

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ КОМБИКОРМОВ*

Д. БУНЗЕЛЬ, А. ЛЕММЕ, компания Evonik

Примеры процессов обеззараживания

Для санитарно-гигиенической обработки комбикормов применяются различные технологические подходы на основе усовершенствованных процессов кондиционирования.

Некоторые поставщики оборудования представляют решения, разработанные на основе кондиционеров барабанного типа: кондиционеры для выдержки после пропаривателя или устройства для внесения мелассы, которые обеспечивают объем и продолжительное время выдержки корма. Размеры оборудования выбираются в соответствии с требованиями заказчиков к производительности и времени выдержки, которое обычно составляет 2 мин при 80–85°C. Необходимо отметить, что благодаря специальной конструкции кондиционеры барабанного типа обеспечивают высокотемпературную обработку всех частиц одновременно. Пропариватели и кондиционеры должны иметь достаточную изоляцию для предотвращения тепловых потерь и конденсации

на внутренней поверхности барабана, так как это может привести к налипанию на ней частиц продукта и образованию корки, то есть к перекрестному загрязнению. В то же время необходим удобный доступ для технического обслуживания и очистки (рис. 1).

Одна из компаний предлагает свою концепцию «Retention Plus» с более длительным временем выдержки (до 8 мин и больше) с использованием вертикального кондиционера длительной выдержки. Благодаря длительному времени выдержки возможен ввод большего количества жидких добавок, таких как меласса, без ухудшения качества гранул, поскольку такой конди-



Рис. 1. Кондиционер кратковременной выдержки Nytherm

гонера работает под давлением окружающей среды, а температура кондиционирования может достигать 100°C.

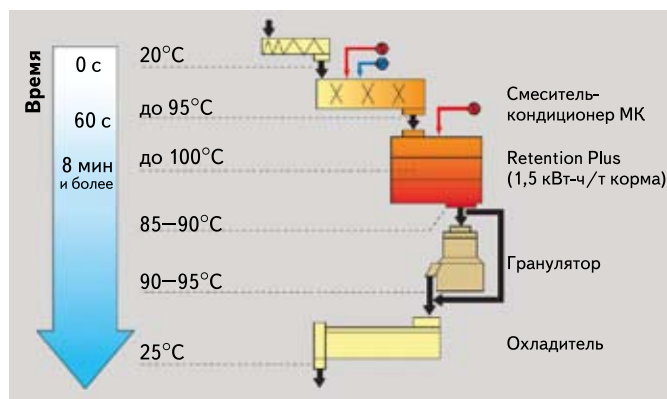


Рис. 2. Концепция обеззараживания «Retention Plus»

При применении другого технологического подхода для санитарно-гигиенической обработки используются экспандеры. Они работают с коротким временем выдержки в диапазоне нескольких секунд. При прессовании продукта через кольцевую матрицу на выходе давление процесса может достигать 80 бар. Пар вводится непосредственно в барабан, рабочая температура при этом может достигать 150°C (рис. 3).

Основной целью добавления пара является кондиционирование (прогревание) комбикорма для последующего прессования, при этом количество тепла зависит от выбранной длины прессующего канала и диаметра матрицы.



Рис. 3. Экспандер типа FEX42

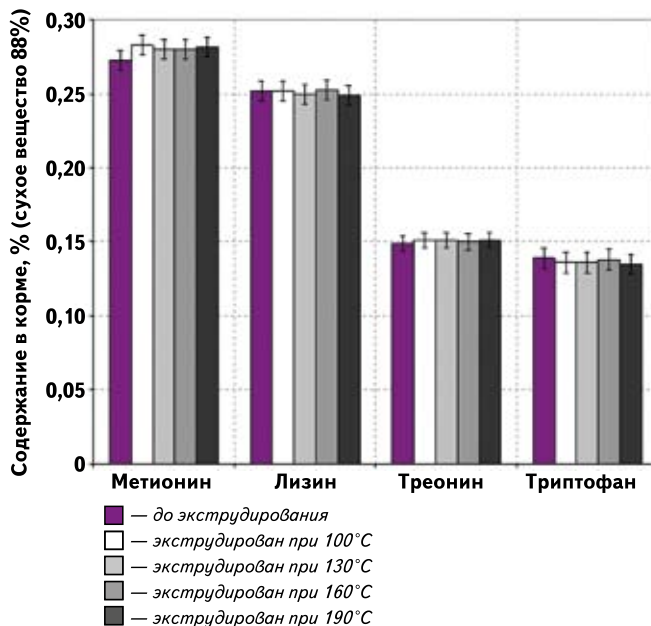
Питательные вещества и кондиционирование

Основной целью добавления пара является кондиционирование (прогревание) комбикорма для последующего прессования, при этом количество тепла зависит от выбранной длины прессующего канала и диаметра матрицы.

*Окончание. Начало в № 12-2015



Рис. 4. Постановка опыта (слева) и содержание (справа) в корме для телят добавленных аминокислот: метионина, лизина, треонина и триптофана до и после экструдирования корма в двухшнековом экструдере при различной температуре обработки



Кондиционирование положительно влияет не только на санитарно-гигиеническую обработку, благодаря которой уничтожаются патогенные микроорганизмы или значительно снижается их количество, но и, безусловно, на питательную ценность корма. Например, на доступность энергии в рационе.

Практически все органические вещества корма могут быть использованы животными с целью получения из них энергии для обмена веществ. Среди углеводов необходимо различать некоторые фракции и учитывать их особенности. Несмотря на то что сырая клетчатка почти не усваивается и малодоступна для моногастрических, например для птицы и свиней, она лучше используется жвачными животными. Из двух составляющих крахмала — амилозы и амилопектина — первая усваивается медленнее и в меньшем количестве. При нагреве крахмала при высокой влажности происходит поглощение воды, разбухание и разрушение его зерен, то есть процесс желатинизации. Согласно Lund (1991), на работу которого ссылаются Abd El-Khalek и Janssens (2010), для полной желатинизации требуется, чтобы соотношение воды к крахмалу составляло приблизительно 1,5:1. Эта однородная фаза увеличивает вязкость, что впоследствии улучшает доступность крахмала и, соответственно, энергии благодаря облегчению ферментативного расщепления (Abd El-Khalek и Janssens, 2010). Однако в случае субоптимального температурного режима желатинизация крахмала может быть неполной и возможна его ретроградация. Это означает, что молекулы крахмала снова соединяются в желатинизированном крахмале и не усваиваются животными с однокамерным желудком. Кроме того, слишком высокие температуры (чрезмерная обработка) способствуют понижению доступности протеина и аминокислот.

Воздействие тепла на кормовые добавки, в том числе на аминокислоты

Избыточная тепловая обработка в целом негативно влияет на питательную ценность корма. Особенно на чув-

ствительные к повышенной температуре витамины, ферменты и ненасыщенные жирные кислоты, которые при этом окисляются или разрушаются. Поэтому некоторые кормовые добавки вводятся после кондиционирования и гранулирования. Аминокислоты, напротив, добавляются в смеситель перед кондиционированием, следовательно, подвергаются воздействию тепла.

На рисунке 4 представлен пример «извлечения» добавленных в корм для телят аминокислот до и после экструдирования в двухшнековом экструдере. В данном опыте, проведенном подразделением Evonik Nutrition и Care, были изучены показатели стабильности и «извлечения» аминокислот МетАМИНО®, Биолиз®, ТреАМИНО® и ТрипАМИНО® при увеличении температуры экструдирования от 100 °С до 190 °С на протяжении 15 с. Как видно из данных графика, концентрации добавленных аминокислот в экструдированной кормовой смеси не снижаются по сравнению с исходной, даже при температуре 190 °С.

Дальнейшие исследования, проведенные подразделением Evonik Nutrition и Care, были направлены на изучение влияния различных методов обработки на уровень протеина и аминокислот (общее содержание и введенные) в корме для креветок: экструдирование с использованием одношнекового и двухшнекового экструдеров; гранулирование (табл. 1). Рацион состоял из соевого шрота (31,35%), пшеничной кормовой муки (25,5%), рыбной муки (25%), рапсового шрота (7,5%), соевого масла (3,0%), рыбьего жира, минеральных веществ, витаминов и кормовых аминокислот МетАМИНО, Биолиз и ТреАМИНО. Содержание сырого протеина — 40%, жира — 8,5%.

В целом можно утверждать, что общий белок и связанные аминокислоты не сильно восприимчивы к повреждению в исследуемых условиях. Уровень аминокислот после обработки составил 95–102%. В то же время продемонстрирована высокая стабильность содержания свободных

Таблица 1. Уровень сырого протеина и аминокислот в корме для креветок при различных методах термической обработки (Evonik, 2011)

Обработка	Режим обработки	Сырой протеин	Общий лизин	Общий метионин	Общий треонин	Свободный лизин*		Свободный метионин*		Свободный треонин*	
		% от кормовой смеси				Кормовая смесь, %	Готовый продукт, %	Кормовая смесь, %	Готовый продукт, %	Кормовая смесь, %	Готовый продукт, %
Одношнековый экструдер	2 мин / 80°C	99	101	98	102	0,26	0,25	0,28	0,26	0,15	0,15
Двухшнековый экструдер	1 мин / 95°C	100	102	97	98	0,30	0,30	0,32	0,29	0,20	0,19
Гранулятор с плоской матрицей	6 мин / 80°C	99	99	95	101	0,26	0,26	0,28	0,27	0,15	0,15
Среднее значение	—	99	101	97	100	—	—	—	—	—	—

* Содержание свободных лизина, метионина и треонина, полученных в основном из добавленных в корм Биолиза, МетАМИНО, ТреАМИНО и в меньшей степени — из рыбной муки (содержание свободного лизина, метионина и треонина в рыбной муке — 0,01–0,02%).

аминокислот в процессе обработки кормов. Очевидно, что свободные аминокислоты не ведут себя иначе, чем аминокислоты, связанные с белком. С другой стороны, установлено, что перегрев негативно влияет на усвояемость аминокислот, что в свою очередь снижает их доступность для животных и, значит, питательность рациона.

Преимущества и недостатки тепловой обработки в отношении питательной ценности

Воздействие термической обработки на усвояемость аминокислот и на их доступность изучено в контексте обработки сырья, а не комбикорма, хотя последствия и лежащие в основе принципы одинаковы. Помимо благоприятного воздействия на гигиенические свойства корма и, например, на желатинизацию крахмала, тепловая обработка требуется для уничтожения антипитательных факторов или, по крайней мере, для снижения их уровня. Антипитательные факторы, как известно, включают ингибиторы трипсина (например, соя), глюкозинолаты (например, рапс), госсипол (хлопчатник), лектины (например, люпины) и др. Общим свойством этих негативных факторов является их чувствительность к высокой температуре.

На рисунке 5 на примере соевого шрота дано общее представление об оптимальном диапазоне теплового воздействия на компоненты, при котором сохраняется их питательная ценность.

В одном из опытов были изготовлены несколько партий полножирной сои с воздействием на нее различных параметров обработки: кратковременное кондиционирование (КВК) при температуре 80°C и 100°C в течение 60 с; длительное кондиционирование (ДК) — при 100°C в течение 5 и 15 мин. Эти процессы завершались экспандированием (Эксп.) при 115°C и 125°C (Facts & Figures 15115). Семь партий экспандированной сои были проанализированы на активность ингибитора трипсина (АИТ). Результаты показали значи-

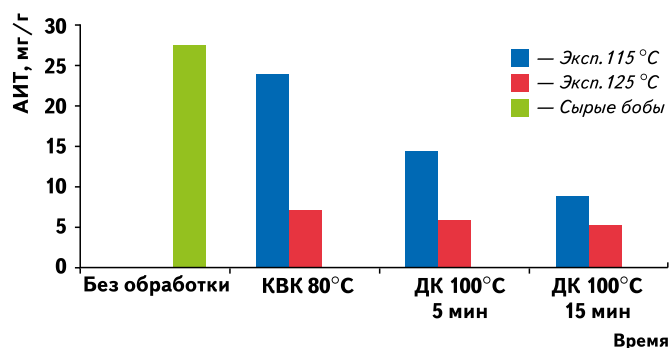


Рис. 5. Активность ингибитора трипсина (АИТ) в сырых бобах и полножирной сое при различных параметрах термической обработки

тельное влияние на нее различных параметров обработки. Наиболее эффективна высокая температура экспандирования 125°C, поскольку при такой температуре АИТ снижается до минимального уровня, независимо от температуры кратковременного или длительного кондиционирования. Тем не менее, экспандирование при 115°C также снижает активность ингибитора трипсина при увеличении времени выдержки, но не до уровня, достигнутого с помощью экспандирования при 125°C.

Эти семь партий полножирной сои различного качества использовались затем в опыте по оценке воздействия обработки на показатели роста бройлеров. Были составлены семь стартовых (с 1 по 10 день), ростовых (с 11 по 24 день) и финишных (с 25 по 35 день) рационов с содержанием полножирной сои: 40%, 38,9 и 33,7% соответственно периодам. Кроме сои, рационы содержали кукурузу (20; 30 и 35%), пшеницу (29; 27 и 27%), соевый шрот (5,6% только в стартовом рационе), соевое масло (0; 0,4 и 1,2%), источники минеральных веществ, витамины и аминокислоты. Дополнительно составили восьмой рацион, в котором полножирную



Москва,
ул. Кожевническая,
д. 14, стр. 5
+7 (495) 721-28-62
www.evonik.com

сою заменили соевым шротом. Гранулированный корм скармливался бройлерам без ограничения. Данные по живой массе на конец опыта и коэффициенту конверсии корма, нанесенные на график в зависимости от уровней АИТ в полножирной

сое (в соевом шроте в рационе 8), продемонстрировали четкую зависимость «доза-реакция», особенно при уровнях ингибитора трипсина выше 8,7 мг/кг (живая масса на конец опыта) и 14,4 мг/кг (коэффициент конверсии корма; рис. 6). Обычно в качестве пороговых значений рекомендуется уровень 4 мг/кг, что в целом подтверждается полученными результатами. Данное исследование указывает на то, что для снижения АИТ с целью оптимизации продуктивности бройлеров может применяться длительное кондиционирование в течение 5–15 мин в сочетании с экспандированием при 125°C или длительное кондиционирование в течение 15 мин в сочетании с экспандированием при 115°C.

Однако, наряду с необходимостью термообработки для снижения активности ингибитора трипсина, превышение оптимальных уровней теплового воздействия может ухудшить усвояемость аминокислот (рис. 7). Данный факт подтвержден в отношении нескольких компонентов в серии исследований, проведенных подразделением Evonik Nutrition и Care на бройлерах и свиньях. Сначала соевые продукты, а также сухая послеспиртовая кукурузная барда (DDGS) систематически обрабатывались в автоклаве при 135°C не менее 30 мин (Fontaine и соавт., 2007). При анализе состава аминокислот обнаружилось, что потери, в частности, лизина, аргинина и цистина, которые чувствительны к высокой температуре. При этом было определено не только общее содержание аминокислот, но и содержание реакционноспособного лизина. Свободная аминогруппа лизина, как правило, вступает в реакцию с сахаром под воздействием тепла с образованием так называемых соединений Амадори, которые не расщепляются в пищеварительном тракте.



Рис. 7. Схема воздействия тепловой обработки на усвояемость аминокислот и на антипитательные факторы в соевом шроте

Таким образом, этот лизин становится недоступным для животных. Реакционноспособный лизин представляет собой фракцию, которая не вступает в реакцию Майяра. В данном опыте уровни реакционноспособного лизина в низко- (43%) и высокопротеиновом (47%) соевом шроте, полножирной сое, а также в низко- (23%) и высокопротеиновой сухой кукурузной барде снизились больше, чем общее содержание лизина, указывая на наибольшее воздействие на питательную ценность, чем следует из анализа общего содержания аминокислот.

Проводимые в настоящее время исследования направлены на изучение усвояемости аминокислот и в целом демонстрируют, что избыточный нагрев нарушает ее как у бройлеров, так и у свиней. Таблицы 2 и 3 дают представление о негативных воздействиях тепловой обработки на соевый шрот при температуре 135°C в течение 20 и 40 мин или 15 и 30 мин, соответственно. Несмотря на то что величина реакции различается между аминокислотами как у одного вида животных, так и между видами животных, можно сделать вывод, что перегрев воздействует на все аминокислоты, снижая питательную ценность продукта в

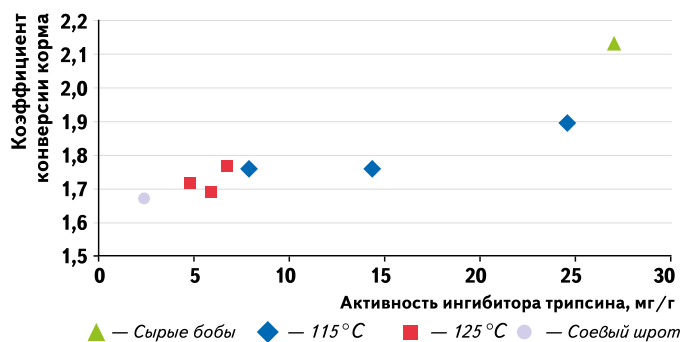
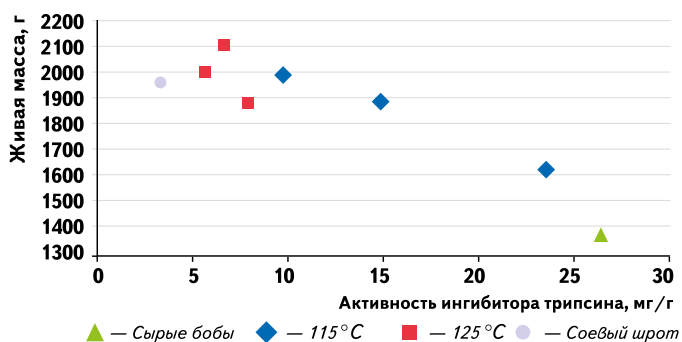


Рис. 6. Живая масса на конец опыта (35 день) и коэффициент конверсии корма (с 1 по 35 день) при скармливании бройлерам комбикорма с полножирной соей, содержащей различные уровни ингибитора трипсина в зависимости от условий термической обработки

Таблица 2. Воздействие тепловой обработки соевого шрота в автоклаве на усвояемость (%) аминокислот бройлерами
(Facts & Figures 1589)

Тепловая обработка соевого шрота			
Аминокислота	0	20 мин	40 мин
Аргинин	86	79	75
Лизин	82	67	59
Метионин	84	69	67
Треонин	75	60	55
Валин	80	69	63

большей или меньшей степени. Эти данные получены для соевого шрота (Facts & Figures 1589, 1491), сухой кукурузной барды (Facts & Figures 1589, 14102), рапсового шрота (Facts & Figures 1599, 14102) и подсолнечного жмыха (Facts & Figures 1599, 14103). Поскольку воздействие перегрева на питательную ценность сырья и комбикормов с трудом поддается количественной оценке, следует не превышать определенные температурные нагрузки при их обработке, чтобы в дальнейшем избежать снижения продуктивности животных.

Таблица 3. Воздействие тепловой обработки соевого шрота в автоклаве на усвояемость (%) аминокислот свиньями на дорастивании
(Facts & Figures 1491)

Тепловая обработка соевого шрота			
Аминокислота	0	15 мин	30 мин
Аргинин	96	93	90
Лизин	94	90	85
Метионин	94	92	89
Треонин	90	88	85
Валин	92	91	88

В заключение отметим, что тепловое воздействие, с одной стороны, необходимо для правильного ведения процесса гранулирования, а также в целях обеззараживания и снижения антипитательных факторов, но, с другой стороны, избыточное тепло оказывает негативное влияние, которое на первый взгляд может быть незаметным, но впоследствии отрицательно отразится на продуктивности животных. ■

Список литературы предоставляется по запросу