

Ферментативная аммонизация зерна

Екатерина ТУТУБАЛИНА,
магистр биологических наук, руководитель проекта
ООО «ФидКонсалт»

Рост цен на зерно и энергоносители, смена способа содержания скота и типа кормления изменили отношение руководства сельхозпредприятий к составлению рационов и технологиям кормопроизводства. Экономика хозяйств требует достижения максимальной рентабельности. При этом необходимо обеспечить полноценное кормление животных. Практика показывает, что у многих предприятий далеко не всегда есть возможность заготовить грубые корма высокого качества в достаточном объеме. В итоге дефицит энергии и протеина в рационах приходится компенсировать путем ввода в него покупных комбикормов или зернофуража. Чтобы получать прибыль, выгоднее использовать зернофураж, произведенный непосредственно в хозяйстве.

Простая химия — ключ к снижению рисков при вводе зерновых в рационы

Один из главных драйверов, позволяющих повысить рентабельность современного скотоводства, — не простая доступность кормов, а их способность максимально полно и безопасно трансформироваться в продукцию. В рационах для высокопродуктивных коров и бычков на откорме зерно пшеницы, тритикале, ячменя, овса и кукурузы — основной источник энергии. Однако скармливание такого корма сопряжено с двумя рисками: быстрым распадом крахмала в рубце (приводит к развитию ацидоза) и необходимостью балансировать рационы по протеину путем ввода дорогостоящего шрота.

Поиск решений, помогающих повысить питательную ценность зерна без существенного удорожания рациона, остается приоритетной задачей. В число перспективных направлений входит использование биотехнологической обработки, в ходе которой изменяют химическую структуру зерна, делая его более «дружественным» по отношению к рубцовым микроорганизмам в соответствии с физиологией жвачных животных.

В последние годы широкое распространение получает технология аммонизации — обработка увлажненного зерна смесью карбамида (мочевины) и уреазы (фермента класса гидролаз, катализирующего расщепление мочевины до диоксида углерода и аммиака) микробного происхождения, например XL KOP. Технология аммонизации воздействует на сырье комплексно: увеличивает в нем содержание доступного протеина, корректирует кислотно-щелочной баланс рациона, улучшает переваримость крахмала в организме жвачных животных и позволяет сохранить влажное зерно (предотвратить его потери).

Давайте ознакомимся с биохимическими основами этой инновационной технологии, оценим влияние обработанного зерна на рубцовое пищеварение и показатели продуктивности поголовья, а также рассчитаем экономическую целесообразность применения новой технологии. При этом не бу-

дем делать акцент на консервирующих свойствах продукта. Такое его воздействие на сырье — лишь сопутствующий эффект, а не основной.

Ферментативные механизмы технологии аммонизации зерна

Ферментативная аммонизация базируется на реакции уреазы с мочевиной при их внесении в зерно влажностью 18–22%. Мочевина расщепляется на аммиак и углекислый газ. Аммиак, взаимодействуя с водой, создает щелочную среду (pH повышается с 6 до 8,5–9). Важно, что в процессе ферментации мочевина полностью разлагается и в обработанном зерне ее не остается. В этих условиях происходят следующие процессы.

- Аммонизация лигноцеллюлозного комплекса. Аммиак частично разрывает эфирные связи между лигнином и полисахаридами (целлюлозой, гемицеллюлозой), в результате чего возрастает доступность клетчатки для целлюлолитических бактерий рубца.
- Связывание небелкового азота. Аммиак, фиксируясь органическими кислотами зерна и образовавшимися бикарбонатами, переходит в форму аммонийных солей, которые служат субстратом для синтеза микробного белка в рубце. При этом расчетное содержание сырого протеина увеличивается на 5 процентных пунктов (п.п.) без введения экзогенных белковых кормов (табл. 1).

Содержание небелкового азота в зерне до и после аммонизации

Таблица 1

Вид сырья	Содержание сырого протеина, %		Разница, п.п.
	до обработки XL KOP	после обработки XL KOP	
Зерно пшеницы	12,5	17,9	+5,4
Зерно ячменя	11,2	17,1	+5,8
Зерно кукурузы	7,6	13,4	+5,8

В регионах, где доступность белковых концентратов ограничена или их рыночная стоимость довольно высока, экономически выгодно использовать аммонизированное зерно (в нем доля сырого протеина на 5 п.п. выше, чем в стандартном: 12% против 17%). Это позволяет снизить ввод соевого шрота (в нем концентрация протеина варьирует от 44 до 46%) в рацион до 140 кг на каждую тонну обработанного зерна пшеницы.

- Бактерицидное действие. В результате гидролиза мочевины под действием уреаз рН повышается с исходных 6 до 8,5–9. В таких условиях подавляется рост гнилостной микрофлоры, а также мицелиальных и плесневых грибов. Обработка зерна оказывает консервирующий эффект. По сравнению с классическими способами заготовки (использование кислот) и подготовки зерна к хранению (искусственная сушка) технология аммонизации демонстрирует принципиально иной подход: сушка как энергозатратный процесс полностью исключена, а ее функцию выполняет ферментативная реакция, протекающая на протяжении 21 дня.

Преимущества. В чем они заключаются?

Выделяющийся бикарбонат аммония обладает буферными свойствами. При скармливании обработанного зерна жвачным животным этот буфер поступает в рубец, уменьшая риск снижения рН даже при высокой доле легкодоступных углеводов в рационе.

Это подтверждают данные одного из экспериментов. Молодняк крупного рогатого скота породы шароле (103 головы) разделили на две группы — контрольную и опытную. Условия содержания поголовья обеих групп были одинаковыми. Бычки получали полнорационный рацион вволю на протяжении 176 дней. В рацион включали кукурузную муку: для животных контрольной группы — стандартную из расчета 5,2 кг/гол., а в рацион для аналогов контрольной — аммонизированную — в дозе 6,5 кг/гол. Величину рН рубцовой жидкости измеряли через 30 минут после убоя бычков (табл. 2, рис. 1).

Повышение величины рН рубцовой жидкости на 0,89 единицы (с 5,46 до 6,35) является статистически значимым ($p = 0,0011$). Показатель рН рубцовой

Показатель	Группа		p
	контрольная	опытная	
Величина рН:			
рубцовой жидкости	5,46	6,35	< 0,001
навоза	4,55	4,75	< 0,001
Концентрация в рубце, ммоль/л:			
аммиака	19,22	21,28	0,88
летучих жирных кислот	167,84	154,32	0,23
Содержание, % от суммы летучих жирных кислот:			
молочной кислоты	1,39	0,78	0,19
уксусной кислоты	57,67	58,2	0,55
масляной кислоты	18,04	14,69	0,012
пропионовой кислоты	19,54	22,14	< 0,001
Соотношение уксусной и пропионовой кислот (ацетат/пропионат)	2,97	2,64	0,0038

Примечание: p — критерий статистической значимости.

жидкости животных контрольной группы (5,46) свидетельствует о развитии у них субклинического (подострого) ацидоза. Величина рН рубцовой жидкости бычков опытной группы (6,35) находилась в пределах физиологической нормы. Это говорит о том, что кормосмесь с обработанным зерном обладает буферными свойствами.

Изменение профиля летучих жирных кислот в рубце проявлялось уменьшением доли масляной кислоты на 3,35 п.п. и увеличением доли пропионовой кислоты на 2,6 п.п. Пропионат — основной предшественник глюконеогенеза и в отличие от ацетата более эффективно используется для энергетического обмена. Снижение доли бутирата может свидетельствовать о минимальном риске развития паракератоза рубцового эпителия.

Снижение соотношения ацетата и пропионата с 2,97 до 2,64 ($p = 0,0038$) указывает на «переключение» брожения с ацетогенного (молочного) типа на пропионогенный (мясо-молочный, или откормочный) тип. Благодаря этому повышается эффективность использования энергии корма и улучшается его конверсия. Отсутствие различий в концентрации аммиака и общих летучих жирных кислот при значимом изменении их профиля свидетельствует о том, что аммонизация не подавляет микробную ферментацию в целом, а качественно перестраивает ее метаболические пути.

Значение рН фекалий бычков, потреблявших аммонизированную кукурузную муку, оказалось выше, чем величина рН фекалий аналогов, получавших рацион с необработанной кукурузной мукой (4,75 против 4,55). Различия были статистически достоверными

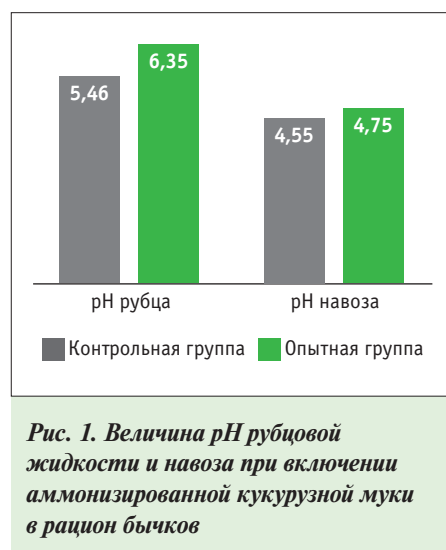


Рис. 1. Величина рН рубцовой жидкости и навоза при включении аммонизированной кукурузной муки в рацион бычков

($p < 0,001$). Повышение рН фекалий на 0,2 единицы указывает на снижение кислотной нагрузки в дистальных отделах желудочно-кишечного тракта ($p < 0,001$). Это косвенно отражает более стабильную величину рН рубцовой жидкости и минимизирует риск возникновения субклинического ацидоза.

Технологические аспекты обработки

Технология применима для обработки зерна всех крахмалосодержащих культур — пшеницы, ячменя, овса, кукурузы, тритикале и сорго. Одно из ключевых преимуществ метода — возможность работы с влажным зерном (содержание влаги — 18–22%) без его предварительной сушки, что позволяет продлить период уборки зерновых в регионах, где часто выпадают осадки, снизить потери урожая вследствие осыпания зерна и обойтись без применения энергозатратной сушки.

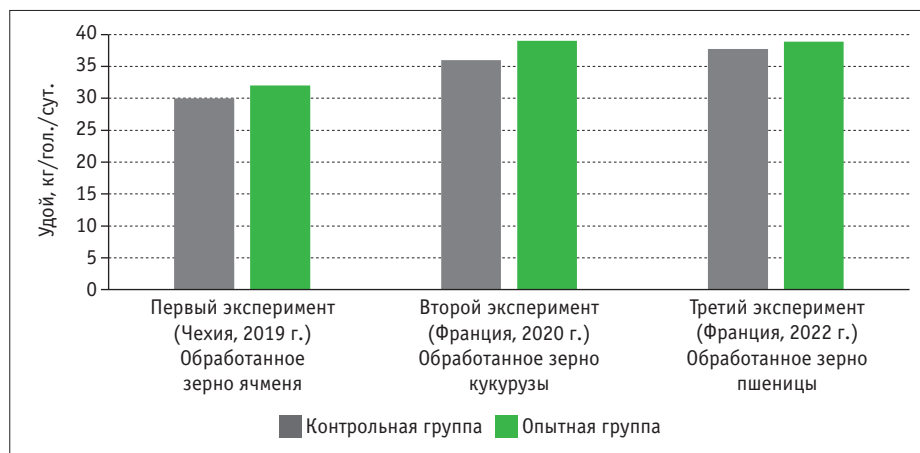


Рис. 2. Молочная продуктивность при скармливании обработанного зерна

Таблица 3 Влияние аммонизированного зерна кукурузы на мясную продуктивность бычков			
Показатель	Группа		p
	контрольная	опытная	
Количество бычков в группе, гол.	50	50	—
Живая масса, кг:			
начальная	458	450	—
конечная	727	729	—
Конверсия корма, ед.	6,49	6,14	0,011
Среднесуточный прирост живой массы, кг	1,54	1,6	0,06

Примечание: p — критерий статистической значимости.

Для увеличения удельной поверхности контакта реагента и зерна его предварительно измельчают (подвергают плющению, грубому помолу или дроблению). К полученной массе добавляют расчетное количество мочевины, ферментный препарат, например XL KOP, и тщательно перемешивают в течение 10–15 минут, после чего смесь укладывают в бурты или загружают в полимерные рукава. Обязательное условие — герметичное укрытие хранилищ полиэтиленовой пленкой для предотвращения испарения аммиака и обеспечения его циркуляции внутри массы. Продолжительность ферментации — 21 день. По ее завершении величина pH обработанного зерна должна составлять 8,5–9. Это будет служить подтверждением того, что реакция протекала успешно.

Увеличение продуктивности скота

Эффективность технологии ферментативной аммонизации была проверена в ходе независимых производственных испытаний по кормлению дойных коров (рис. 2) и молодняка крупного рогатого скота на откорме.

Результаты исследования показали, что при скармливании обработанно-

го зерна ячменя, кукурузы и пшеницы суточный удой вырос на 1,2–3 кг. Для оценки экономической эффективности производства молока использовали показатель увеличения доходности сверх стоимости кормов (IOFC). Он превосходил аналогичный, зафиксированный в группе, где животные получали сушеное зерно, на 74,4–83,7 руб./гол. в сутки.

Анализ данных по включению аммонизированного зерна в рационы для бычков на откорме свидетельствует о том, что оно может быть эффективно интегрировано в четыре различные системы кормления и при этом способствовать увеличению среднесуточных приростов живой массы на 5–10%, сокращению частоты возникновения нарушений рубцового пищеварения и снижению риска развития ацидоза. Хороших результатов достигают при следующих схемах откорма мясного скота:

- при кормлении вволю, при котором животные могут потреблять больше концентрированных кормов без риска развития ацидоза;
- при концентратном типе кормления за счет удержания зерном влаги (до 18–20%) после обработки и, соответственно, улучшения физических свойств кормосмеси;

- при силосном типе кормления за счет поддержания кислотно-щелочного равновесия рубцовой жидкости и компенсации дефицита протеина;
- при силосно-концентратном типе кормления за счет стабилизации pH рубца и снижении риска развития ацидоза.

На основе результатов исследования, проводившегося в 2022 г. в Италии, установили положительную корреляцию между включением аммонизированного зерна кукурузы в рацион и такими зоотехническими показателями, как коэффициент конверсии корма (снижение затрат на 1 кг прироста) и среднесуточный прирост живой массы бычков (табл. 3).

Так, было отмечено, что в группе, где животные получали обработанное зерно, конверсия корма улучшилась на 5,4%, а среднесуточные приросты живой массы увеличились на 3,9%.

Итоги

Технология ферментативной аммонизации зерна представляет собой пример биотехнологического подхода к кормопроизводству, позволяющего решить три актуальные задачи:

- консервация влажного зерна без использования энергоемкой сушки и химических ингибиторов плесени;
- повышение протеиновой питательности зерновых кормов за счет фиксации небелкового азота в доступной для рубцовой микрофлоры форме;
- снижение риска развития ацидоза благодаря буферным свойствам бикарбонатов, образующихся в процессе ферментации.

Инвестиции в технологию аммонизации зерновых окупаются в течение первого месяца откорма или лактации. При соблюдении технологической дисциплины — это эффективный инструмент для повышения рентабельности предприятий.

ЖР



**ПОВЫШАЕМ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ
И ПРИБЫЛЬ
ФИДКОНСАЛТ
АГРОПРЕДПРИЯТИЙ!**

ООО «ФидКонсалт»

394038, г. Воронеж,

ул. Космонавтов, д. 17А, оф. 518

Тел.: + 8 (800) 770-71-49

Эл. почта: info@feedconsult.ru

<https://feedconsult.ru>