

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПИТАНИЯ ПОРОСЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ*

В. КРЮКОВ, д-р биол. наук, ООО «Натур-Тек»

С. ЗИНОВЬЕВ, канд. с.-х. наук, ВНИИПП

Углеводы. Крахмал — основной углевод растительных кормов. Хотя в молоке нет крахмала, но необходимая для его переваривания амилаза обнаруживается в кишечнике поросят уже после рождения. Уровень этого фермента медленно повышается к отъему: к 21-дневному возрасту — примерно в 3 раза, а к 42 дням — в 28 раз. Глюкоза — единственный структурный элемент крахмала, строение которого зависит от порядка соединения глюкозы в полимеры и в дальнейшем от их участия в построении крахмальных зерен (гранул). При линейном соединении молекул глюкозы образуется амилоза, молекулы которой в количестве 1000—4400 связаны α -D-(1-4)-гликозидными связями. Амилозы в зерне злаковых культур содержится 200—350 г/кг. Другая составная часть крахмальных зерен — амилопектин. Его молекула представлена в виде ветвящихся цепочек. Длина каждой из них включает около 14—20 глюкозидных остатков. В месте ветвления цепи молекула глюкозы образует связь между шестым углеродным атомом одной молекулы и первым углеродным атомом соседней молекулы. Далее они продолжают связываться с углеродными атомами в положении 1-4. Для гидролиза (переваривания) в положениях 1-4 и 1-6 требуются различные ферменты. Фермент для гидролиза связи 1-6 обычно менее доступен.

Полимерные цепи крахмала подразделяются на три типа: А, В и С. Амилоза полностью состоит из цепей типа А, амилопектин включает цепи А, В и А + В. Количественное соотношение между ними в амилопектине зависит от вида растения. Полимеры типа А скручены в двойные спирали. Амилоза, несмотря на более простую исходную структуру, хуже переваривается, поскольку она способна переходить из аморфной в кристаллическую форму. Амилопектин, кроме α -амилазы, подвергается гидролизу β -амилазой, при этом от него поочередно отщепляются молекулы мальтозы. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не достигнет точки ветвления с α -D-(1-6)-гликозидной связью. В результате остается неподдающееся расщеплению «ядро», или «остаточный декстрин», на долю которого приходится до 40% исходного амилопектина. Пищеварительные ферменты животных не могут переваривать амилопектин, так как их организм не вырабатывает α -декстрин эндо-1,6- α -гликозидазу, способную разрывать связь между

первым и шестым углеродными атомами. Однако его вырабатывают микроорганизмы в нижних отделах кишечника, где остаточный декстрин подвергается сбраживанию, доводя кажущуюся усвояемость крахмала до 100%.

Крахмалы по переваримости подразделяют на три типа: быстропереваримый, медленнопереваримый и устойчивый. В опытах поросятам давали корм с кукурузным крахмалом или с высоким содержанием амилозы. Установлено, что в слепой кишке через 3 часа после потребления корма в первом варианте крахмала было 8,4 мг/г, во втором — 39,1 мг/г в пересчете на сухое вещество содержимого. Через 5,5 часов уровень кукурузного крахмала в кишке снизился до 3,9 мг/г, а высокоамилозного повысился до 58 мг/г (Topping и соавт., 1997). Значения, получаемые при определении переваримости крахмала, зависят от методики постановки опытов. У поросят с живой массой 9—13 кг этот показатель в балансовых опытах был 99,6%, в подвздошной кишке — на 20% ниже (Huang и соавт., 1998). Из этого следует, что пятая часть крахмала поступала в ободочную и слепую кишки, где подвергалась ферментации микроорганизмами, обеспечивая высокие показатели переваримости крахмала в балансовых опытах. Хотя бактериальная ферментация резистентного крахмала возвращает животному часть энергии за счет всасывания летучих жирных кислот, ее большая доля расходуется микроорганизмами для своей жизнедеятельности, а также теряется с выделяемыми газами (H_2 , CH_4). В результате организмом поросенка используется не более 7,6 кДж/г энергии крахмала, тогда как при переваривании крахмала ферментами до глюкозы — 16,4 кДж/г (Livesey, 1990). Потребление резистентного крахмала вызывает увеличение длины и объема ободочной кишки, создавая для болезнетворных микроорганизмов условия, позволяющие им дольше задерживаться в кишечнике, прикрепляться к стенке и проявлять негативное действие. Получены доказательства, что амилаза поросенка не полностью переваривает крахмал — около 10% его поступает в нижние отделы кишечника, где он сбраживается микрофлорой и является для нее источником энергии (Gargallo и Zimmerman, 1981; Huang и соавт., 1998). Остатки крахмала, не успевшие подвергнуться полному разложению микрофлорой, могут экскретироваться с калом (Key и Mathers, 1993; Young и соавт., 1996). Более полное переваривание питательных веществ корма

*Окончание. Начало в №4-2016

в верхнем отделе кишечника способствует профилактике кишечных заболеваний, вызываемых микрофлорой.

Растительные корма содержат значительное количество некрахмалистых полисахаридов (НКС), которые не перевариваются животными в виду отсутствия ферментов, способных подвергать их гидролизу. НКС объединяют разнообразные углеводы, строение которых зависит от вида, сорта растений, условий их произрастания и даже хранения сырья.

НКС привлекли внимание специалистов тем, что они, во-первых, не перевариваются и снижают доступность для использования энергии кормов и, во-вторых, в них содержится определенная доля растворимых соединений, которые, попадая в желудок и кишечник, нарушают ряд физиологических функций. В таблице 1 приведены обобщенные данные о содержании некрахмалистых полисахаридов в кормах. В зерне кукурузы мало растворимых НКС, но общий их уровень заметно выше, чем в сорго. Поэтому ее часто используют для производства первых кормов для поросят. Наиболее высокое содержание НКС в люпине, горохе, овсе, но концентрация некоторых индивидуальных фракций кардинально различается. Абсолютные величины содержания растворимых НКС были одинаковы в ячмене, ржи и люпине. Их относительная концентрация от общего количества убывала в следующем порядке: рожь, ячмень, люпин (при этом доли отдельных фракций сахаридов также были различными). Результаты химического анализа корма без учета физических свойств растворимых НКС не всегда позволяют судить об антипитательных свойствах. Так, растворимые полисахариды люпина не образуют вязких растворов (Varnevel и соавт., 1995).

Корма по содержанию некрахмалистых полисахаридов характеризуют неколичественными параметрами (много, высоко, мало, низко) в связи с отсутствием рекомендаций по допустимому их уровню в комбикормах для животных. Разработку рекомендаций сдерживают невозможность производства комбикорма, не содержащего НКС, многообразие их состава и сложность методов анализа. Кроме того, значительная часть полисахаридов подвергается брожению кишечной микрофлорой, которая модифицирует их действие. Состав микрофлоры в свою очередь зависит от концентрации и природы этих веществ в химусе и подвержен изменениям, которые трудно прогнозировать с достаточной степенью вероятности, поэтому определить в корме пороговые величины НКС невозможно. При производстве комбикормов для поросят-отъемышей стараются подбирать сырье с минимальным содержанием некрахмалистых полисахаридов и применять кормовые ферменты.

Антипитательные свойства НКС связывают не с их низкой доступностью в качестве источников энергии для животных (Noblet и Shi, 1993), а с тем, что они снижают переваримость других питательных веществ. Попадая в желудочно-кишечный тракт, растворимые НКС повышают вязкость химуса, создавая проблемы для действия

собственных ферментов и всасывания продуктов переваривания (Mosenthin и соавт., 1999; Moeser и соавт., 2002; Urriola и Stein, 2010). Неблагоприятным фактором считают повышение эндогенных потерь протеина (Souffrant, 2001). Не всегда действие растворимых НКС обусловлено их вязкостью, так как наблюдали улучшение роста поросят при вводе кормовых ферментов в комбикорма, произведенные на основе кукурузы, у которой этот показатель низкий (Choct, 2006). Установлено, что негативно влияют на пищеварение поросят содержащиеся в соевом шроте тетрасахарид стахиоза (7,3%) и трисахарид раффиноза (3,8%), низкомолекулярные олигосахариды, не повышающие вязкость химуса (Кемпен и соавт., 2006; Choct и соавт., 2010), но неперевариваемые в кишечнике. В нижнем отделе пищеварительного тракта они активируют жизнедеятельность микрофлоры, образующей метан, углекислый газ и водород, вызывая вздутие кишечника.

Корм с высоким содержанием растворимых непереваримых НКС стимулирует рост *E. coli* (McDonald и соавт., 2001), сопровождающийся диареей. В опыте поросятам одной группы (положительный контроль) после отъема в течение 14 дней скармливали комбикорм, содержащий в качестве источника протеина сухое обезжиренное молоко; другой — обычный комбикорм с 25% ячменя, 20% пшеницы, 20% кукурузы, а также с соевым шротом вместо сухого обезжиренного молока (отрицательный контроль). Третья (опытная) группа получала рацион отрицательного контроля, в котором содержание нерастворимых НКС было увеличено путем добавления измельченных оболочек зерна овса и пшеничной соломы. В результате в опытной группе живая масса повысилась через 7 и 14 дней после отъема по сравнению с контрольными группами. Содержание *E. coli* в химусе ободочной кишки снизилось с 6,8 до 3,9 \log_{10} /г. При этом активность пищеварительных ферментов не изменилась (Gerritsen и соавт., 2012). Аналогичные результаты были получены другими исследователями (Högberg и Lindberg, 2006; Molist и соавт., 2009). Положительное действие нерастворимых НКС также связывают с уменьшением доступности питательных веществ для микрофлоры нижних отделов кишечника и ускорением продвижения содержимого, что обеспечивает профилактику заболеваний, вызываемых патогенной микрофлорой. Эти эксперименты дают обоснование необходимости поиска способов повышения переваримости полисахаридов в верхних отделах кишечника до моносахаридов, которые будут всасываться, не достигая слепой, ободочной и прямой кишок.

Нарушение структуры слизистой оболочки кишечника в первые дни после отъема сопровождается уменьшением содержания пищеварительных ферментов кишечника и поджелудочной железы, которое ведет к снижению переваримости корма и, как следствие, его потреблению. Один из способов повышения переваримости — применение в кормлении поросят-отъемышей ферментов, которые получили признание в последнее десятилетие (Pluske и

Таблица 1. Состав и содержание НКС в основных видах кормов (Choct M., 1997)

Вид корма и НКС	Арабино-ксиланы	β-глюканы	Целлюлоза	Маннаны	Галактаны	Уроновые кислоты	Всего***
Пшеница							
растворимые	1,8	0,4	—	следы	0,2	следы	2,4 (21)
нерастворимые	6,3	0,4	2,0	следы	0,1	0,2	9,0
Ячмень							
растворимые	0,8	3,6	—	следы	0,1	следы	4,5 (27)
нерастворимые	7,1	0,7	3,9	0,2	0,1	0,2	12,2
Рожь							
растворимые	3,4	0,9	—	0,1	0,1	0,1	4,6 (34)
нерастворимые	5,5	1,1	1,5	0,2	0,2	0,1	8,9
Тритикале							
растворимые	1,3	0,2	—	0,02	0,1	0,1	1,7 (10)
нерастворимые	9,5	1,5	2,5	0,6	0,4	0,1	14,6
Сорго							
растворимые	0,1	0,1	—	следы	следы	следы	0,2 (4)
нерастворимые	2,0	0,1	2,2	0,1	0,15	следы	4,6
Кукуруза							
растворимые	0,1	следы	—	следы	следы	следы	0,1 (1)
нерастворимые	5,1	следы	2,2	0,2	0,15	следы	8,0
Рис							
растворимые	следы	0,1	—	следы	0,1	0,1	0,3 (37)
нерастворимые	0,2	—	0,3	следы	следы	следы	0,5
<i>Основные НКС</i>							
Овес*							
растворимые	Арабиноксиланы (13,6%), β-глюканы (2,5%)						4,0 (17)
нерастворимые							19,2
Овес без пленки*							
растворимые	β-глюканы						5,5 (47)
нерастворимые							6,3
Люпин*							
растворимые	Рамногалактуронаны, арабиноза и галактоза						4,6 (13)
нерастворимые							32
Люпин без оболочки*							
растворимые	Рамногалактуронаны, арабиноза и галактоза						2,7 (11)
нерастворимые							21,8
Горох*							
растворимые	Рамногалактуронаны, глюканы						2,5 (7)
нерастворимые							32
Соевые бобы*							
растворимые	Галактуронаны, арабаны, галактаны						2,7 (14)
нерастворимые							16,5
Соевый шрот**							
растворимые	Глюканы, галактаны, арабаны, галактуронаны						3,4 (23)
нерастворимые							11,2
Подсолнечный шрот**							
растворимые	Глюканы, ксиланы, галактаны, арабаны						4,3 (15)
нерастворимые							24,8
Рапсовый шрот**							
растворимые	Глюканы, галактаны, арабаны						5,0 (23)
нерастворимые							16,5

*Pluske и соавт. (2001); **Amerah и соавт. (2015);

***Величины в скобках — доля растворимых НКС от общего количества (Зиновьев).

Lindemann, 2007). Особо актуальны они в послеотъемный период. Кроме того, необходимо учитывать, что крахмал и белки растительных тканей находятся внутри клеток, покрытых оболочкой из НКС, которые затрудняют к ним доступ эндогенных ферментов. Поэтому одновременное воздействие на корм ферментов с разносторонней активностью обеспечивает взаимодополняющий эффект (табл. 2).

Таблица 2. Ферментация зерна рапса с целлюлазой и протеазой (Walsh и соавт., 1997)

Высвобождено	Контроль	Целлюлаза	Протеаза	Целлюлаза+протеаза
Глюкозы, моль/мл	0,11	0,23*	0,13	0,65***
Аминного азота, г/л	8,9	9,1	13,7*	18,2**

* $P < 0,01$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,025$.

Так, было установлено, что под влиянием целлюлазы к концу инкубации рапса в 2 раза больше высвободилось глюкозы, чем в контрольном варианте, но при этом в среде не изменилась концентрация аминного азота. При использовании протеазы концентрация глюкозы не изменилась, но уровень аминного азота возрос в 1,5 раза. Присутствие одновременно двух ферментов в несколько раз повысило действие каждого из них. Позднее, с накоплением научных данных, положительное действие разнородных кормовых ферментов стали связывать не только с их прямым действием, но и с опосредованным — через разрушение стенок растительных клеток, что облегчает их доступность к внутриклеточным белкам и крахмалу (Tervila-Wilo и соавт., 1996; Masey O'Neil и соавт., 2014).

Изучение действия ферментов на ряд сырьевых материалов показало, что чистая ксиланаза снижала вязкость (подвергала гидролизу) всех компонентов, кроме подсолнечного шрота. Чистая β -глюканаза незаметно уменьшала вязкость одного из трех сортов пшеницы, кукурузы, рисовых отрубей, пшеничных высевков, соевого и подсолнечного шротов. Совместное применение чистых ксиланазы и β -глюканазы оказало большее действие, чем в отдельности, на два сорта пшеницы, тритикале, рожь, ячмень, овес и горох. Коммерческий ферментный препарат, стандартизированный по ксиланазе и β -глюканазе, эффективнее влиял на все виды сырья по сравнению со смесью чистых ферментов. Такой эффект объясняют присутствием в препарате небольших сопутствующих количеств глюкозидазы, галактозидазы, ксилозидазы, целлюлазы, арабинофуранидазы и полигалактуроназы (Mathlouthi и соавт., 2002).

Этот факт, в свою очередь, дает основание рекомендовать специалистам-практикам при закупке кормовых ферментных препаратов не ограничиваться их оценкой по основной заявленной активности и обращать внимание (запрашивать у поставщика) на сопутствующие активности,

которые в некоторых случаях определяют успешность применения препарата.

При скармливании пороссятам-отъемышам рациона на основе ржи (63%) и соевого шрота установили, что ксиланаза (850 ед./г корма) не улучшала рост пороссят, переваримость крахмала и протеина, но повышала вязкость химуса в тонком отделе кишечника. На фоне корма из шелушенного ячменя (63,2%) и соевого шрота применение β -глюканазы (1086 ед./г корма) за 10 дней повысило живую массу на 17% и переваримость протеина в ободочной кишке.

Негативное действие НКС авторы объясняют тем, что β -глюканы и ксиланы затрудняют доступность панкреатических ферментов к эндосперму клеток (Bedford и соавт., 1992). Гидролиз алейронового слоя под действием β -глюканазы улучшил доступность эндосперма эндогенным ферментам. В другом опыте скармливание пороссятам-отъемышам в течение четырех недель комбикорма с добавлением β -глюканазы и ксиланазы достоверно приводило к приросту живой массы, но незначительно влияло на аппетит. При этом кормовые ферменты не повлияли на активность пепсина в химусе, хотя немного снизили его в слизистой желудка. В двенадцатиперстной кишке упала активность амилазы и липазы, но возросла активность мальтазы, сахаразы и γ -глутамилтранспептидазы в слизистой оболочке тощей и подвздошной кишок (Fan и соавт., 2009). Результаты подтверждают, что эффективность добавленных ферментов обусловлена не только их прямым действием, но и позитивным влиянием на активность ферментов животного.

Несмотря на то что на рынке предлагают в основном ферментные препараты, обладающие несколькими заявленными специфическими действиями, их состав не всегда научно обоснован с точки зрения соотношений отдельных активностей, а также максимального их проявления по отношению к комбикормам различного состава. Это следует из результатов, полученных при изучении различных ферментных добавок. Так, препарат, включающий ксиланазу и галактоманназу, снизил живую массу поросят к концу опыта на 7,2%; ксиланазу, галактоманназу, α -галактозидазу и β -глюканазу — на 2,4%; содержащий только ксиланазу повысил живую массу на 1,8% по сравнению с группой поросят, получавших корм без ферментов (Jones и соавт., 2010). Другая группа исследователей не выявила изменений продуктивных показателей поросят под влиянием ксиланазы (Widyaratne и соавт., 2009). На похожем по составу рационе ввод в корм глюканы, целлюлазы и ксиланазы повысил переваримость протеина на 6,5%, уровень переваримой энергии — на 12,3%, прирост живой массы — на 6,6% (Emlola и соавт., 2009). В литературе можно найти сведения о различной эффективности одинаковых ферментных препаратов на похожих по составу комбикормах. Ожидать негативного действия кормовых ферментов крайне проблематично

но, но иногда оно наблюдается. Трудно предположить, что повышение доступности питательных веществ может плохо повлиять на животных — по крайней мере, при их избытке не будет отмечаться роста продуктивности. Чем же можно объяснить неудачи с применением ферментов? Скорее всего, в этих случаях ферменты включали в корм животным, содержащимся в неблагоприятных зоогигиенических условиях, и в их кишечнике была повышенная концентрация патогенных микроорганизмов, которые под действием ферментов могли получить дополнительные источники энергии, что способствовало усилению их роста с сопутствующими негативными последствиями. На этот фактор также влияет надлежащая оценка состава НКС в комбикорме и выбор подходящего фермента: работает не «волшебное» слово фермент, а ферментный препарат с нужной активностью. Таким образом, нестабильность результатов следует связывать с необходимостью четкой характеристики состава некрахмалистых полисахаридов, входящих в рацион (NRC, 2012) и соблюдением зоогигиены содержания животных. При посредственной зоогигиене реализации потенциала ферментов будет способствовать применение пробиотиков. Ферменты нужно выбирать с учетом их субстратной специфичности. Для амилазы это амилоза, α -галактозидазы — фрагменты α -галактозидов, β -глюканазы — β -глюканы, ксиланазы — арабиноксилоза, манназы — олигоманны, пектиназы — пектины, целлюлазы — α -глюканы (целлюлоза), протеазы — белки, фитазы — фитиновая кислота и ее соединения.

Исходя из разнообразия углеводного состава растительных клеток, комбинированные препараты кормовых ферментов проявляют синергизм по отношению к активностям индивидуальных ферментов. Научно обоснованное их сочетание позволит повысить эффективность использования кормов при выращивании поросят и заменить в рецептах дорогостоящее сырье (Otogbenigun и соавт., 2004).

В заключение отметим, что наиболее сложной является разработка эффективных рецептов комбикормов для поросят в первые две недели после отъема. В это время под влиянием изменившегося состава кормов происходит «переформатирование» желудочно-кишечного тракта на новый тип питания. Стратегия кормления должна быть гибкой и учитывать особенности организма, которые меняются каждую неделю. В первый месяц после отъема используют до трех-четырёх рецептов комбикормов. Применение кормовых добавок может повысить рост и сохранность поголовья, однако их эффективность не бесспорна и проявляется в определенных условиях. Отсутствие ожидаемых результатов от какой-либо биологически активной добавки свидетельствует о недостаточной обоснованности ее использования с учетом конкретных условий. Выбор должен быть направлен на устранение причин, вызывающих негативные последствия. Несоблюдение зоогигиенических условий содержания обесценивает все усилия специалистов и затраты на кормовые добавки. ■