

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН РАПСА

М. ЛИНДЕНБЕК, д-р с.-х. наук, компания Amandus Kahl

Использование рапса и продуктов его переработки в кормлении животных становится все более привлекательным. Интерес к очищенным семенам рапса и рапсовому маслу обусловлен в первую очередь экономией затрат на корма за счет более благоприятного по сравнению с соей соотношения цен на протеин. Кроме этого, в Европейском союзе законодательно запрещено выращивание ГМ-сортов, что дает возможность производства свободных от ГМ-продуктов комбинированных кормов.

Опасение при использовании продуктов рапса вызывает в первую очередь содержание глюкозинолатов и высокой доли шелухи. Глюкозинолаты расщепляются содержащимися в растениях ферментами, такими как мирозиназа, изотиоцианаты (горчичные масла), тиоцианаты, нитрилы, гойтрины и прочие продукты распада. Эти вещества вызывают горький вкус. Превышение предельно допустимых значений антипитательных факторов ухудшает у моногастричных животных потребление корма и функцию щитовидной железы. Содержание глюкозинолатов в комбикормах не должно превышать 1,5–2 моль/г. Относительно высокая доля шелухи и повышенное содержание лигнина в составе клетчатки ограничивают пищеварение и снижают энергетическую кормовую ценность. Эти антипитательные и прочие вещества в рапсе являются при дальнейшей переработке и применении в кормлении животных лимитирующими факторами. Такие технологические

процессы, как шелушение и гидротермическая обработка (в том числе под давлением), могут противодействовать этим негативным явлениям.

ШЕЛУШЕНИЕ

По специально разработанной технологии фирмы «Шуле Мюленбау ГмбХ», которая входит в состав группы «Каль» (г. Райнбек, Германия), семена рапса после интенсивной очистки подвергаются шелушению. При последующей сепарации продукты шелушения разделяются на две фракции (рис. 1): шелуху (с небольшим содержанием тонкой фракции) и очищенное ядро зерна, которое является великолепным исходным продуктом как для извлечения из него масла, так и для применения в рационах животных, в частности моногастричных, в качестве основного источника протеина. Шелуха может использоваться в кормлении жвачных животных, поскольку в ней содержится относительно высокая доля масла (около 17%). При этом ее

экспандирование повышает переваримость клетчатки.

Благодаря технологическим операциям, начиная от шелушения до экстрагирования и экспандирования, продукт получается более высокого качества (табл. 1). Улучшается его питательная и энергетическая ценность. Доля клетчатки, в первую очередь лигнина, снижается наполовину. Содержание белка, жира, аминокислот и других питательных веществ увеличивается. Сепарирование богатой клетчаткой фракции шелухи существенно повышает усвоение аминокислот цыплятами-бройлерами (данные испытаний по откорму), а также значение кажущейся обменной энергии птицы (АМEn).

ПРЕССОВАНИЕ

Шелушенные семена рапса могут использоваться, как уже упоминалось выше, в составе рационов животных или для извлечения из них масла методом прессования с экстракцией. При получении масла шелушенные семена



Рис. 1. Семена рапса (1), смесь шелухи с тонкой фракцией (2), шелушенные семена рапса (3)

Таблица 1. Питательная ценность нешелушенных и шелушенных семян рапса, шелухи и экстракционного шрота, полученного из шелушеного рапса

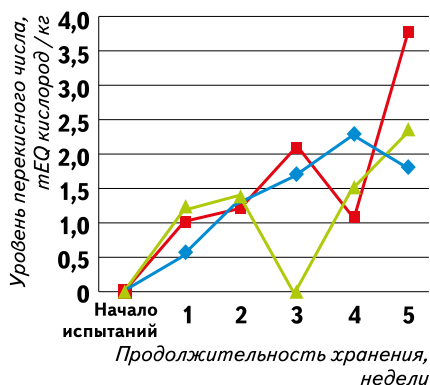
Показатель	Семена рапса		Шелуха	Экстракционный рапсовый шрот (RES)
	нативные	шелушенные		
Сухое вещество, %	93,1	94,2	88,2	91,8
Сырая зола, %	3,7	3,5	5,1	7,3
Сырой протеин, %	17,0	18,7	13,3	41,6
Сырой жир, %	42,1	52,6	16,6	2,6
Сырая клетчатка, %	17,1	12,9	24,3	6,9
Сахар, %	3,3	5,4	2,9	12,5
Крахмал, %	2,4	3,3	5,4	6,0
Образование газа (HFT*), мл/200 мг	25,0	25,9	22,8	47,2
ADF/Кислотно-детергентная клетчатка, %	39,4	32,4	48,0	9,6
Безазотистые экстрактивные вещества, %	11,2	2,5	28,9	33,4
Обменная энергия КРС, МДж/кг	15,4	17,5	10,0	12,1
NEL/Чистая энергия лактации (HFT*), МДж/кг	9,1	10,6	5,9	7,5
Обменная энергия свиней, МДж/кг	16,9	18,0	7,5	11,5
Обменная энергия птицы, МДж/кг	18,8	22,2	9,0	10,0

*HFT / Hohenhelmer Futterwet test — анализ питательной ценности по методу Гогенгеймского университета.

рапса имеют значительные преимущества по сравнению с нешелушенным сырьем и заметно улучшают качество продукта. Высокое давление и трение при классическом холодном прессовании приводят к нагреву продукта до температуры 70°C, что способствует поступлению в масло загрязняющих жиросопутствующих веществ. Кроме того, из шелухи в масло попадают и такие нежелательные компоненты, как свободные жирные кислоты, воск, слизистые, дубильные и горькие вещества, которые влияют на его качество и которые должны дополнительно отфильтровываться. При высокой концентрации свободных жирных кислот, с одной стороны, снижается выход масла, с другой — ухудшается вкус корма, и в конечном счете падает его потребление. Этот гидролитический и окислительный процесс прогоркания можно приостановить путем применения дополнительной технологической операции — термической обработки, что подтверждается испытаниями стабильности шелушеного полножирного рапса (рисунки 2 и 3). (Перекисное и кислотное числа указывают на интенсивность окисления и гидролиз.) Пробы, в сухом веществе

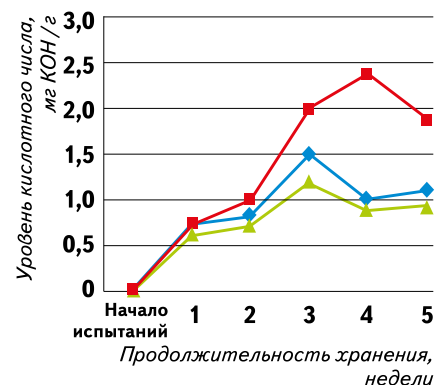
которых содержалось около 50% жира, были направлены на хранение в течение 5 недель при температуре в помещении 25°C (без термической обработки/ I вариант) и в климатическом шкафу при 38°C (необработанные/ II вариант и обработанные термически/ III вариант). Перекисное и кислотное числа стабилизировались через 5 недель. Однако в

необработанных пробах из климатического шкафа эти показатели через 5 недель значительно ухудшились. В обработанных термически пробах на второй неделе хранения наблюдалось уменьшение перекисного числа, кислотное число в этих же пробах было ниже по сравнению с другими пробами в течение всего времени испытаний.



◆ I вариант / без термической обработки, хранение при T=25°C
 ■ II вариант / без термической обработки, хранение при T=38°C
 ▲ III вариант / с термической обработкой, хранение при T=38°C

Рис. 2. Изменение перекисного числа в пробах в зависимости от их обработки и температуры хранения



◆ I вариант / без термической обработки, хранение при T=25°C
 ■ II вариант / без термической обработки, хранение при T=38°C
 ▲ III вариант / с термической обработкой, хранение при T=38°C

Рис. 3. Изменение кислотного числа в пробах в зависимости от их обработки и температуры хранения



Рис. 4. Внешний вид рапсового шрота: гранулированного (1), перед извлечением из него масла; экстракционного шелушеного (2); экстракционного экструдированного (3)

ЭКСТРАКЦИЯ

Из шелушеного полножирного рапса, благодаря незначительной доле в нем клетчатки, осуществляется оптимальное экстрагирование масла. Рапсовый жмых, полученный после холодного прессования, формуют в гранулы (рис. 4), что обеспечивает лучшее проникновение гексана. Кроме того, за счет более низкого содержания сырой клетчатки в шелушеном рапсе достигается более высокая концентрация энергии и протеина в конечном продукте — экстракционном рапсовом шроте, высококачественном источнике белка в питании животных.

ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Дальнейшее улучшение качества продукта достигается путем гидротермической обработки, которую осуществляют в зависимости от требований, предъявляемых к питанию сельскохозяйственных животных (моногастричные, жвачные). Для уточнения оптимальных параметров обработки рапса на опытной установке «Каль» были проведены испытания с экструдерной головкой при различной температуре с последующим кондиционированием в течение 20 мин. В таблице 2 представлены параметры обработки. На рисунке 5 изображена технологическая схема, использованная при испытаниях.

Экстракционный рапсовый шрот дозировался в кондиционер-смеситель. Сюда же подавались насыщенный пар и вода, которые смешивались с продуктом, нагревая его (до 90°C) и увлажняя

(до 19%). Затем шрот поступал в экструдер, при прохождении через который он подвергался высокому механическому давлению и интенсивному воздействию усилий сдвига. За счет этого трения механическая энергия привода трансформируется в тепловую энергию. Этот процесс называют также кратковременной обработкой при высокой температуре, поскольку дополнительное нагревание продукта выше температуры кипения (100°C) происходит в течение лишь нескольких секунд. На выходе из экструдера на перегретый продукт резко воздействовали давление и температура окружающей атмосферы (экспандирование), при этом часть содержащейся в продукте влаги мгновенно испарялась и его температура снижалась. Для улучшения качества

продукта использовалось дополнительное кондиционирование при температуре 100°C в течение 20 мин.

Особенности обработки рапса в экспандере/экструдере для использования в рационах моногастричных животных

Опытные параметры были выбраны таким образом, чтобы гидротермическая обработка (под давлением) соответствовала важнейшим физиологическим и питательным требованиям моногастричных животных (параметры II и III в таблице 2). Благодаря такой обработке удалось снизить уровень глюкозинолатов на 40% (табл. 3). Продукты расщепления, такие как гойтрин, сократились приблизительно на 70%. Важная для бройлеров с питательной и физиологической

Таблица 2. Параметры процесса экструдирования экстракционного рапсового шрота (после шелушения)

Вариант	Форма продукта/Температура на головке экструдера
I	Исходное сырье — экстракционный рапсовый шрот
II	Экструдат/125°C
III	Экструдат/125°C, с последующим 20-минутным кондиционированием
IV	Экструдат/145°C
V	Экструдат/145°C, с последующим 20-минутным кондиционированием

Таблица 3. Снижение уровня антипитательных веществ и растворимости протеина

Показатель	II вариант (Экструдат/125°C)	III вариант (Экструдат/125°C + 20 мин)
Глюкозинолаты, $\mu\text{моль/г}$	На 20–30%	На 30–40%
Растворимость протеина в воде (PDI), %	На 55–60%	На 60–65%
Гойтрин (винилтиооксазолон), мг/кг	На 60–65%	На 65–70%

Таблица 4. Значения стабильного в рубце протеина UDP в экстракционном рапсовом шроте (шелушеном)

I.) Исходное сырье/RES	IV.) Экструдат/145°C	Увеличение UDP, %	V.) Экструдат/145°C + 20 мин	Увеличение UDP, %
20–25	40–46	~ 100	56–60	~ 180

точки зрения растворимость протеина в воде (индекс дисперсности протеина/PDI) находилась в оптимальном диапазоне — 15–25%. Под воздействием повышенной температуры в экспандере/экструдере разрушались в рапсе и такие негативно действующие ферменты, как липаза и мирозиназа.

Особенности обработки рапса в экспандере/экструдере для использования

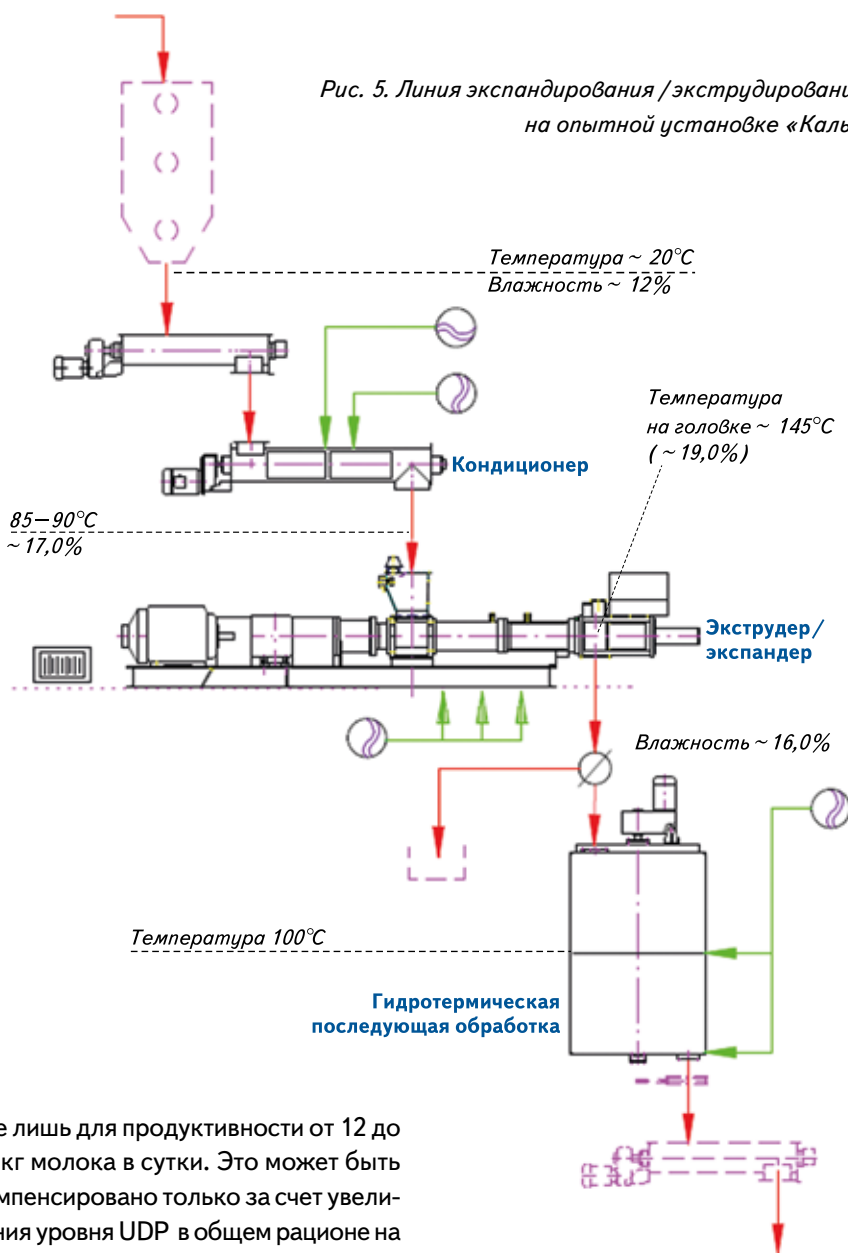
в рационах жвачных животных

Жвачные животные предъявляют другие требования к питанию, а именно — повышения доли нерастворимого в рубце протеина (UDP). При изменении параметров обработки (варианты IV и V в таблице 2) возможно во время процесса производства из того же исходного продукта получить корм, соответствующий данному виду животных. После экструдирования или экспандирования богатые протеином концентраты показывают ярко выраженный результат обработки. Так, при температуре около 100°C и средней влажности 16% при последующем дополнительном кондиционировании достигалось содержание байпасного протеина до 60% (табл. 4). Это увеличение значения UDP почти на 180% обеспечивает смещение доступности белка из рубца в кишечник, что приводит к более высокой продуктивности животных. Данное обстоятельство необходимо учитывать при составлении рациона жвачных и обеспечивать синхронное рубцу кормление, так как при молочной продуктивности 30 кг в сутки и при 25% стабильного в рубце протеина (UDP) общее содержание усвояемого протеина (нХР) будет уже недостаточным. Таким образом, с повышением продуктивности коров значение байпасного протеина возрастает, поскольку микробиологический синтез покрывает потребность в проте-

ине лишь для продуктивности от 12 до 15 кг молока в сутки. Это может быть компенсировано только за счет увеличения уровня UDP в общем рационе на 35% и выше. Следовательно, это будет способствовать снижению содержания протеина в комбикорме, например, за счет сокращения ввода соевого шрота, при той же молочной продуктивности.

В связи с недостаточным количеством источников белка для сельскохозяйственных животных необходимо эффективнее и с меньшими затратами использовать имеющиеся ресурсы. Оптимизация переработки семян рапса путем их шелушения и дальнейшей гидротермической обработки позволяет

Рис. 5. Линия экспандирования/экструдирования на опытной установке «Каль»



улучшить процесс извлечения масла, а также использовать побочные продукты в рационе животных. Снижение количества клетчатки в семенах рапса повышает их энергетическую и питательную ценность. Благодаря шелушению возможно увеличение количества рапса и рапсового шрота в рецептах комбикормов, что принесет дополнительные экономические преимущества (более низкие затраты на корма). ■