

ОСОБЕННОСТИ ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ЗЕРНА ПРИ ВВОДЕ В КОРМА ДЛЯ ПОРОСЯТ

О. ЩЕРБАКОВА, д-р техн. наук, Международная промышленная академия

Р. БЕХМЕТЬЕВ, Московский государственный университет технологий и управления им. Разумовского

Решение проблемы стабильного обеспечения сбалансированными отечественными комбикормами свиноводства позволит повысить конкурентоспособность и рентабельность отрасли, снизить импортозависимость и улучшить качество животноводческой продукции. Особая роль в данном сегменте отводится престартерным и стартерным комбикормам, так как именно их качество и биологическая ценность закладывают основу продуктивности и конверсии корма на всех последующих этапах выращивания свиней.

Многочисленные исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали высокую эффективность влаготепловой обработки зерна для повышения биологической ценности корма. При этом отмечены глубокие биохимические процессы, приводящие к существенным качественным преобразованиям углеводного и белкового комплексов. Положительным результатом является улучшение вкусовых качеств зерна в результате образования ароматических веществ.

В настоящее время особое значение приобретает использование растительного белка для кормления животных. Наиболее быстрый и эффективный способ восполнения нехватки белковых компонентов комбикормов — организация переработки сои, так как она содержит не только большое количество белка, но и богата незаменимыми аминокислотами, в том числе лизином. Содержащиеся в сое антипитательные вещества, тормозящие пищеварительные процессы в организме свиней и, тем самым, препятствующие включению ее в рецепты комбикормов в сыром необработанном виде, имеют белковую природу и при тепловой об-

работке подвергаются инактивации. Основные питательные вещества зерна в том виде, в каком они находятся в комбикорме, также не усваиваются организмом молодняка свиней из-за неразвитости ферментативной системы. Поэтому для более эффективного использования питательных веществ зерна, доля которого в рецептах комбикормов составляет свыше 60%, необходимо подвергать влаготепловой обработке.

Из всех существующих способов влаготепловой обработки наиболее перспективным в производстве кормов является экструзия, так как данным способом можно перерабатывать как цельное зерно, так и измельченное, как монокультуры, так и смеси различных зерновых и зернобобовых культур, что особенно важно при производстве комбикормов.

Все изложенное выше обусловило необходимость проведения экспериментальных исследований по выбору оптимальных режимов обработки смесей злаковых и зернобобовых культур методом экструдирования. В настоящей статье приводятся результаты исследований экструдирования зерна злаковых и бобовых культур и их смесей при производстве престартерных и стартерных комбикормов для поросят.

В результате исследований установлено, что экструдирование основного зернового компонента престартерных и стартерных комбикормов для поросят — ячменя без пленок кондиционной влажности как в виде цельного зерна, так и в виде размола с различным модулем крупности, осуществляется с большими затруднениями. Температура продукта в камере экструдера поднимается до 150–170°C, давление неустойчивое с колебания-

ми в пределах от 1 до 5 МПа, процесс протекает нестабильно, при этом отмечается образование комков продукта и заклинивание шнека экструдера. Продукт на выходе из экструдера был разнородным с меняющимися качественными показателями, как по влажности (6,2–9,8%), так и характеристике углеводного комплекса: содержание декстринов — 4,7–8,5%, атакуемость крахмала глюкоамилазой 122–388 мг/г (табл. 1).

Увлажнение измельченного ячменя путем добавления воды или пропаривания при давлении пара 0,2–0,3 МПа стабилизирует процесс экструдирования, причем с повышением влажности зерна пластичность экструдируемой массы улучшается, производительность экструдера увеличивается, температура продукта в камере экструдера снижается до 140–150°C. Стабильно высокое качество экструдата получено при влажности пропаренной смеси 17–18%. Экструдат имел хорошую пористую структуру и характеризовался высокой степенью модификации крахмала (содержание декстринов 11–11,6%, атакуемость крахмала глюкоамилазой 300–319 мг/г) при влажности 12–13%. По органолептическим показателям более качественный продукт получен при крупности исходного сырья, характеризуемой проходом сита через отверстия диаметром 3 мм.

Стабилизации процесса экструдирования и качества конечного продукта способствовало добавление к ячменю кукурузы, богатой жиром (до 4%). Экструдирование измельченных смесей ячменя с кукурузой в соотношении компонентов 3:1; 2:1 и 1:1 без предварительного пропаривания и увлажнения приводило к увеличению

Таблица 1. Результаты исследований режимов экструдирования зерновых компонентов престартерных комбикормов

Продукт	Влажность, %		Содержание декстринов, %	Степень клемистеризации крахмала, %	Атакуемость крахмала α -амилазой, мг/г	Коэффициент переваримости протеина	Температура в экструдере, °C	Производительность, кг/ч	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т
	до экструдирования	после экструдирования							
Ячмень шелушенный	12,0	—	1,5	3,0	120	0,71	—	—	—
экструдированный	12,0	7,4–9,8	7,4–8,5	35–38	122–250	0,70	139–144	430–460	—
измельченный экструдированный	11,8–13,6	6,2–8,7	4,7–6,6	93–100	306–388	0,67–0,70	150–170	280–305	119–128
пропаренный экструдированный	17,0–18,0	12,0–13,0	11,0–11,6	100	300–319	0,67–0,70	140–150	550–570	68–69
экструдированный с добавлением жира 1–6 %	14,0–14,2	9,8–10,8	—	—	213–244	0,65–0,70	115–120	510–690	60–77
Ячмень+кукуруза (3:1)	10,4	—	0,4	10	89	0,66	—	—	—
экструдированные	10,4	6,6–9,2	9,7–12,6	100	174–254	0,65–0,66	110–118	350–640	63–114
Ячмень+кукуруза (2:1)	9,6	—	0,3	9,0	73	0,71	—	—	—
экструдированные	9,6	6,2–7,6	10,5–11,6	100	183–501	0,69–0,77	100–150	350–460	87–114
Ячмень+кукуруза (1:1)	10,4	—	0,4	11,8	74	0,68	—	—	—
экструдированные	10,4	6,2–6,8	11,8–23,1	100	178–446	0,66–0,68	120–147	350–460	87–114
экструдированные с предварительным пропариванием	10,4	8,0	12,2	100	180–228	0,67	100–115	570	70

содержания декстринов в экструдате с 0,3–0,4% до 9,7–23,1% и атакуемости крахмала глюкоамилазой с 73–89 мг/г до 174–501 мг/г при влажности продукта 6,2–9,2%. При этом температура продукта в экструдере поднималась до 100–150°C. Экструдат имел однородную пористую структуру. Пропаривание смесей перед экструдированием повышало его производительность при снижении температуры обработки до 100–115°C, что влияло на изменения в углеводном комплексе конечного продукта (содержание декстринов 12,2%, атакуемость крахмала глюкоамилазой 180–228 мг/г), снижая его качество по сравнению с продуктом, полученным при экструдировании ана-

логичной смеси без предварительного пропаривания.

Таким образом, экструдирование смесей измельченных ячменя и кукурузы в различных соотношениях, входящих в рецепты престартерных или стартерных комбикормов для поросят, показало, что за счет наличия кукурузы процесс можно проводить без дополнительной подготовки смеси по влажности путем пропаривания и получать продукт высокого качества, удовлетворяющий требованиям к кормам для молодняка сельскохозяйственных животных по переваримости и усвояемости питательных веществ.

Инактивация антипитательных веществ сои до требуемых норм (влажность 7,1–7,5%, активность уреазы

0,10–0,15 ед. pH, активность ингибитора трипсина 4,0–8,5 мг/г, доля водорастворимого протеина 20–25%) достигается экструдированием при температуре 120–130°C, добиться которую удалось установкой на выходной головке экструдера фильеры с отверстием диаметром 3–4 мм (табл. 2). При этом следует отметить, что экструдат выходит из фильеры в виде струи и при охлаждении превращается в мелкую крупку с частицами размером менее 5 мм, не требующую гранулометрической подготовки при производстве престартерных и стартерных комбикормов.

Получаемая полножирная соя имеет пористую структуру и увеличивается в объеме: объемная масса на 40% ниже

Таблица 2. Результаты исследований режимов экструдирования полножирной сои и ее смесей с другими зерновыми компонентами престартерных комбикормов

Продукт	Влажность, %		Активность уреазы, ДрН	ТИА, мг/г	Атакуемость крахмала α -амилазой, мг/г	Водорасстворимый протеин, %	Температура в экструдере, °C	Производительность, кг/ч	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т
	до экструдирования	после экструдирования							
Соя полножирная экструдированная	9,1–11,3	—	1,7–2,2	22,1–34,6	—	70–78	—	—	—
	9,1–11,3	7,1–7,5	0,1–0,15	4,0–8,5	—	20–25	120–130	350–400	100,5–112,6
Соя+ячмень (1:2)	11,0	—	0,90	9,7	123,0	11,0	—	—	—
экструдированная смесь	—	6,1	0–0,05	0,8–1,1	230,5	5,8	130–140	810	85,3
Соя+ячмень (1:1)	13,2	—	0,9	12,6	111,4	12,6	—	—	—
экструдированная смесь	13,2	10,0	0,19	1,7	188,5	6,0	120–125	995–1000	64,8–65,0
Соя+ячмень (2:1)	13,7	—	1,15	21,2	97,2	15,6	—	—	—
экструдированная смесь	—	11,4	0,17	1,5	145,0	5,1	135	1100	57,8
Соя+горох (1:1)	11,9	—	1,20	13,8–17,1	96,5–108,5	19,8	—	—	—
экструдированная смесь	11,9	6,5–7,0	0,05–0,13	1,1–4,4	120,0–165,0	9,5–10,0	127–132	430–480	91,7–97,8

по сравнению с исходной (416–426 и 730 кг/м³). Потеря влаги (усушка) при обработке сои составляет 2,0–3,8%.

В результате экспериментов установлено, что качество экструдата зависит от температуры экструзии, на которую в свою очередь влияет размер отверстия фильтры и величина подачи продукта, то есть производительность экструдера, а также влажность сои, направляемой на экструдирование.

При переработке смеси сои с горохом на экструдере КМЗ-2У его производительность изменялась в пределах 430–480 кг/ч, а температура продукта на выходе — от 127 до 132°C. Во всех опытах получено удовлетворительное качество обработанных смесей по показателю активности уреазы (0,05–0,13 ед. pH), что свидетельствует об инактивации и других антипитательных веществ сои. Так, трипсинингибиторная активность экструдированных смесей снизилась при обработке с 13,8–17,1 мг/г до 1,1–4,4 мг/г. Отмечено также увеличение атакуемости углеводов амилолитическими ферментами с 96,5–108,5 мг/г до 120–165 мг/г. Экструдированные смеси представляли собой мелкую крупку, не требующую гранулометрической подготовки при производстве престартерных комбикормов.

Результаты опытов по экструдированию смеси сои с ячменем подтвердили установленные в предыдущих опытах закономерности. В частности, показано, что на производительность экструдера влияет как состав смеси, так и величина отверстия фильтры. Так, когда смесь на 1/3 состояла из сои (смесь сои и ячменя в соотношении 1:2), производительность экструдера составила 810 кг/ч. С увеличением содержания сои в смесях производительность увеличилась до 995–1100 кг/ч. В то же время при малых концентрациях сои в смесях и при снижении величины отверстия в фильтре с 9 мм до 6–4 мм температура продукта в экструдере повысилась до 155–165°C (жесткий режим), и отмечалась полная инактивация уреазы. Для сои такое снижение активности уреазы

считается нежелательным, а для смесей требует дальнейшего изучения.

При увеличении в смесях доли сои до 1/2–2/3 части (смеси сои и ячменя в соотношении 1:1 и 2:1) температурный режим обработки снижается до 120–135°C, и в экструдированных смесях активность уреазы находится на уровне 0,17–0,19 ед. pH, а ТИА 1,5–1,7 мг/г. Кроме этого, в экструдированных смесях отмечается незначительное увеличение атакуемости крахмала амилолитическими ферментами (с 97,2–111,4 мг/г до 145,0–188,5 мг/г).

Фракционный состав частиц экструдированных смесей показывает, что содержание крупных фракций (остатки на ситах с отверстиями диаметром 7 и 5 мм) превышает требования к крупности компонентов комбикормов, что вызывает необходимость в измельчении крупных фракций или всего продукта.

Таким образом, в результате исследований установлено, что экструдирование сои с другими бобовыми или злаковыми культурами обеспечивает более стабильную работу экструдеров по сравнению с обработкой сои. Оптимальное соотношение сои и других бобовых или злаковых культур в смеси, обеспечивающее наиболее полное поглощение жира и гранулометрический состав, не требующий дополнительного измельчения продукта после экструдирования, составляет 1:1. Удовлетворительная инактивация антипитательных веществ и повышение переваримости питательных веществ достигается при температуре обработки 125–135°C. Такую температуру можно обеспечить установкой в выходной головке экструдера фильтры с отверстием диаметром 4–5 мм и изменением расположения шнеков и греющих шайб. Кормовые продукты, полученные путем экструдирования двух зерновых культур после предварительного смешивания и измельчения и полученные после измельчения без предварительного смешивания, по показателям питательности существенных отличий не имели.

Следует отметить, что при совместном экструдировании сои с зерновыми или бобовыми культурами происходит большая потеря влаги, чем при экструдировании сои. Так, экструдирование смеси сои и ячменя привело к потере 3,2–4,9% влаги, смеси сои и гороха — 4,9–5,4%. В обработанных смесях отмечается незначительное увеличение содержания растворимых углеводов и рост атакуемости крахмала амилолитическими ферментами. Экструдированные смеси сои с другими культурами имеют такую же объемную массу, что и полноожирная соя (соответственно 460–478 кг/м³ и 440–500 кг/м³). Температурный режим обеспечивает получение продуктов по крупности, не требующих гранулометрической подготовки.

Таким образом, при производстве престартерных и стартерных комбикормов для поросят с целью повышения переваримости углеводов, денатурации белка, инактивации антипитательных факторов, повышения вкусовых качеств, обеззараживания, а также с целью включения в рецепты полноожирных семян сои, заменяющих не всегда качественный и зачастую полученный из генетически модифицированной сои шрот, целесообразно зерновое сырье и семена сои подвергать экструдированию в составе смеси, приготовленной в соответствии с рецептом вырабатываемого комбикорма. При экструдировании смесей подготовленные зерновые компоненты дозируются в соотношениях, предусмотренных рецептом, и смешиваются. С целью наиболее полного разрушения семян и инактивации антипитательных веществ на экструдерах в выходной головке устанавливается специальная фильтра с отверстиями диаметром от 3 до 8 мм в зависимости от типа применяемого экструдера и обрабатываемой смеси. Температура экструдата на выходе из головки экструдера должна быть в пределах 125–140°C. Получаемый экструдат представляет собой крупку пористой структуры, не требующей гранулометрической подготовки. ■