

# ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СОЕВЫХ БОБОВ

Х. ЛУХТ, М. ДОЛУД, В. ЗЯБРЕВ, компания «Амандус Каль ГмБХ & Ко»

## АНТИПИТАТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ В СОЕВЫХ БОБАХ

Соевые бобы богаты протеином, который содержит все незаменимые аминокислоты. Богаты они и витаминами, участвующими в белковом обмене, и жирами, поэтому особенно ценны в качестве компонентов комбикорма. Однако питательная ценность любого продукта зависит и от его усвояемости организмом животного. К сожалению, соя в сыром виде содержит антипитательные вещества: ингибиторы трипсина, уреазы и другие, которые не только не способствуют лучшей усвояемости корма, но даже представляют опасность для здоровья животных.

Ингибиторы трипсина — это вещества растительного происхождения, принадлежащие к группе ингибиторов протеаз. Они образуют в пищеварительном тракте соединения с трипсином, блокирующим расщепление протеина на аминокислоты ферментом трипсин.

Уреаза — растительный, расщепляющий мочевину фермент. В пищеварении животных он играет незначительную роль. Уреаза так же, как и ингибитор трипсина, инактивируется при тепловой обработке. Поскольку аналитическое определение активности ингибиторов

трипсина является сложным, то используют косвенный метод — определение активности уреазы.

### Активность уреазы

	мг N/г мин 30°C	Δ pH
Необработанные, сырые бобы	8–10	2–3
При оптимальной обработке	0,05–0,20	0,02–0,10
При недостаточной обработке	< 0,02	—
При избыточной обработке	> 0,40	—

В настоящее время наука разработала достаточно методов, способов и технологических приемов для инактивации антипитательных факторов, присутствующих в компонентах комбикормов, а также для подготовки его к легкому усвоению организмом животных. Наиболее простой и доступный метод — тепловая обработка.

Поскольку ферменты представляют собой белковые вещества, то при тепловой обработке происходит денатурация протеина, то есть его растворимость в воде или растворе КОН уменьшается. Во время обработки сои важно не только понизить антипитательные факторы,

Рис. 1. Различные методы обработки соевых бобов:

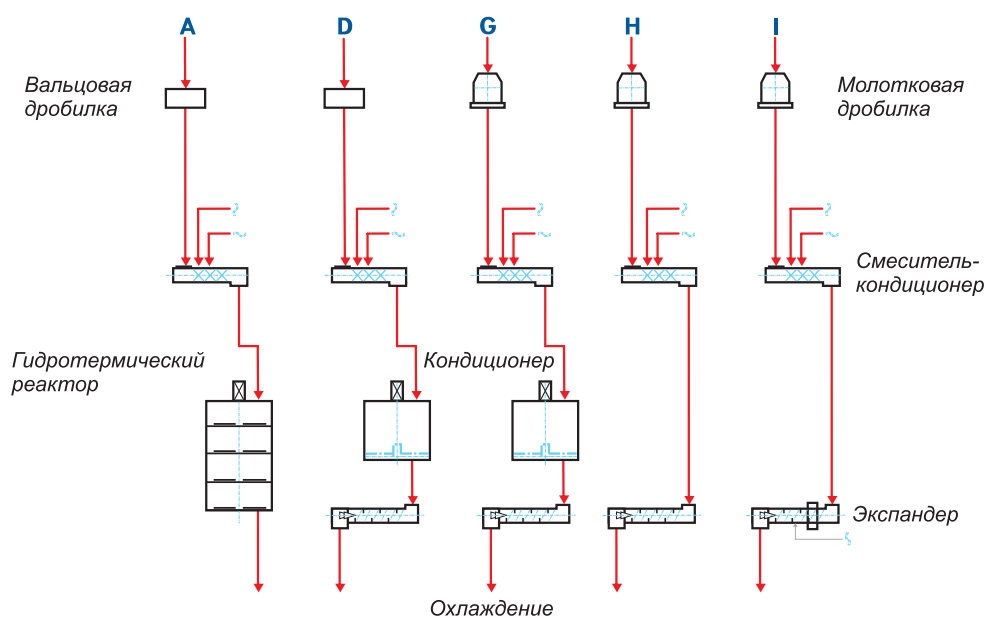
A — предварительное грубое измельчение в вальцовой дробилке и обработка в гидротермическом реакторе;

D — предварительное грубое измельчение в вальцовой дробилке, обработка в кондиционере и экспандере;

G — измельчение в молотковой дробилке, обработка в кондиционере и экспандере;

H — измельчение в молотковой дробилке, обработка в смесителе-кондиционере и экспандере;

I — измельчение в молотковой дробилке, обработка в смесителе-кондиционере и в экспандере с «гибкой» дисковой вставкой\*.



\*Эта система вызывает лучшее распределение вносимой энергии, обеспечивает более длительное пребывание в экспандере и более интенсивную обработку продукта паром.

но и сохранить как можно больше белка. Поэтому применяют показатель PDI для понятия масштаба возможного повреждения протеина.

#### Значения PDI, %

	в воде	в КОН
Необработанные, сырые бобы	80–90	> 90
При оптимальной обработке	20–30	80–85
При избыточной обработке	< 15	< 75
Для защищенного протеина для КРС	< 10	—

### ОПЫТЫ ПО ОБРАБОТКЕ СОЕВЫХ БОБОВ

В университете города Геттинген (Германия) проводили опыты по изучению влияния пяти различных видов обработки на снижение антипитательных факторов в соевых бобах (рис. 1), а также на рост бройлеров при вводе в их рацион термически обработанной сои (полножирной). Параметры обработки соевых бобов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры обработки

Способ	A	D	G	H	I
Время кондиционирования, мин	40	15	15	0,5	0,5
Температура кондиционирования, °С	100	100	100	90	90
Подача пара, кг/т	60	60	60	50	80
Удельный расход электроэнергии экспандером, кВт • ч/т	—	20	20	25	15
Температура в экспандере, °С	—	115	115	115	120

В Институте физиологии животных университета города Геттинген было изучено влияние обработанных продуктов в составе комбикормов на рост бройлеров. Чтобы результаты были корректными, птице скармливали рассыпной корм без дополнительной термической обработки. Состав и питательность комбикорма представлены в таблице 2.

Уровень антипитательных веществ в соевых бобах после обработки представлен в таблице 3.

При определении оптимальной обработки рассматривались значения антипитательных веществ и показатель PDI. Так, данные рисунка 2 демонстрируют, что обработка методом H была недостаточной, поскольку активность уреазы, показывающая, достаточно ли инактивированы ингибиторы трипсина, превышает нормируемые 0,2 ед. По индексу дисперсности протеина (PDI) можно судить о денатурации протеина или аминокислот. Оптимальное значение PDI не указывает на то, что активность ингибиторов трипсина снизилась достаточно. Это мы видим при обработке методом H: у PDI хорошее значение, а активность уреазы и ингибиторов трипсина показывает, что этого метода было недостаточно. Анализ по определению активности ингибиторов трипсина, являющийся технически очень трудоемким, должен подтверждать значения активности уреазы. Но это не всегда так, в осо-

Таблица 2. Состав и питательность комбикорма

Компонент, %	
Дробленая кукуруза	54,4
Обработанные соевые бобы	36,0
Пшеничная клейковина	5,0
Смесь минеральных веществ	3,3
Смесь витаминов	1,0
DL-метионин	0,2
L-треонин	0,1
Показатель питательности, %	
Сырой протеин	22,02
Сырой жир	9,74
Сырая зола	6,26
Сырая клетчатка	3,27
Безазотистые экстрактивные вещества	58,71
Метионин	0,55
Цистин	0,41
Обменная энергия, МДж/кг	13,38

Таблица 3. Уровень антипитательных веществ в соевых бобах после обработки

Показатель	Метод				
	A	D	G	H	I
Ингибиторы трипсина, TIU/мг с.в. <sup>1</sup>	< 1,0	2,5	3,0	15,0	8,0
Ингибиторы трипсина, мг/г <sup>2</sup>	0,070	0,093	0,095	0,322	0,138
Уреазы, мг N/г • мин <sup>3</sup>	0,03	0,12	0,22	0,80	0,10
PDI в воде, %	25	21	20	40	16

<sup>1</sup> Метод: KAKADE, модифицированный IFF (необработанное сырье 80 TIU/мг с.в.).

<sup>2</sup> Метод: van Ort u.a. (фотометрический).

<sup>3</sup> Метод: Сборник методик III, модифицированный IFF (сырье 6–8 мг N/г • мин).

бенности при обработке сои методом I. Надо сказать, что значение этих показателей необходимо всегда учитывать при обработке сырья, так как они могут существенно отличаться в зависимости от сорта и района произрастания бобов, поэтому требуются различные параметры обработки. Таким образом, анализ данных таблицы 3 показывает, что методы A, D, G и I обеспечили приемлемые результаты. При этом обработка методом H была недостаточной, а методом D — оптимальной.

Следует отметить, что для снижения активности ингибиторов трипсина и уреазы необходима влага: чем меньше влаги при ведении процесса, тем больше опасность повреждения протеина, поэтому методы сухой экструзии или обжарки являются неподходящими. Обработка в течение более длительного времени при более низкой температуре всегда наиболее бережна для продукта. Кратковременная обработка при высоких температурах находится на грани между избыточной или недостаточной обработкой.



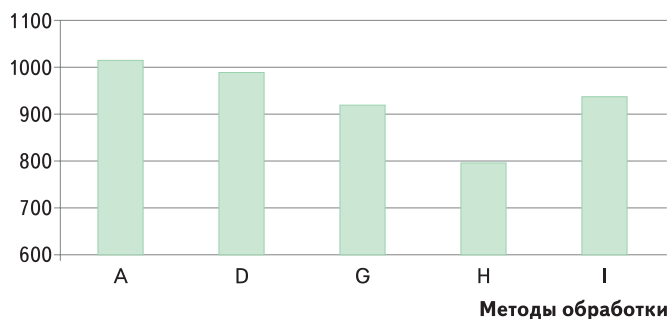


Рис. 2. Прирост живой массы за 21 сутки, г

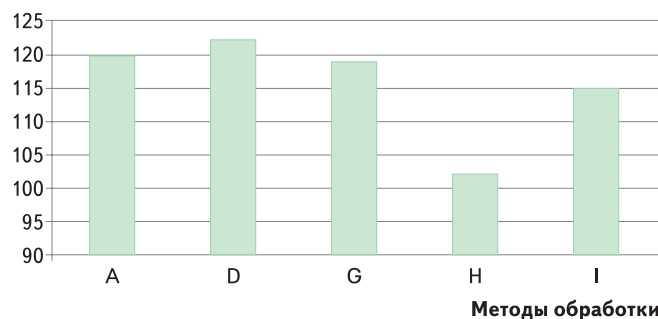


Рис. 5. Количество протеина, вносимого с 1 г корма, мг / г

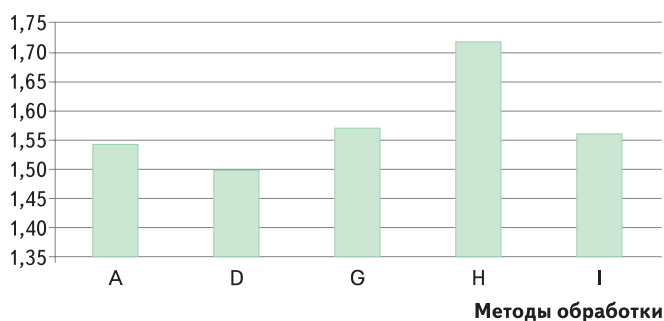


Рис. 3. Конверсия корма, кг / кг

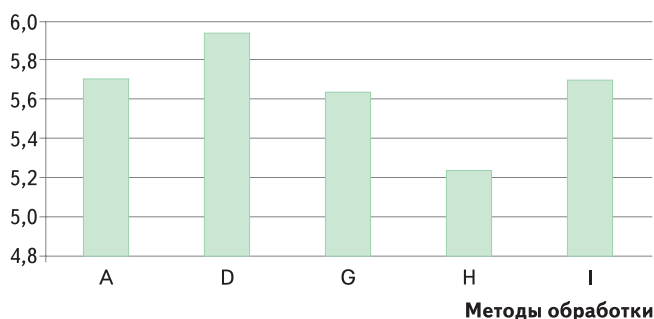


Рис. 4. Количество энергии, вносимой с 1 г корма, кДж / г

Результаты скармливания бройлерам комбикормов с соевыми бобами, обработанными разными способами, приведены на рисунках 2–5 (возраст птицы — 7–28 дней). Они подтвердили приведенные выше данные: различия между методами видны и по росту бройлеров. Обработка методом *H* здесь также не приемлема.

Аналитические данные и итоги опытов на бройлерах позволяют сделать следующие выводы. Традиционная обработка *A* при температуре 100°C в течение 40 мин приводит к наилучшим результатам по снижению ингибитора трипсина при PDI 25%. Эффективным является

сочетание 15-минутного кондиционирования с обработкой в экспандере. Это метод *D*, при котором наряду со снижением уровня антипитательных веществ происходит механическое изменение структуры клетки, и масло сои становится более доступным для животного. Обработка *D* дает лучшие результаты даже по сравнению с методом *G*, что свидетельствует о превосходстве измельчения в вальцовой дробилке над молотковой. Первые обеспечивают более равномерную обработку всех частиц продукта.

Обработка в экспандере с кратковременным кондиционированием по методу *H* демонстрирует наихудшие результаты. Это объясняется в первую очередь неполным расщеплением антипитательных веществ вследствие недостаточной обработки. Такой метод практически соответствует традиционному методу обработки в экструдере. Для полного их расщепления требуется более интенсивная обработка при более высоких температурах. Однако это приведет к низкому значению PDI и тем самым к повреждению аминокислот.

В опытах с «гибкой» дисковой вставкой и большей подачей пара получены приемлемые результаты, но они все же не сравнимы с методом *D*. Метод *I* показывает, что при уменьшении активности уреазы, сравнимым с методом *D*, не было достигнуто схожих результатов по росту птицы. Это можно объяснить как недостаточным снижением активности ингибиторов трипсина, так и более низким значением PDI.

Таким образом, 15-минутное кондиционирование при умеренной температуре 100°C в сочетании с кратковременной обработкой в экспандере, при которой происходит лучшее механическое расщепление клеток масличных культур, обеспечивает оптимальную обработку продукта. Эта система наиболее бережная, чем обычная обработка в экструдере, где процессы проходят при чрезмерном температурном режиме. ■