

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ФЕРМЕНТОВ НА СТРУКТУРУ НПС

**И. КНАП**, подразделение компании DSM в Швейцарии

В настоящее время животноводы всего мира большое внимание уделяют повышению продуктивности животных, улучшению условий их содержания при сохранении конкурентоспособных цен и снижении себестоимости продукции. Поэтому биологически активные компоненты кормов, повышающие биодоступность питательных веществ, играют важную роль в увеличении прибыли производителей продукции животноводства. По результатам исследований рынка кормов, около 3–5 млрд долл. США можно сэкономить при грамотном применении различных ферментов.

## Растительные источники белка

Применение белков животного происхождения экономически не всегда оправданно, так как они имеют высокую стоимость, более того, во многих странах их использование законодательно ограничено. Например, начиная с 2001 г. в ЕС не разрешается использовать мясокостную муку в качестве белковой добавки в животноводстве. Все это дало толчок развитию рынка белков растительного происхождения, которые получают при промышленной переработке семян двудольных растений на масло. Однако есть несколько негативных факторов, ограничивающих их применение в рационах животных с однокамерным желудком, поскольку они не могут полностью переваривать растительные белковые корма, так как у них отсутствуют ферменты, которые способны их расщеплять.

Для максимально эффективного использования питательных веществ шротов и жмыхов необходимо тщательно изучить их структуру, а именно химическую структуру клеточной стенки растений. Процесс извлечения масла проходит в настолько жестких условиях, что полностью разрушается структура клеточной стенки растения — источника белка. Предполагается, что дальнейшее ферментативное расщепление для высвобождения дополнительных питательных веществ не требуется. Однако это не совсем так. Как известно, соевые бобы, рапс, подсолнечник, кокосовый орех содержат некрахмалистые полисахариды (НПС). С помощью микроскопа можно увидеть, сколько НПС остается в шротах и жмыхах после выделения масла (рис. 1).

Обеспарафиненные толстые срезы интактной ткани после 0 и 3 часов обработки ферментами целых соевых бобов показаны на фотографиях *A* и *B*, соевого шрота — на фотографиях *C* и *D* (масштабная линейка 100 мкм). На них хорошо виден интенсивный желто-оранжевый цвет, обусловленный аффинностью гистохимического красителя

По прогнозу аналитической компании «ПроЗерно», урожай главной масличной культуры страны — подсолнечника — в этом году станет максимальным в истории, около 9,9 млн т («Агроинвестор», август 2016).

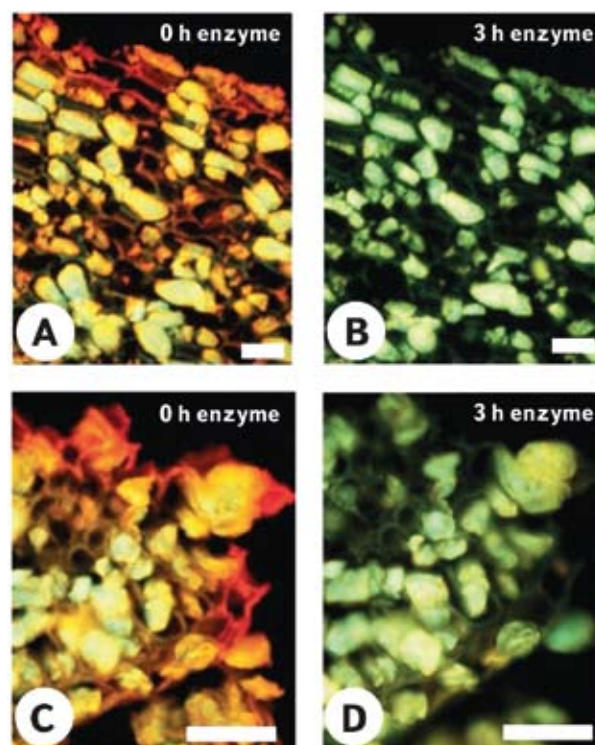


Рис. 1. Фотографии соевых бобов и соевого шрота, сделанные с помощью флуоресцентного микроскопа

корифосфина О к кислым полисахаридам и свидетельствующий о наличии пектинов в клеточной стенке сои.

## Антипитательные эффекты

Источники растительного белка, к примеру соевые бобы, содержат ряд антипитательных факторов, в том числе некоторые ингибиторы сериновых протеаз и лектины, оказывающие токсическое воздействие на животных с однокамерным желудком. Другой антипитательный фактор — наличие НПС, которые снижают переваривание корма и всасывание питательных веществ такими животными, поскольку у них отсутствуют эндогенные ферменты, способные разрушать сложную решетку клеточных стенок растительных

компонентов корма. Таким образом, важным фактором, влияющим на питательную ценность продуктов из семян масличных растений, являются нерастворимые кислые и нейтральные НПС растительной клеточной стенки.

Улучшить пищеварение и преодолеть антипитательные эффекты НПС возможно путем добавления в корм различных ферментов. Наиболее востребованным ферментом в данном сегменте является **Ронозим VP**, который расщепляет НПС шротов и жмыхов. Препарат представляет собой уникальную смесь гемицеллюлаз и пектиназ, полученных путем ферментации дикого типа микроорганизма *Aspergillus aculeatus*. Альянс производителей добавок «ДСМ»-«Новозаймс» и Копенгагенский университет (Дания) всесторонне изучили воздействие Ронозим VP на НПС, присутствующие в белках растительного происхождения.

### Повышение питательной ценности

В результате данного изучения исследователи (Педерсен и соавт.) разработали инновационную методику *in vitro*, позволяющую наглядно продемонстрировать, как кормовые добавки, в частности ферменты, работают в направлении высвобождения труднодоступных питательных веществ из корма, повышая его питательную ценность. Исследования *in vivo* подтвердили, что такой подход способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных животных.

Структура и состав клеточных стенок наиболее часто используемых в кормлении животных и птицы злаков — пшеницы, кукурузы и ячменя — относительно хорошо изучены; структура клеточной стенки таких источников белка, как соя, рапс и подсолнечник — недостаточно, поскольку намного сложнее. По существу клеточные стенки этих растений состоят из пектина, целлюлозы и гемицеллюлозы (ксилоглюканов и маннанов). Их структура различается содержанием определенных компонентов: например, пектина в соевом шроте — 6%, в рапсовом — 9, в подсолнечном — 5%.

Известно, что НПС, присутствующие в шротах, повышают связывание воды и тем самым — вязкость содержимого кишечника, снижая при этом степень всасывания питательных веществ. Все это приводит к увеличению влажности подстилки, что особенно актуально при выращивании бройлеров. Влияние на вязкость помета арабиноксиланов и бета-глюканов, содержащихся в злаковых, изучено тщательным образом, а пектина и гемицеллюлоз, содержащихся в источниках белка растительного происхождения, — очень слабо, как и их влияние на продуктивность птицы.

При тщательном рассмотрении и сравнении срезов соевого боба и соевого шрота, изображенных на рисунке 2, видно, что в соевом шроте присутствуют клеточные стенки, и они содержат белок. Поскольку в кишечнике животных с однокамерным желудком не вырабатываются ферменты, расщепляющие НПС, можно ожидать, что белок, содержащийся в интактных клеточных стенках соевого шрота, будет менее доступен для кишечных протеаз, что приведет

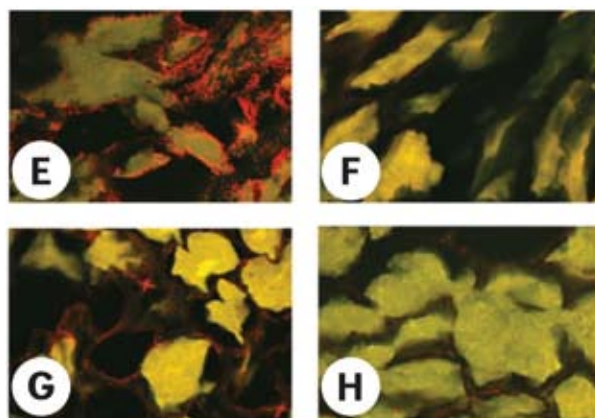


Рис. 2. Соевый шрот, окрашенный антителами к маннану и ксилоглюканам, и соевый шрот после 3 часов обработки ферментами в составе препарата Ронозим VP ( $t = 39^{\circ}\text{C}$ )

к снижению всасывания важнейших питательных веществ, в том числе аминокислот.

На рисунке 2 под буквой *E* показан соевый шрот, меченый антителами к маннану, а на рисунке *F* — он же после обработки ферментами; на рисунке *G* — соевый шрот, меченый антителами к ксилоглюканам, а на рисунке *H* — он же после обработки ферментами (масштабная линейка = 50 мкм; для подтверждения данных, полученных с применением корифосфина O, использовался альциановый синий). Если тот же образец инкубировать с многокомпонентной смесью ферментов, в данном случае препаратом Ронозим VP, то желто-оранжевая окраска исчезает в течение 3 часов при температуре  $39^{\circ}\text{C}$ , а повторное окрашивание корифосфином O не приведет к повторному появлению оранжевой окраски, что указывает на разложение пектинов. Рисунки четко демонстрируют, что гемицеллюлозные волокна входят в состав клеточной стенки соевого шрота и что их можно расщепить с помощью кормовых ферментов. Они также доказывают, что для разрушения клеточной стенки источников белка необходимо использовать несколько ферментов.

Однако следует помнить, что имеющиеся на рынке моноферментные препараты не способны полностью разрушить сложную матрицу клеточной стенки шротов и жмыхов. Для расщепления НПС, присутствующих в рационах с компонентами растительного происхождения, необходима сложная смесь нескольких карбогидраз, что обусловлено сложностью и разнообразием компонентов клеточной стенки.

Ронозим VP СТ — это единственный препарат на рынке с высокой пектиназной активностью. Он характеризуется высокой термостабильностью при гранулировании комбикормов (до  $90^{\circ}\text{C}$ ). Применение Ронозима VP СТ позволяет увеличить норму ввода более дешевого белка из растительных источников (подсолнечник, рапс, горох, люпин и др.) и снизить стоимость корма при сохранении питательности рациона и продуктивности животных. ■