество бактерий и инфузорий, а также амилазную и целлюлозолитическую активность (Курилов и др. Изучение пищеварения у жвачных животных. Методические указания. Боровск, 1987).

Для оценки процессов пищеварения у бычков определяли потребление корма, переваримость основных питательных веществ рациона. В пробах корма и кала определяли содержание сухого и органического вещества, сырого протеина, клетчатки, общих липидов и золы (Кальницкий, 1995). По анализу выделенного кала и мочи определен баланс азота и отложение азота у бычков опытных групп.

Результаты и обсуждение

Первый опыт. В проведенном эксперименте показана возможность получения среднесуточных приростов живой массы более одного килограмма у бычков молочной породы в переходный возрастной период. При этом к завершению опыта не выявлено статистически

значимой разницы в интенсивности роста бычков 1-й группы, получавших комбикорма с соевым и подсолнечным шротами, и бычков 2-й группы, получавших автоклавированный горох (табл. 3).

Таблица 3. Динамика живой массы и среднесуточного прироста живой массы бычков в первом опыте (M±m, n=3)

Возраст, месяцы	Группы			
	1		2	
	Живая масса, кг	С/с прирост, г	Живая масса, кг	С/с прирост, г
1,5	48,3±3,6		51,7±3,6	
2,5	77,5±3,0	884±88	89,5±1,0	1046±46 *
3,5	101±5	895±88	104,8±9,1	914±99
4,0	125±6	1324±4	128±11	1306±83
4,5	140±83	1310±105	141±11	1258±88
5,5	177±10	1041±25	166±14	879±89
За период	Валовой прирост, кг	1111±95	Валовой прирост, кг	1093±85
1,5-4,5 мес.	62,2±5,3		61,2±2,7	
За период	Валовой прирост, кг		Валовой прирост, кг	
1,5-5,5 мес.	98,0±6,0	1126±69	86,3±5,3	1037±72

Примечания: предварительный период (33 дня) – с 1,5 по 2,5 мес.; опытный период (87 дней) – с 2,5 до 5,5 мес.; *P<0.1 по t - критерию при сравнении с 1-й группой.

Бычки 1-й группы в начале эксперимента отставали в росте, но постепенно их интенсивность роста повышалась и стала несколько выше таковой у бычков 2-й группы. Более высокое, по сравнению с 1-й группой, выделение с мочой мочевины при несколько меньшем приросте живой массы тела может свидетельствовать о том, что бычки 2-й группы получали излишек протеина, не сбалансированного по аминокислотам. Это обстоятельство, вероятно, обусловило меньшее поступление в кишечник аминокислот, при этом аминокислотный дисбаланс был сопряжён с дополнительными затратами энергии на метаболизм излишка заменимых аминокислот. У бычков 1-й группы были на 24,4% меньше затраты обменной энергии на единицу прироста.

В период становления рубцового пищеварения был проведен балансовый опыт. По данным табл. 4, бычки в 4,5-мес. возрасте способны потреблять до 4-х кг концентрированных кормов и до 5 кг СВ в сутки. Бычки 2-й группы на 27% меньше потребили сена, следовательно, меньше клетчатки на 28,2%, что в свою очередь, повлияло на развитие рубца и становление в нём микробиологических процессов. У бычков 2-й группы, при меньшем потреблении клетчатки и большем потреблении крахмала (на 10% распадаемого), рН рубца составил 6,08, что ниже на 5,7% (P<0,05) по сравнению с 1-й группой, и было меньше содержание аммиака в рубцовом содержимом (на 14,3%).

При значительно меньшем потреблении сырой клетчатки и практически равном потреблении наиболее усвояемой нейтрально-детергентной клетчатки и большего количества распадаемого крахмала и сахара, у бычков 2-й группы отмечено меньшее образование бутирата на 69,5% на фоне большего на 33,6% (P<0,05) образования ЛЖК и практически равного молярного процента ацетата, что свидетельствует о высоком поступлении в рубец протеина.

По результатам проведенного исследования, при использовании высококонцентратных рационов с высоким содержанием сырого и нераспадаемого протеина и крахмала, выявлено физиологически нормальное формирование рубца как органа и становление в нём процессов ферментации на достаточно высоком уровне (табл. 5). По-видимому, благодаря подбору оптимального (особенно в 1-й группе) соотношения распадаемых и нераспадаемых форм основных компонентов рациона, были созданы условия для формирования процессов ферментации в рубце и метаболических процессов, свойственных жвачным животным, что обеспечило их высокую продуктивность (Галочкина и др., 2012). У бычков 2-й группы, у которых в рационе было больше распадаемого крахмала и сахаров, уровень ЛЖК был существенно выше (P<0,05). При равной концентрации уксусной кислоты у них меньше образовывалось (на 23,4%) пропионата, больше бутирата и был ниже показатель рН (P<0,05). Видимо, в связи с этим, несмотря на почти двукратное повышение числа инфузорий в содержимом рубца, коэффициент переваримости клетчатки у этих

бычков был в два раза ниже. Уровень аммиака также свидетельствует о достаточном развитии ферментативных процессов в рубце (табл. 5).

Таблица 4. Потребление бычками кормов и питательных веществ рационов в возрасте 4,5 месяца в первом опыте

Корма, питательность	Группы				Потреблено к 1-й группе, %
	1	2	1	2	
	потреблено	к СП, %	потреблено	к СП, %	
Потреблено кормов					
Сено, г	841±271		615±115		73,0
Комбикорм, г	4090		-		-
Горох автоклавированный, г	-		4203±26		-
Добавка минерально-витаминная, г	-		406±444		-
Потреблено питательных веществ					
Обменная энергия, МДж	49,2		58,2		118,3
Сухое вещество, кг	4,93		5,22		105,9
Сырой протеин, г	812	100,0	1144	100,0	173,5
Растворимый протеин, г	216	26,6	275	24,0	127,3
Распадаемый протеин, г	534	65,8	916	80,1	171,5
Нераспадаемый протеин, г	278	34,2	228	19,9	82,0
Обменный белок, г	502	61,8	460	40,2	91,6
Сырой жир, г	175		110		111,1
Сырая клетчатка, г	542		389		71,8
НДК, г	1195		1178		98,6
Крахмал (всего), г	1347	100,0+	1889	100+	140,2
Распадаемый крахмал, г	1144	84,9+	1263	66,9+	110,4
Нераспадаемый крахмал, г	203	15,0+	626	33,0+	308,4
Сахар, г	227		261		115,0
БЭВ, г	3048		3288		107,9

Примечания: НДК – нейтрально-детергентная клетчатка; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; СП – сырой протеин; + по отношению ко всему крахмалу.

Таблица 5. Показатели ферментативно-микробиологических процессов в рубце (M±m, n=3)

Показатели	Группы	
	1	2
pH	6,45±0,23	6,08±0,11
Аммиак, мг/дл	13,3±1,3	11,4±0,6
ЛЖК, ммоль/дл	13,7±3,2	18,3±0,6*
Ацетат, %	58,9±2,2	57,5±2,0
Пропионат, %	32,9±1,5	28,5±2,8
Бутират, %	8,2±0,8	13,9±2,4
Число бактерий, млрд/мл	9,4±0,5	7,2±0,1
Число инфузорий, тыс/мл	296±12	560±25*

Примечание: * P<0,05 по t-критерию при сравнении с 1-й группой.

Расчёт поступления в тонкий кишечник субстратов (доступных для усвоения конечных продуктов переваривания в рубце) с использованием ранее разработанной методики (Харитонов, 2008) выявил более высокое поступление у животных 1-й группы аминокислот и ВЖК и меньшее – ЛЖК (ацетата, пропионата, бутирата) и глюкозы (табл. 6). Оба рациона характеризуются повышенным вкладом пропионата в составе обменной энергии (выше 23%), что, по-видимому, позволило в период проведения балансового опыта получить высокий среднесуточный прирост живой массы: 1303±338 г в 1-й и 1182±105 г – во 2-й группе.

Таблица 6. *Образование доступных для усвоения конечных продуктов переваривания у бычков в первом опыте* (расчётные данные)

Субстраты	Группы			
		1		2
	г/сутки	МДж ОЭ/100 г	г/сутки	МДж ОЭ/100 г
Ацетат	989	29,6	1185	30,4
Пропионат	551	23,5	689	25,2
Бутират	243	12,5	272	12,1
Глюкоза	212	6,8	508	13,9
Высшие жирные кислоты	97	7,7	64,7	4,3
Аминокислоты	502	24,5	459	18,9

У бычков 1-й группы отмечена тенденция более высокой переваримости и усвоения сырого протеина относительно потреблённого (табл. 7). Переваримость других питательных веществ также была выше у бычков 1-й группы, при этом наибольшие различия отмечены по клетчатке и жиру. Согласно расчётным оценкам, у бычков 2-й группы (получавших автоклавированный горох) в составе субстратов, доступных для усвоения тканями организма, поступало больше продуктов рубцовой ферментации – ЛЖК и глюкозы. При этом у бычков 1-й группы, получавших специальный комбикорм, в составе доступных субстратов в тонкий кишечник поступало больше аминокислот и высших жирных кислот. Оба рациона характеризовались повышенным вкладом пропионата в составе обменной энергии (выше 23%) (Галочкина и др., 2012), что, по-видимому, позволило получить в период проведения балансового опыта среднесуточный прирост живой массы у бычков 1-й группы на уровне 1303 ± 338 г и во 2-й – 1182 ± 105 г.

Бычки 2-й группы, получавшие с рационом автоклавированный горох, больше переварили азота и на 20,2% больше азота отложили, при большем на 27,8% его потреблении с кормом. Однако они выделили более чем в полтора раза больше азота с калом и на 20% больше с мочой, т.е. они меньше переварили азота от потреблённого и меньше отложили его не только от потребленного, но и от переваренного.

Таблица 7. *Баланс азота у бычков в первом опыте в возрасте 4,5 месяца* ($M \pm m$, $n=3$)

Показатели	Группы	
	1	2
Потребление азота корма, г	$130 \pm 0,1$	$167,1 \pm 0,5^{**}$
Выделено азота с калом, г	$31,66 \pm 0,35$	$49,95 \pm 0,97^{**}$
Переварено азота, г	$97,3 \pm 0,1$	$117,2 \pm 0,5^{***}$
Выделено азота с мочой, г	$30,29 \pm 0,15$	$36,58 \pm 1,33^{**}$
Усвоено (отложено) азота, г	$60,07 \pm 0,24$	$80,63 \pm 0,83^*$
Переварено азота от потребленного, %	$76,67 \pm 0,74$	$74,89 \pm 1,61$
Отложено азота от потребленного, %	$51,27 \pm 0,15$	$48,22 \pm 0,36^*$
Отложено азота от переваренного, %	$69,02 \pm 0,21$	$68,81 \pm 0,99$

Примечания: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ по U-критерию Вилкоксона-Манна-Уитни при сравнении с 1-й группой

Второй опыт. На протяжении всего второго опыта, как свидетельствует динамика их живой массы бычков, они хорошо росли и развивались (табл. 8). В 1-й (молочный) период, за первый месяц скормливания опытных комбикормов, наибольшее потребление комбикормов отмечено у телят 1-й и 3-й групп, что и обеспечивало их больший прирост. Во второй месяц отмечены максимальное потребление комбикорма № 1, наибольшие абсолютный и среднесуточный приросты. За весь период опыта у животных контрольной группы прирост живой массы составил 40,6 кг, первой – 44,2, второй – 44,9 и третьей – 34,6 кг: среднесуточный прирост за 2 месяца опыта по группам – 676,6; 736,6; 748,3 и 576,6 г/сут соответственно.

В конце второго периода (послемолочный период), вследствие потребления телятами различных источников протеина, у них интенсивность роста несколько отличалась. Наибольший

прирост был получен у бычков, потреблявших комбикорм, обработанный БГТО (II группа) и бычков, получавшие ЭЛ (IV группа). Бычки контрольной группы и группы, получавшей ЭГ, имели приблизительно равный прирост, который был ниже, чем у бычков III и IV групп. По интенсивности роста бычков подопытных групп за весь опыт можно распределить в убывающей последовательности – бычки, получавшие ЭЛ (среднесуточный прирост 931,7 г), комбикорм № 2 с кормами, подвергнутым БГТО (904,5 г), комбикорм № 1 (889,7) и ЭГ (846,4 г). За весь период опыта у животных контрольной группы прирост живой массы составил 113 кг, II – 114,8, III – 118,3 и IV – 107,5 кг.

Таблица 8. Динамика живой массы бычков во втором опыте (n=5)

Показатель	Группы			
	I	II	III	IV
Живая масса в начале опыта, кг	46,0±1,3	43,1±7,0	44,2±4,0	43,2±2,1
Живая масса через 1 мес., кг	67,6±2,5	70,8±8,3	72,8±8,0	61,6±3,5
Абсолютный прирост живой массы, кг	21,6±2,5	27,7±3,5	26,0±3,7	19,3±1,0
Среднесуточный прирост за 1 мес., г	698±81	895±114	839±121	6246±23
Живая масса через 2 мес., кг	86,6±3,0	87,3±9,3	89,1±6,0	77,8±9,0
Абсолютный прирост живой массы, кг	19,0±0,9	16,5±1,6	16,3±1,0	16,1±5,9
Среднесуточный прирост за 2-й мес., г	633±31	550±53	544±34	539±197
Живая масса через 4 мес., кг	160±8	158±10	165±8	150±7
Абсолютный прирост живой массы, кг	73,6±4,4	70,6±4,5	76±2,2	72±3,2
Среднесуточный прирост за 3-4-й мес., г	1037±62	995±63	1070±32	1014±45
Прирост за весь период	113,0±6,8	114,8±3,1	118,3±4,2	107,5±4,6
Среднесуточный прирост за весь опыт, г	890±53	904±24	932±33	846±36

В конце опыта изучали состояние ферментативно-микробиологических процессов в преджелудках (табл. 9). Установлено, что к этому времени у телят всех групп рубцовое пищеварение было в достаточной степени сформировано. За исключением состава ЛЖК (высокий уровень бутирата), все показатели соответствовали взрослым животным. У бычков всех групп отмечена высокая переваримость протеина рационов и усвоения сырого протеина относительно потребленного (табл. 10). Бычки контрольной и IV групп, получавшие с рационом стандартный комбикорм и экструдированный люпин, лучше переварили протеин и отложили азота больше на 15%. Телята других групп имели меньшее отложение азота в теле, что согласуется и с переваримостью, и с усвоением. Наименьшую эффективность отложения от переваренного количества наблюдали у телят IV группы. Это подтверждается более высоким (на 14%) выделением с суточной мочой мочевины, а по меньшему на 4% выделению с мочой креатинина можно судить о меньшем отложении мышечного белка и наращивании мышечной массы.

Таблица 9. Показатели ферментативно-микробиологических процессов в рубце (M±m, n=3)

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
pH	6,47±0,21	6,28±0,23	6,45±0,25	6,32±0,15
Аммиак, мг/дл	13,2±1,25	11,2±0,51	13,7±1,4	14,4±0,54
ЛЖК, ммоль/дл	13,8±2,2	15,3±0,7	13,2±1,2	17,1±0,5
Ацетат, %	61,2±9,9	58,1±9,9	50,9±2,3	63,5±3,9
Пропионат, %	13,1±0,1	18,6±9,8	25,1±1,7	16,9±1,3
Бутират, %	25,6±9,9	23,4±0,16	24,0±3,4	19,5±3,9
Число бактерий, млрд/мл	9,1±0,4	8,7±0,3	9,5±0,5	8,2±0,3
Число инфузорий, тыс/мл	296±18	360±35*	315±18	260±44

Примечание: * P<0,05 по t-критерию при сравнении с контрольной группой.

Таблица 10. Баланс азота у бычков в возрасте 4,5 месяца во втором опыте (M±m, n=3)

Показатели	Группы			
	1	II	III	IV
Потребление азота корма, г	135,0±0,1	147,1±0,4	152±0,2	149,1±0,2
Выделено азота с калом, г	31,66±0,35	49,95±0,97	38,6±0,45	48,4±0,97
Переварено азота, г	103,3±0,2	97,1±0,4	113,4±0,1	100,7±0,5
Выделено азота с мочой, г	38,3±0,2	37,6±0,9	39,7±0,7	43,8±0,9
Усвоено (отложено) азота, г	65,0±0,3	59,5±0,6	73,7±0,3	56,9±0,7
Переварено азота от потребленного, %	76,5±0,7	66,1±0,6	74,6±0,5	67,5±0,6
Отложено азота от потребленного, %	48,1±0,2	40,4±0,3	48,5±0,2	38,1±0,4
Отложено азота от переваренного, %	62,9±0,3	61,2±0,6	64,9±0,2*	56,5±0,8*

Данный факт можно объяснить более высоким содержанием в рационе у бычков этих групп нераспадаемого протеина, что обеспечило большее поступление аминокислот в кишечник и использование их на синтез мышечного белка. Этому же способствовала лучшая сбалансированность рациона по аминокислотам за счёт обогащения его лизиним и метионином при введении в комбикорм соевого и подсолнечного шротов, кукурузы и люпина. Относительно низкая переваримость комбикорма на основе гороха может быть связана с недостаточным разрушением антипитательных веществ при экструдировании.

Заключение

Таким образом, корма, использованные в рационе молодняка крупного рогатого скота молочных пород в период скормливания молока, в условиях проведенного исследования способствовали формированию типа пищеварения и процессов метаболизма, свойственных жвачным животным. В условиях эксперимента показано, что уже в двухмесячном возрасте у бычков может вполне функционировать рубец, и они способны усваивать более дешёвые растительные корма местного производства при высокой интенсивности роста. Для придания протеину зернобобовых большей устойчивости к ферментативному гидролизу в рубце и нейтрализации содержащихся в них антипитательных веществ, эти корма необходимо подвергать обработкам органическими кислотами, прожариванию, пропариванию, экструдированию, экспандированию или иным видам гидробаротермической обработки. Выбор обработки следует проводить, исходя из реальных возможностей каждого хозяйства. Причем, конечный результат должен подтверждаться не только более высокими показателями продуктивности и оплаты корма продукцией, но и высокими показателями неспецифической резистентности, а, следовательно, и более высоким качеством получаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов Т.К., Харитонов И.В., Дорошенко И.В. Заменители цельного молока, содержащие гидролизаты растительных кормов // Химия в сельском хозяйстве. – 1980. – № 4. – С. 47-52.
2. Галочкина В.П., Галочкин В.А. Физиолого-биохимическая характеристика метаболического типа жвачных животных // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 6. – С. 9-15.
3. Галочкина В.П., Харитонов Е.Л., Солодкова А.В., Обвинцева О.В., Березин А.С. Азотистый обмен и продуктивность бычков в период становления рубцового пищеварения при интенсивном выращивании с использованием разных источников кормового протеина // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 4. – С. 70-79.
4. Еникеев А., Галынкин В., Богомолов В., Харитонов Е. Инновационная технология получения кормовых продуктов // Комбикорма. – 2015. – № 2. – С. 57-58.
5. Курилов Н.В. Харитонов Л.В., Алимов Т.К., Антипов В.И. Процессы пищеварения в рубце у телят при скормливаниях заменителей цельного молока с включением растительных кормов. Бюллетень ВНИИ физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных. – 1977. – № 1. – С. 7-10.
6. Обрывков В.А., Харитонов Л.В. Морфологическая характеристика органов пищеварения телят при применении пробиотика // Труды Воронежского ГАУ. – 1994. – С. 147-149.
7. Погосян Д.Г., Харитонов Е.Л., Рамазанов И.Г. Распадаемость в рубце и переваримость в кишечнике протеина различных кормов при химической и барогидротермической обработке // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2009. – № 4. – С. 32-38.

8. Погосян Д.Г., Харитонов Е.Л., Рамазанов И.Г. Влияние барогидротермической обработки зерна на качество протеина в рационах для жвачных животных // Кормопроизводство. – 2008. – № 12. – С. 23-25.
9. Пучков А.А., Харитонов Е.Л. Влияние нетрадиционных источников протеина на процессы пищеварения и роста у бычков холмогорской породы в период интенсивного доращивания // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2017. – № 2. – С. 87-95.
10. Рамазанов И.Г. Влияние барогидротермической и химической обработки на качество их протеина и молочную продуктивность коров: автореф. дисс. ... к.б.н. – Боровск, 2010. – 25 с.
11. Свиридова С., Дмитриев И., Джуламанов Б. Протеино-минеральные концентраты – резерв увеличения производства говядины // Молочное и мясное скотоводство. – 2002. – № 5. – С. 16-18.
12. Харитонов Е.Л. Комплексные исследования процессов рубцового и кишечного пищеварения у жвачных животных в связи с прогнозированием образования конечных продуктов переваривания кормов: автореф. дисс... д.б.н. – Боровск, 2003. – 51 с.
13. Aldrich C.G., Merchen N.R., Nelson D.R., Barmore J.A. The effects of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: II. Protein and amino acid digestion // J. Anim. Sci. – 1995. – Vol. 73. – No. 7. – P. 2131-2140.
14. Aldrich C.G., Merchen N.R., Parsons C.M., Hussein H.S., Ingram S., Clodfelter J.R. Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay // J. Anim. Sci. – 1997. – Vol. 75. – No. 11. – P. 3046-3051.
15. Leupp J.L., Lardy G.P., Soto-Navarro S.A., Bauer M.L., Caton J.S. Effects of canola seed supplementation on intake, digestion, duodenal protein supply, and microbial efficiency in steers fed forage-based diets // Anim. Sci. – 2006. – Vol. 84. – No. 2. – P. 499-507.
16. Orias F., Aldrich C.G., Elizalde J.C., Bauer L.L., Merchen N.R. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers // J. Anim. Sci. – 2002. – Vol. 80. – No. 9. – P. 2493-501.
17. Shain D.H., Stock R.A., Klopfenstein T.J., Herold D.W. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism // J. Anim. Sci. – 1998. – Vol. 76. – No. 1. – P. 242-248.
18. Zinn R.A., Alvarez E.G., Montano M.F., Plascencia A., Ramirez J.E. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle // J. Anim. Sci. – 1998. – Vol. 79. – No. 6. – P. 2239-2246.

REFERENCES

1. Aldrich C.G., Merchen N.R., Nelson D.R., Barmore J.A. The effects of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: II. Protein and amino acid digestion. *J. Anim. Sci.* 1995, 73(7): 2131-2140.
2. Aldrich C.G., Merchen N.R., Parsons C.M., Hussein H.S., Ingram S., Clodfelter J.R. Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. *J. Anim. Sci.* 1997, 75(11): 3046-3051.
3. Alimov T.K., Kharitonov I.V., Doroshenko I.V. [Substitutes of whole milk containing hydrolysates of vegetable feed]. *Khimiya v sel'skom khozyaistve - Chemistry in agriculture*. 1980, 4: 47-52
4. Enikeev A., Galochkin V., Bogomolov V., Kharitonov E. [Innovative feed technology]. *Kombikorma - Mixed Feeds*. 2015, 2: 57-58.
5. Galochkina V.P., Galochkin V.A. [Physiological and biochemical characteristics of the metabolic type of ruminants.]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 2010, 6: 9-15.
6. Galochkina V.P., Kharitonov E.L., Solodkova A.V., Obvintseva O.V., Berezin A.S. [Nitrogen metabolism and productivity of gobies during the formation of cicatricial digestion during intensive cultivation using different sources of feed protein. Biology of productive animals]. *Problemy biologii productivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2012, 4: 70-79.
7. Kharitonov L.V. *Kompleksnye issledovaniya protsessov rubtsovogo i kischechnogo pishchevareniya u zhvachnykh zhivotnykh v svyazi s prognozirovaniem obrazovaniya konechnykh produktov perevarivaniya kormov* (Comprehensive studies of the processes of cicatricial and intestinal digestion in ruminants in connection with predicting the formation of final products of digestion of feed). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2003, 51 p.
8. Kurilov N.V., Kharitonov L.V., Alimov T.K., Antipov V.I. [Digestion processes in the rumen of calves when feeding whole milk substitutes with the inclusion of vegetable feed]. *Byulleten' VNIIFBiP - Bull. Inst. Physiol. Biochem. Nutr. Farm Anim.* 1977, 1: 7-10.
9. Leupp J.L., Lardy G.P., Soto-Navarro S.A., Bauer M.L., Caton J.S. Effects of canola seed supplementation on intake, digestion, duodenal protein supply, and J microbial efficiency in steers fed forage-based diets. *Anim. Sci.* 2006, 84(2): 499-507.
10. Obryvkov V.A., Kharitonov L.V. [Morphological characteristics of the digestive organs of calves with the use of probiotic]. *Trudy Voronezh SKHI - Proc. Voronezh Agric. Inst.* 1994. P. 147-149.

11. Orias F., Aldrich C.G., Elizalde J.C., Bauer L.L., Merchen N.R. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers. *J. Anim. Sci.* 2002, 80(9): 2493-501.
12. Pogosyan D.G., Kharitonov E.L., Ramazanov I.G. [Degradation in the rumen and digestibility in the intestines of the protein of various feeds during chemical and barohydrothermal treatment]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2009, 4: 32-38.
13. Pogosyan D.G., Kharitonov E.L., Ramazanov I.G. [The effect of barohydrothermal processing of grain on the quality of protein in diets for ruminants]. *Kormoproizvodstvo - Feed Production*. 2008, 12: 23-25.
14. Puchkov A.A., Kharitonov E.L. [Effects of non-traditional sources of protein on the digestion and growth processes in gobies of Kholmogory breed during intensive rearing]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2017, 2: 87-95.
15. Ramazanov I.G., Vliyanie barogidrotermicheskoi i khimicheskoi obrabotki na kachestvo ikh proteina i molochnyuyu produktivnost' korov (Effect of barohydrothermal and chemical treatment on the quality of their protein and milk productivity of cows). Extended Abstract of Diss. Cand. Sci. Biol., Borovsk, 2010, 24 p.
16. Shain D.H., Stock R.A., Klopfenstein T.J., Herold D.W. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 1998, 76(1): 242-248.
17. Sviridova S., Dmitriev I., Dzhulamanov B. [Protein-mineral concentrates are a reserve for increasing beef production.]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo - Dairy and Meat Cattle Husbandry*. 2002. 5: 16-18.
18. Zinn R.A., Alvarez E.G., Montano M.F., Plascencia A., Ramirez J.E. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 1998, 79(6): 2239-2246.

Formation of ruminal digestion in growing and fattening bulls at different levels of non-degradable and metabolizable protein in the diet

Kharitonov E.L., Galochkina V.P.

Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition – Branch of Ernst Federal Science Center of Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation

ABSTRACT. Coordination of the processes of ruminal digestion and metabolism in ruminants is a prerequisite for achieving high efficiency in the use of feed nutrients, improving product quality and profitability of production. The aim was to study the features of the formation of ruminal digestion in calves during milk growing period using various types of feed starters. The processes of fermentation in the stomach, the digestibility and assimilation of nutrients were studied in calves in stationary conditions, depending on the method of processing the components included in the feed starter. Data were obtained on the consumption, digestion and deposition of nitrogen, the enzymatic and microbial activity of the rumen contents in calves growing on diets with different concentrates when their content in the diet is 83-88%. Two experiments were carried out by the method of groups on calves of the milk and post-milk growing periods. *In the first trial*, the experimental group of Kholmogor calves received autoclaved fodder peas instead of compound feed; *in the second trial*, the experimental groups received mixed fodder in grain feeds processed barohydrothermally (BHTO), extruded lupine with triticale (EL) and extruded peas with triticale (EP). At the age of 4.5 mo, in the first experiment, the average daily gain of 1303 ± 338 g was recorded in bulls of the 1st group and in the 2nd (experimental) – 1182 ± 105 g. In the second trial, conducted on 4 groups of Holsteinized Black-and White bulls at the same age (4.5 mo), the experimental groups were distributed in decreasing order of growth intensity: EL (III group, daily average gain 932 g), BHTO (II group, 904 g), standard compound feed (I group, 890 g) and EP (IV group, 846 g). In group I (control) the increase in live weight over the entire period of the experiment was 113 kg, in II – 115, in III – 118 and in IV – 107 kg. Concluded that the use of tested diets for calves aged 3-4 months does not lead to impaired ruminal digestion, provides effective absorption of propionate, glucose, amino acids at a growth level of 1300-1400 g/day.

Keywords: *bulls, growing and fattening, metabolizable protein, ruminal digestion, protein use efficiency*

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2020, 2: 99-109

Поступило в редакцию: 20.05.2020

Получено после доработки: 08.06.2020

Харитонов Евгений Леонидович, д.б.н., дир., тел. 8(495)546-41-51; evgenijkharito@yandex.ru
Галочкина Валентина Петровна, д.б.н., с.н.с., тел. 8(915)862-66-00