# ВЗГЛЯД НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НПС-ФЕРМЕНТОВ

**Р. РЮЛЕ**, **Е. ШАСТАК**, компания BASF SE, Германия

Кормовые ферменты улучшают переваримость (Регистр кормовых добавок Европейского союза, 2003), а их матричные значения описывают и определяют количество питательных веществ, которые усваиваются и могут быть дополнительно использованы животными и птицей благодаря ферментной активности, присутствующей в одном килограмме ферментного продукта (BASF, 2014). В рецептуре корма матричные значения кормовых ферментов применяют по такому же принципу, как и характеристики питательности отдельных компонентов, например, кукурузы или соевого шрота. Использование матричных значений стало популярным среди производителей комбикормов в конце 1990-х годов, когда было установлено, что фитаза улучшает усвояемость не только фосфора, но и других питательных веществ, которые связаны фитиновой кислотой, — аминокислот, микроэлементов или углеводов. Это позволяет составлять более дешевые рецепты и генерировать более высокую прибыль.

В последние годы матричные значения все чаще приписываются ферментам, расщепляющим некрахмалистые полисахариды (НПС-ферменты), таким как ксиланазы и β-глюканазы. Однако механизм действия НПС-ферментов отличается от такового у фитаз (Simon, 2000), что значительно усложняет прогнозирование и квантификацию эффекта НПС-фермента и, соответственно, расчет надежных и точных матричных значений (Huyghebaert, 1997; Ravidran, 2013).

Существуют два подхода к использованию НПС-ферментов в кормлении птицы. Первый: НПС-ферменты могут использоваться в рецептах комбикормов без учета их влияния на усвояемость питательных веществ и/или энергии (без учета матричных значений), что приводит к незначительному удорожанию стоимости 1 т комбикорма. Этот подход схож с применением кормовых антибиотиков или пробиотиков в составе корма, которым в большинстве случаев не приписываются матричные значения (хотя на рынке появились исключения). Благодаря улучшению усвояемости питательных веществ и энергии НПС-ферменты улучшают показатели продуктивности (например, конверсию корма, среднесуточный прирост или массу яиц), что обычно компенсирует в 5—10 раз затраты на ввод фермента в комбикорм. *В этом случае производители конечной продукции получают выгоду от использования НПС-ферментов в кормах за счет улучшения продуктивности животных и птицы.* Второй подход: учитывается влияние энзима на питательную ценность сырья при оптимизации рецептов комбикормов (с учетом матричных значений). Такой подход позволяет снижать ввод, например, синтетических аминокислот и/или дорогостоящих источников энергии, таких как растительное масло или зерновые. То есть с помощью НПС-ферментов составляются более дешевые рецепты комбикорма с пониженной питательностью. Скармливание таких рационов должно давать тот же самый уровень продуктивности животного или птицы, что и стандартные (типовые) рационы, но без включения НПС-ферментов. Таким образом, матричные значения НПС-ферментов закрывают «дефицит» между пониженной питательностью рациона, содержащего ферменты, и более высокой питательностью стандартного рациона без ферментов. *Однако в этом случае финансовую выгоду от использования НПС-ферментов обычно получает производитель комбикорма, поскольку более низкие затраты на выработку корма позволяют ему увеличить производственную прибыль.* Тем не менее, требуются точные и надежные значения матрицы, чтобы избежать переоценки влияния НПС-фермента на питательную ценность кормов. В противном случае животноводы/птицеводы получат ухудшение показателей продуктивности и, следовательно, должны будут заплатить за повышенную рентабельность производителя комбикорма.

Существенными предпосылками для использования матричных значений, которые помогают точно предсказать и количественно оценить среднее влияние НПС-ферментов на усвояемость питательных веществ, являются:

- широкий спектр экспериментальных данных, позволяющих количественно оценить влияние НПС-фермента в зависимости от дозировки;
- правильные условия проведения эксперимента, которые позволяют птице или животному реагировать на ввод НПС-ферментов (например, балансовые опыты, опыты с пониженной питательностью рациона);
- аналитическое подтверждение расчетной и реализованной активности НПС-ферментов в экспериментальных кормах;

- достаточное количество повторов и дозировок НПС-ферментов, чтобы дать надлежащую статистическую оценку опытным данным;
- оценка эффективности НПС-фермента с помощью четко определенных параметров, которые могут быть непосредственно применены при составлении рационов (например, обменная энергия в мегаджоулях (МДж) или перевариваемая аминокислота в процентах (%));
- повторяемость эффекта НПС-фермента, которая позволяет дать надежный прогноз в различных условиях.

В отличие от фитаз, которые непосредственно высвобождают питательные вещества (белки, аминокислоты, микроэлементы и/или углеводы) из субстрата (фитиновая кислота), механизм действия НПС-ферментов, таких как ксиланазы и β-глюканазы, более сложный и косвенно влияет на усвояемость питательных веществ рационов. Широко признанная модель механизма действия НПС-ферментов состоит из трех основных эффектов, которые основаны на гидролизе как водорастворимых, так и водонерастворимых арабиноксиланов и β-глюканов в кормах (Simon, 2000).

*Первый механизм действия:* водорастворимые НПС увеличивают вязкость химуса в желудочно-кишечном тракте, что снижает скорость прохождения корма через пищеварительный тракт и, следовательно, потребление корма птицей или свиньями. Кроме того, питательные вещества становятся менее доступными для гидролиза ферментами из-за более высокой вязкости химуса, что ухудшает усвояемость питательных веществ и энергии корма. Снижение вязкости содержимого (химуса) в тонком кишечнике считается доминирующим механизмом действия НПС-ферментов у птицы. Например, в одном из исследований установлено, что у бройлеров в 21-дневном возрасте при скармливании рациона на основе пшеницы (60%) вязкость химуса в тонком отделе кишечника составляла: без ферментов — 3,469 сР (сантипуаз), с ферментным препаратом **Натугрэйн® TS** (ксиланаза и β-глюканаза) в дозе 100 г на 1 т корма — 2,517 ($P < 0,05$).

*Вторым процессом*, который происходит одновременно, является частичный гидролиз водонерастворимых НПС, расположенных главным образом в клеточных стенках. Нерастворимые НПС в качестве составляющих клеточных стенок часто ограничивают доступ к питательным веществам внутри клеточной мембраны («эффект клетки»). Если нерастворимые НПС клеточной стенки расщепляются с помощью НПС-ферментов, высвобождаемые питательные вещества становятся доступными для пищеварительных ферментов.

Наконец, *третий механизм действия*: ввод НПС-ферментов в рацион и частичный гидролиз НПС могут благоприятно модифицировать состав кишечной микрофлоры. Известно, что некоторые штаммы производят ферменты, способные деконъюгировать желчные кислоты (Feighner и Dashkevicz, 1988). Однако желчные кислоты необходимы для образования мицелл, которые требуются для абсорбции жирных кислот через стенку кишечника и для высокой усвояемости жиров. НПС-ферменты за счет гидролиза НПС и формирования определенных олигосахаридов могут смещать популяции бактерий в сторону благоприятных микроорганизмов (бифидобактерии), которые не деконъюгируют или деконъюгируют желчные кислоты в меньшей степени. Это улучшает усвоение жиров и энергии.

Различные зерновые культуры содержат не только разные концентрации НПС, но также значительно отличаются по пропорции водорастворимых и водонерастворимых НПС (табл. 1). В связи с этим НПС-ферменты обычно более выраженно влияют на питательную ценность рационов, содержащих рожь, пшеницу или ячмень, по сравнению с кормами на основе кукурузы или сорго, которые имеют низкую концентрацию водорастворимых НПС (Marquardt и соавт., 1994). Кроме того, не только тип зерновых культур, но и различные сорта одних и тех же зерновых могут различаться по содержанию водорастворимых НПС, соответственно, эффект НПС-ферментов также будет различным (Jeroch и соавт., 1995; Dusel и соавт., 1997; Dusel и соавт., 1998; Huyghebaert и Schoener, 1999), о чем свидетельствуют данные таблиц 2 и 3.

**Таблица 1. Общее содержание ксилана в некоторых компонентах и его водорастворимость** *(Патридж, 2014)*

| Компонент | Общее содержание ксилана, % | Водорастворимый ксилан, % от общего | Водонерастворимый ксилан, % от общего |
|---|---|---|---|
| Пшеница | 6,0 | 25 | 75 |
| Кукуруза | 3,9 | 8 | 92 |
| Рожь | 8,5 | 33 | 67 |
| Ячмень | 7,4 | 12 | 88 |
| Пшеничные отруби | 20,9 | 7 | 93 |
| Соевый шрот | 3,8 | 21 | 79 |
| Рапсовый шрот | 6,5 | 22 | 78 |
| Подсолнечный шрот | 7,9 | 13 | 87 |

Более того, реакция на ввод фермента зависит от уровня продуктивности птицы. Если показатели низкие из-за плохого ведения хозяйства и неудовлетворительной гигиены, неадекватного кормления или из-за стресса, то «реакция» показателей продуктивности или переваримости питательных веществ на ввод НПС-ферментов будет более выраженной (Ravidran, 2013).

При гидротермической обработке комбикорма, например при гранулировании, водонерастворимые НПС превращаются в водорастворимые (Abdollahi и соавт., 2010) и увеличивается вязкость корма. На рисунке показано влияние температуры кондиционирования на содержание водорастворимых НПС в рационе на основе пшеницы (65%) и соевого шрота (23%).

**Таблица 2. Влияние добавки Натугрэйн на содержание обменной энергии в пшенице (для птицы)**

| Сорт (условный) пшеницы | Обменная энергия, МДж /кг | | |
|---|---|---|---|
| | Рацион без Натугрэйна | Рацион с Натугрэйном | Улучшение благодаря вводу Натугрэйна, % |
| 1 | 11,99 | 12,37 | +3,2 |
| 2 | 12,21 | 12,74 | +4,3 |
| 3 | 11,46 | 12,14 | +5,9 |
| 4 | 11,76 | 12,11 | +3,0 |
| 5 | 11,78 | 12,71 | +7,9 |
| 6 | 12,01 | 12,63 | +5,2 |
| 7 | 11,75 | 12,27 | +4,4 |
| 8 | 11,31 | 12,56 | +11,1 |
| *Среднее значение* | 11,80 | 12,44 | +5,4 |

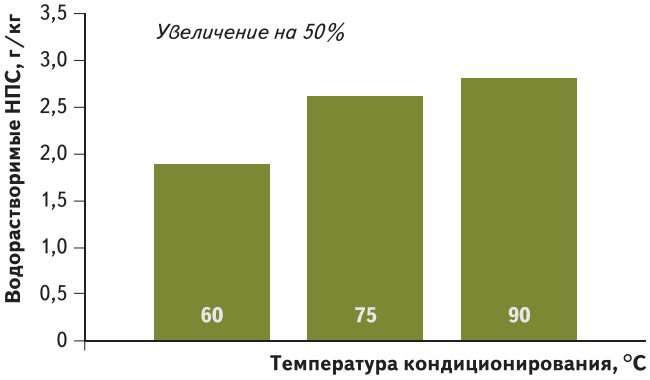
Таким образом, при вводе НПС-ферментов в гранулированный комбикорм достигается более выраженный эффект по сравнению с добавлением фермента в необработанный комбикорм (Cowieson и соавт., 2005). При вводе НПС-фермента в термически обработанные корма или содержащие обработанные таким же образом компоненты происходит 3—4-кратное снижение вязкости по сравнению с добавлением ферментов в необработанный рацион или с необработанными компонентами (de Vries и соавт., 2012). В результате в термообработанных рационах в 1,5—6 раз больше было влияние фермента на перевариваемость НПС.

Другим фактором, который усложняет прогнозирование эффектов НПС-ферментов и расчет матричных значений, является добавление жиров или растительных масел в комбикорм. Хотя эти жидкие компоненты не изменяют количество субстрата в корме, которое может быть расщеплено НПС-ферментами, и не влияют на активность введенных НПС-ферментов, но значительно воздействуют на их эффективность. Это включает как качественный, так и количественный аспект. Langhout и соавт. (1997) продемонстрировали, что влияние эндо-ксиланазы на обменную энергию рациона для бройлеров, содержащего 6% животного жира, более чем в 3 раза превышает это влияние в рационе с соевым маслом. Данные наблюдения были подтверждены Daenicke и соавт. (1999). Кроме того, чем выше содержание жира в рационе, тем больше высвобождается энергии благодаря вводу НПС-ферментов. Так, коммерческая ксиланаза в 3 раза увеличила уровень обменной энергии в комбикорме для бройлеров, содержащем 10% животного жира, по сравнению с таким же комбикормом без добавления жира (Daenicke и соавт., 1997). Аналогичные выводы у Hyghebaert (1997), который изучал влияние взаимодействия пшеницы и вида жира (растительный или животный) на эффективность мультиферментного препарата для бройлеров.

**Таблица 3. Влияние уровня обменной энергии пшеницы на эффективность ксиланазы у бройлеров**

| Обменная энергия, ккал/кг | Количество опытов | Улучшение благодаря вводу ксиланазы, % |
|---|---|---|
| Менее 2870 | 12 | 11 (5—22) |
| 2870—3350 | 18 | 5 (0—9) |
| Более 3350 | 15 | 1 (0—3) |

*Примечание. Значения в скобках показывают диапазон результатов, полученных в разных опытах.*




*Влияние температуры кондиционирования на содержание водорастворимых НПС*

Наконец, когда матричные значения для НПС-ферментов применяются в программах оптимизации рационов, обычно предполагается линейность эффектов в зависимости от дозы фермента (первый механизм действия НПС-ферментов) и аддитивность с матричными значениями других ферментов, таких как фитазы (второй механизм действия). Однако эксперименты с различными дозами продукта Натугрэйн TS в рационах бройлеров, коммерческого источника эндо-ксиланазы и эндо-β-глюканазы, наглядно демонстрируют криволинейное уменьшающее действие на показатели продуктивности с возрастающей дозировкой, подобно нелинейным эффектам фитаз на высвобождение фосфора (BASF, 2007). Таким образом, потенциальные матричные значения НПС-фермента необходимо дифференцировать в зависимости от уровня его дозировки. В противном случае эффекты НПС-ферментов в теории будут переоценены при более высоких дозах ввода в корм.

В заключение отметим: в теории матричные значения НПС-ферментов при оптимизации рационов должны быть аддитивными с другими кормовыми ферментами, такими как фитазы, поскольку математический алгоритм линейного программирования предполагает полную аддитивность питательности по каждому компоненту корма (например, 1 + 1 = 2 или 1 + 1 + 1 = 3). По оценкам, более 90% всех рационов птицы в Европе содержат фитазу. Однако большинство экспериментов по изучению влияния НПС-ферментов на различные показатели были проведены без одновременного использования фитазы в рационах. Если результаты опытов, проведенных без добавления фита-

зы, используются для расчета значений матрицы НПС-ферментов, и эти матричные значения применяются к содержащим фитазу рационам, предполагающим полную аддитивность со значениями матрицы фитазы, существует риск переоценки эффектов НПС-ферментов. Многочисленные эксперименты, проведенные с добавлением лишь фитазы или только НПС-ферментов, а также при одновременном вводе фитазы и НПС-ферментов в рацион, показывают, что влияние ферментов на энергетическое содержание кормов является лишь частично аддитивным или аддитивность отсутствует (Ravidran и соавт., 1999 Selle и соавт., 2003; Selle и соавт., 2009). В связи с этим потенциальные матричные значения необходимо дифференцировать между применением лишь НПС-фермента или комбинированным использованием НСП-фермента с другим ферментом, таким как фитаза.

Очевидно, что многие факторы, влияющие на эффективность НПС-ферментов в кормах для птицы или свиней, не позволяют применять единичное значение матрицы для отдельного НПС-фермента, используемого в различных условиях. Если это происходит, то принимается значительный риск переоценки эффекта НПС-фермента и, следовательно, при определенных условиях признается ухудшение показателей продуктивности, поэтому матричные значения НПС-ферментов должны учитывать основные факторы, влияющие на их эффективность. Это может быть тип злаковых, источник жира и их уровень в рационе, гидротермическая обработка корма, такая как гранулирование, и потенциальное сочетание НПС-фермента с другими ферментами в комбикормах, такими как фитазы. Поскольку производители НПС-ферментов не обладают полной информацией об индивидуальных условиях на птицеводческих и свиноводческих предприятиях, в которых их продукты применяются на практике, они не могут достаточно точно дать определение касательно общепринятых значений матрицы. Таким образом, окончательное решение о правильности матричных значений для НПС-фермента должно приниматься специалистом по кормлению, который составляет рецепты комбикорма с учетом матричных значений отдельных компонентов, знает условия использования фермента и несет ответственность как за биологическую, так и экономическую эффективность корма. ■

## ИНФОРМАЦИЯ

**Российско-голландская** компания De Heus планирует построить завод по производству комбикорма для рыбы во Владимирской области. Объем инвестиций в проект оценивается в 2 млрд руб., сообщил ТАСС генеральный директор компании Александр Матвеев. Проектирование и заключение договоров по строительству планируется начать в течение месяца, а срок реализации проекта составит около 1,5 года. Запустить предприятие рассчитывают в конце 2019 г. Завод расположится в километре от действующего в Лакинске предприятия по производству премиксов и кормовых добавок. Мощность предприятия составит 50 тыс. т в год. При этом объем российского рынка по данному направлению, по словам Александра Матвеева, оценивается в 300 тыс. т комбикорма. Основными потребителями продукции, как ожидается, станут рыбоводческие предприятия Мурманской области и Кавказа.

**Строительство завода** по выращиванию угря началось в районе имени Лазо в Хабаровском крае. Производственный комплекс будет выпускать до 700 т рыбы в год. Об этом ТАСС сообщили в администрации района. Конечным продуктом будет рыба в замороженном либо свежемороженом виде, отходы от производства будут перерабатываться в корма и удобрения. Инвестор — рыборазводная компания «Амурсталь-Центр» — готов вложить в проект в общей сложности 1,2 млрд руб. Строительство основных объектов завода должно завершиться к концу этого года, запуск производства намечен на 2019 г.

*По материалам tass.ru/ekonomika/*

**Угорь, благодаря высоким** вкусовым качествам, относится к ценным видам рыб (содержание белка в мясе составляет 11—17%, жира — 22—32%). В нашей стране его выращивают в садках и бассейнах на водоемах-охладителях. Но при любой системе выращивания успех зависит от кормления. Угорь — типичный хищник, поэтому корма должны включать в основном компоненты животного происхождения. Основу рациона составляет комбикорм (60—70%) и свежая рыба. Комбикорма должны содержать 48—50% протеина и 21—23% жира, что обеспечивает обменную энергию на уровне 18—19 МДж/кг. По содержанию витаминов, минеральных веществ и микроэлементов эти корма мало чем отличаются от форелевых. Основным компонентом в рационе угря является рыбная мука, среди других компонентов используют крилевую муку, соевый шрот, витазар, глютен, крахмал и премикс. Перед раздачей комбикорм замешивают до консистенции тягучего теста, добавляя воду и жир, и раскладывают на аэрокормушки, расположенные на поверхности воды. При кормлении свежей рыбой ее связывают в пучки по 10—20 кг и опускают в места кормления. Угорь тщательно объедает мышцы рыб, оставляя лишь скелет. Кормить угря начинают при температуре 12°С; молодь кормят 2—3 раза в день, на втором году жизни угря кормят 1 раз в сутки. На 1 кг прироста расход сухих кормов достигает 1,4—2,0 кг, кормовой рыбы — 6—8 кг. Угря можно выращивать также в прудах совместно с карпом.

*По материалам arktikfish.com*