

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ КОМБИКОРМОВ

Д. БУНЗЕЛЬ, А. ЛЕММЕ, компания Evonik

В птицеводстве приблизительно 70% себестоимости производства продукции приходится на комбикорма. В то же время в их себестоимости до 85% занимают затраты на сырье (компоненты), и только 10–15% относятся к технологии. Ключевым фактором рентабельности в комбикормовом производстве является оптимизация производственных процессов, повышающих эффективность использования кормов и максимально снижающих потери в цепочке производства.

Кондиционирование и гранулирование — хорошо известные технологические процессы производства комбикормов. Оба процесса, несмотря на увеличение себестоимости, положительно влияют на качество и эффективность использования кормов, способствуют улучшению условий их хранения и транспортировки.

После описания основных технологических аспектов кондиционирования и гранулирования мы обсудим факторы питательности, связанные с тепловой обработкой при производстве кормов.

Гранулирование как основной технологический процесс

На комбикормовых заводах гранулирование — один из основных технологических процессов, помимо измельчения и смешивания. Существует несколько причин использования гранул. Самыми очевидными являются снижение объема корма за счет увеличения его плотности при гранулировании и обеспечение стабильности качества, что особенно важно при хранении и транспортировке. Снижение затрат на транспортировку положительно влияет на чистую прибыль комбикормового производства. Гранулирование позволяет не только повысить питательную

и энергетическую ценность корма, но и исключить его выборочное поедание животными и птицей. Вследствие этого они лучше адаптируются к изменениям состава рационов, что снижает отходы и потери, в конечном счете — стоимость производства продукции.

McKinney и Teeter (2004) провели опыт, в котором сравнивали продуктивность бройлеров, потреблявших гранулированный комбикорм с содержанием целых гранул от 20 до 100% и рассыпной. При использовании корма, где было 80% гранул, прирост живой массы повысился на 9% ($P < 0,01$) по сравнению с россыпью, конверсия корма улучшилась на 7% ($P < 0,05$). Авторы описывают взаимосвязь между высокой калорийностью гранул и временем отдыха бройлеров, которым его требуется меньше на поедание гранулированного корма (рис. 1).

Результаты, полученные McKinney и Teeter и соавт. (2004), были подтверждены Lemme и соавт. (2006), которые также отмечают, что потребление корма значительно снижается при низком качестве гранул. В этом исследовании продемонстрировано, что птица меньше всего потребляет корма грубого помола, где больше россыпи. Прочность гранул, или их устойчивость к механическим воздействиям, определяется методом Pfast на приборе

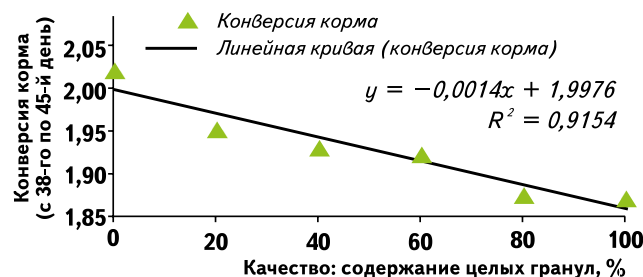
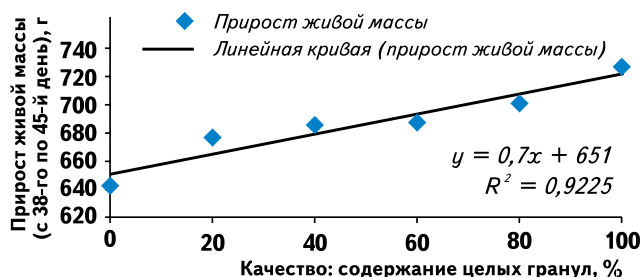


Рис. 1. Влияние качества гранул на прирост живой массы и конверсию корма (McKinney и Teeter, 2004)

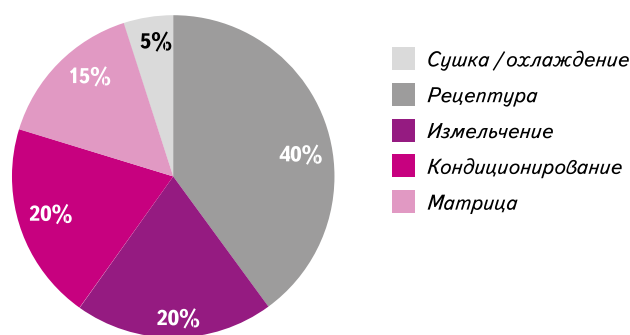


Рис. 2. Относительное воздействие технологических параметров на качество гранул (Reimer, 1992)

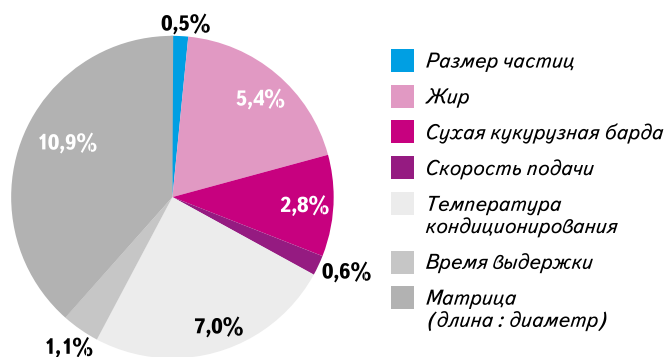


Рис. 3. Факторы, влияющие на прочность гранул (Fahrenholz, 2012)

барабанного типа, а также на приборе Holmen. Содержание образовавшейся мелкой фракции используется при расчете индекса прочности гранул (ИПГ): $\text{ИПГ} = \frac{\text{вес гранул без мелкой фракции после испытания}}{\text{вес гранул до испытания}}$. При более высоком значении ИПГ мелкой фракции образуется меньше, следовательно, качество гранул повышается.

Кондиционирование — важный фактор производства качественных гранул

По данным Behnke (2015), ссылающегося на результаты исследований Reimer (1992), наибольшее влияние на качество гранул оказывают рецептура, гранулометрический состав и кондиционирование. Остальное приходится на матрицу и сушку/охлаждение гранул (рис. 2). При условии, что рецептура и гранулометрический состав не изменяются в процессе производства, кондиционирование — наиболее значимый параметр технологического процесса, который можно регулировать с целью получения качественных гранул.

Fahrenholz (2012) провел исследование по оценке относительного влияния нескольких факторов на прочность гранул (рис. 3) и потребление энергии в процессе гранулирования. Повышение температуры кондиционирования с 65°C до 85°C оказывает наибольшее влияние на прочность гранул, уступая лишь влиянию размеров пресс-формы, приводящему к высокой степени сжатия (при увеличении отношения длины прессующего канала к его диаметру с 5,6 до 8:1).

Воздействие кондиционирования на качество гранул может даже увеличиваться до 40% при применении усовершенствованных технологий термической обработки, таких как длительное кондиционирование, экспандирование или экструдирование (Thomas, 2006; по материалам Behnke, 1995). Введение большого количества тепловой энергии в комбикорм при его гранулировании позволит улучшить физические свойства сырья и сбалансировать гранулометрический состав смеси.

Vontobel (2010) описывает типичные диапазоны потребления энергии на различных технологических этапах

(табл. 1). Ясно, что процесс экструдирования включает как тепловую, так и механическую обработку. В результате потребление электроэнергии на данном этапе равняется общему ее потреблению при кондиционировании и гранулировании.

Таблица 1. Потребление электроэнергии на различных технологических этапах производства комбикормов (S. Vontobel, Bühler, AFMA 2010)

Процесс	Удельный расход электроэнергии, кВт • ч/т	Примечание
Измельчение	3—8	Изменяется в зависимости от рецепта и основных компонентов
Гранулирование	10	Корм для птицы
	15	Корм для свиней
	18—20	Корм для крупного рогатого скота
Обеззараживание / кондиционирование	25—35	Тепловая энергия
Охлаждение	2—3	—
Экструдирование	40—70	—

Адаптация кондиционирования в соответствии с рецептурой

В составе комбикормов используются разные виды кормового сырья в различной комбинации. Его технологические свойства могут изменяться в зависимости от происхождения, погодных условий во время выращивания и сбора урожая, условий предварительной обработки и хранения, а также по истечении срока годности. Помимо объемной плотности и гранулометрического состава, влажность — один из наиболее важных факторов, влияющих на качество обработки кормов. Химический состав, в частности содержание белков, жиров, крахмала, золы и клетчатки, оказывает наибольшее влияние как на питательную ценность сырья, так и на его обработку.

Таблица 2. Зависимость температуры от давления насыщенного пара (1–6 бар)

Давление, кПа изб.	Температура насыщения, °С	Удельная энтальпия воды, кДж/кг	Удельная энтальпия испарения, кДж/кг	Удельная энтальпия пара, кДж/кг	Плотность пара, кг/м³	Удельный объем пара, м³/кг
0	100,00	419	2257	2676	0,598	1,674
100	120,45	506	2201	2707	1,136	0,880
200	133,71	562	2163	2726	1,657	0,603
300	143,76	605	2133	2739	2,169	0,461
400	151,97	641	2108	2749	2,674	0,374
500	158,95	671	2086	2757	3,175	0,315
600	165,06	698	2066	2763	3,672	0,272

Источник: <http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/Steam-Tables/saturated-steam.aspx>, загружено 18.08.2015

За прошедшие годы исследователи и производители комбикормов нашли подходы, которые позволяют учитывать различные физические и химические свойства сырья в рационах. При условии, что включение жидкостей определено в рационе, теоретически единственными параметрами, которые могут регулироваться в производстве гранулированных комбикормов, помимо скорости подачи, являются давление и температура пара (Behnke, 2015).

Как показывает опыт, приблизительно 0,6% сухого пара, подаваемого в кондиционер, повышает температуру комбикорма на 10°C. На практике на расход пара влияют его давление и характеристики паровой рубашки, включая изоляцию, функционирование конденсатосборников, коэффициент снижения давления и тепловые потери в кондиционере.

В этом контексте также важно помнить, что при использовании сухого пара существует строгая связь между давлением и температурой: температура пара повышается под давлением (табл. 2). Таким образом, для увеличения температуры комбикорма, с одной стороны, требуется меньше пара с высоким давлением. С другой стороны, для достижения определенной температуры в кондиционере перед пресс-гранулятором в комбикорм подается больше пара низкого давления и влаги.

Это помогает понять рекомендации исследователей и специалистов-производственников по использованию пара под различным давлением для оптимизации кондиционирования

определенных видов рациона. Для рационов с высоким содержанием крахмала пар низкого давления обеспечивает не только увеличение температуры, но и влажности, которые необходимы для модификации крахмала (Thomas, 1996; Cutlip, 2007). При обработке кормов для молочного скота с высоким содержанием клетчатки, которые плохо поглощают влажность, температура 60–65°C регулируется в кондиционере с применением пара высокого давления.

В таблице 3 представлены рекомендации Payne (1978), Maier и Gardecki (1992) по пяти основным видам рецептов (приведены в работе Thomas, 1996: 177).

Кондиционирование как процесс обеззараживания

Безопасность кормов и продуктов питания стоит в главном приоритете потребителей во всем мире. На территории ЕС требования к безопасности кормов установлены в статье 15 Постановления ЕС № 178/2002:

пуск в оборот опасных кормов или их скармливание животным, служащим для получения продуктов питания, запрещен;

корма считаются опасными для использования по назначению в том случае, если они могут причинить вред здоровью человека или животного; оказывают такое воздействие, что продукты питания, производимые от животных, служащих для получения продуктов питания, считаются опасными для потребления человеком в пищу.

Таблица 3. Рекомендации по оптимизации кондиционирования

Особенность рецептуры	Основной компонент	Давление пара, кПа	Температура комбикорма, °С
Высокое содержание крахмала	Крахмал зерна/тапиоки — 50–80%	102	80–85
Корм для молочных коров	Высокое содержание клетчатки; сырой протеин — 12–16%	442	60–65
Высокое содержание протеина (добавки и концентраты)	Сырой протеин — 25–45%	442	80
Чувствительность к высокой температуре	Сухое молоко — 2–25%, сахар и/или сыворотка	102	< 55
Рецептура с мочевиной	Мочевина — 6–30%	442	—

Так, корма, обсемененные сальмонеллой, считаются опасными (Европейское агентство по безопасности продуктов питания /EFSA, 2008). В то же время на химические консерванты, которые предназначены для борьбы с патогенной микрофлорой, имеются региональные ограничения (например, 70/524/EG на территории ЕС).

Наиболее распространенным методом контроля бактериального заражения в процессе производства комбикормов является тепловая обработка. При разработке оборудования также реализовано несколько подходов для решения этой проблемы. В целом температура и время кондиционирования считаются параметрами, способствующими успешному снижению количества вредных микроорганизмов.

В работе Ziggers (2001) представлен объективный обзор исследования по эффективному контролю сальмонеллы в комбикормах, а также описаны соответствующие технологии, имеющиеся на рынке. Данные таблицы 4 показывают, что и в этом случае, помимо времени и температуры, главную роль играет уровень влаги в комбикорме. При

Таблица 4. Влияние температуры и времени тепловой обработки на относительное уменьшение количества *Salmonella enteritidis* в кормах при различных уровнях влаги (Reimann, 1996; D. Ziggers, 2001)

Температура, °F/°C	Время, с	Массовая доля влаги		
		5%	10%	15%
160/71	20	68,22	83,44	90,06
	40	73,50	86,35	97,43
	80	83,57	90,80	99,70
170/77	20	87,36	92,36	98,24
	40	80,93	96,91	98,91
	80	91,61	93,49	99,73
180/82	20	79,92	98,09	99,80
	40	89,14	99,02	99,99
	80	91,62	99,12	99,98

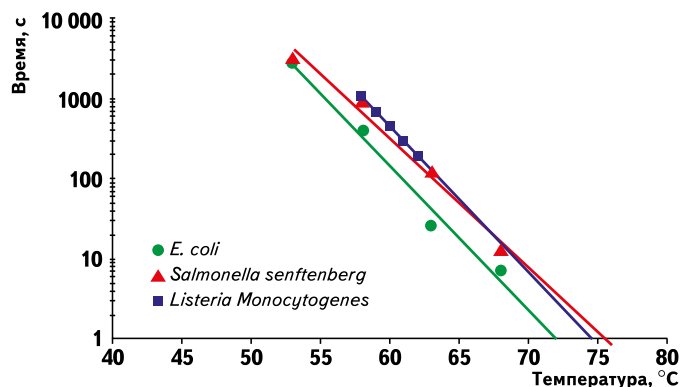


Рис. 4. Кривая времени термической гибели наиболее распространенных вредных микроорганизмов

более высокой влажности теплоемкость и проводимость комбикорма увеличиваются, что приводит к более эффективному уничтожению бактерий, обеззараживанию корма тепловой энергией.

В соответствии с рекомендациями по контролю сальмонеллы в кормовых продуктах Немецкой ассоциации производителей кормов для животных (DVT), помимо применения органических кислот, таких как пропионовая и муравьиная, приемлемыми методами снижения бактериального заражения на 6–7 порядков величины является гидротермическая и гидротермически-механическая обработка. Рекомендуется использовать температуру кондиционирования выше 80°C с временем выдержки в течение двух минут и гранулирование; при температуре 85°C может быть достаточной выдержка в течение одной минуты (DVT: 3.4.2013). Данная рекомендация основана, в числе прочего, на оценке времени термической гибели наиболее распространенных микроорганизмов (рис. 4), опубликованной в рекомендациях по контролю сальмонеллы Американской ассоциации кормовой промышленности (AFIA) от 2010 г. ■

Продолжение в следующем номере



ИНФОРМАЦИЯ

АО «Правдинское свинопроизводство», один из крупнейших производителей свинины Калининградской области, намерен открыть новые фермы. Планы предприятия были обсуждены в ходе рабочей встречи Сергея Лютаевича, министра сельского хозяйства региона, и руководителей компании — Томаса Норгаарда, генерального директора, и Ольги Верещагиной, финансового директора. Т. Норгаард отметил, что акционеры положительно оценивают вложенные инвестиции в

развитие производства и намерены расширить его. В планах — организация трех свинокомплексов и завода по утилизации биоотходов. Это в дополнение к действующим ферме и комбикормовому заводу. «Мы можем строить свинокомплексы в других регионах России, к нам обращаются. Но мы бы хотели развивать производство именно в Калининградской области», — заявил генеральный директор компании.

Реализация таких проектов важна для обеспечения продовольственной

безопасности региона, сохранения и создания новых рабочих мест, ввода земель в оборот.

— «Правдинское свинопроизводство» обрабатывает около 9 тыс. га земли под выращивание зерновых и готово продолжить их ввод в оборот, — сказал С. Лютаевич.

Проектная документация проходит сейчас государственную экспертизу, включая экологический раздел.

*Минсельхоз
Калининградской области*