

АДДИТИВНОСТЬ И ИНФЛЯЦИЯ МАТРИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФЕРМЕНТОВ

Е. ШАСТАК, д-р аграр. наук, компания BASF SE, Германия

В статье кратко изложена базовая информация по использованию ферментов и их матричных значений в кормлении животных и птицы.

Матричные значения ферментов показывают величину высвобождения питательных веществ корма при использовании в рационе фермента или ферментов (Барлетта, 2010). Обычно матричные значения в зависимости от типа фермента (фитаза, ксиланаза, протеаза и др.) приводятся для фосфора, кальция, протеина, энергии, аминокислот и некоторых микроэлементов.

Аддитивность матричных значений

Аддитивность в упрощенной форме — это когда $1 + 1 = 2$. Например, примем условно, что матричные значения по энергии для 100 ед. фитазы и 100 ед. ксиланазы — по 10 ккал на 1 кг корма, тогда в случае аддитивности матричных значений обоих ферментов при вводе их в один рацион получим 20 ккал/кг. К сожалению, в отношении ферментов в реальности получается, что $1 + 1 < 2$.

Более того, возможны варианты данного уравнения, когда $1 + 1 = 1$ (10 ккал + 10 ккал = 10 ккал). Здесь матричные значения не являются аддитивными.

Допускается и такой вариант: $1 + 1 = 0,5$ или 0 (10 ккал + 10 ккал = 5 ккал или 10 ккал + 10 ккал = 0 ккал). В этом случае матричные значения антагонистические. Это происходит, например, при использовании в рационе определенных протеаз и фитазы. Поскольку фермент фитаза, как и все энзимы, — это протеин, то некоторые экзогенные протеазы (активные в кислой среде) могут расщеплять фитазу на уровне желудка, тем самым инактивируя ее.

Последний вариант — это когда $1 + 1 > 2$. Здесь матричные значения являются синергетическими. Это, конечно, был бы идеальный вариант на практике. Теоретически его можно даже объяснить: фитат в некоторых кормовых компонентах зачастую связан волокнистыми структурами. Поэтому, например, ксиланаза или/и глюканаза могут высвобождать фитат из таких структур, делая его более доступным для фитазы. К сожалению, в настоящее время отсутствуют научные данные, подтверждающие синергизм ферментов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы.

Здесь хотелось бы подчеркнуть, что в нашем уравнении мы рассматривали лишь два фермента. При включении в рацион трех и более энзимов или ферментных продуктов понятие аддитивности еще более усложняется.

Почему для ферментов $1 + 1 < 2$?

Как и для многих других жизненно важных процессов, ценность (условно «матричное значение») ферментов соответствует закону убывающей отдачи. Это означает, что эффект (матричное значение) одного фермента практически никогда не будет аддитивным с эффектом другого фермента, если только субстрат и соответствующие высвобождаемые питательные вещества в рационе вообще не пересекаются и никак не связаны друг с другом (Ковисон и Бедфорд, 2009). Если рассматривать матричное значение по энергии нескольких ферментов в одном рационе, лишь энергетический эффект первого (например, ксиланазы или фитазы) будет полным, эффект всех остальных ферментов в рационе ограничивается частичным наложением на эффект первого (в данном случае ксиланазы или фитазы).

Для иллюстрации приведем пример Ковисона и Бедфорда (2009) по использованию матричного значения по лизину при вводе в рацион трех ферментов: фитазы, ксиланазы, протеазы. Общее содержание лизина в рационе составляет 1,23%, переваримого — 1,15%, непереваримого — 0,08%. Возьмем матричные значения по лизину для некоторых ферментов согласно заявленным производителем: 0,017% для фитазы, 0,024% для ксиланазы и 0,048% для протеазы. Если матричные значения аддитивны, то получим 0,089% ($0,017\% + 0,024\% + 0,048\%$). Видно, что данное значение (0,089%) нереальное, так как оно превышает количество непереваримого лизина в рационе (0,08%), естественно, матричные значения здесь не могут быть аддитивны. Более того, лишь часть (в среднем не более 50%, то есть 0,04%) непереваримого лизина может быть высвобождена и переварена благодаря включению ферментов в рацион. Поэтому в теории матричное значение для фитазы в данном случае могло бы быть 0,017% (как упомянуто выше, полная матрица возможна лишь для одного фермента в соответствии с законом убывающей отдачи), для ксиланазы 0,010%, для протеазы 0,013% ($0,017\% + 0,010\% + 0,013\% = 0,04\%$). Конечно, на практике все намного сложнее, особенно при использовании ферментов разных производителей или при применении так называемых ферментных коктейлей.



Инфляция матричных значений ферментов — это общее и постоянное увеличение матричных значений ферментов, зачастую несоразмерное с увеличением эффективности самих энзимов в кормлении животных и птицы. Проще это можно объяснить так: у кого матричные значения больше, у того и преимущество. Поэтому некоторые производители ферментов пытаются задавать матричные значения как можно выше, чтобы быть более «конкурентоспособными». Это и ведет к так называемой инфляции. В большинстве случаев матричные значения более или менее объективны и базируются на результатах научных экспериментов. Иногда предлагаемые цифры (матрица) находятся на грани фантастики. Например, в России матричные значения по энергии для некоторых НПС-ферментов доходят до 600 ккал на 1 кг бройлерного рациона при дозировке 100 г продукта на тонну комбикорма.

Согласно Ковисону (2010) в 1 кг кукурузно-соевого рациона содержится 400–450 ккал неперевариваемой энергии, которая потенциально может быть высвобождена путем ввода в него фермента или ферментов. В соответствии с данными научной литературы использование ксиланазы и фитазы в рационе максимально может сгенерировать около 120 ккал перевариваемой обменной энергии на 1 кг (максимум 25% от неперевариваемой фракции — 400–450 ккал). Достичь сегодня более высоких значений (более 120 ккал) невозможно в отношении кукурузно-соевых рационов. Нетрудно понять, что 400–450 ккал неперевариваемой энергии частично состоят из сырой клетчатки. Поскольку практически все ферменты, используемые в кормлении животных и птицы, являются эндоэнзимами, соответственно, они не могут и не будут генерировать моносахариды с энергетической ценностью для организма. Образующиеся в результате гидролиза, например, клетчатки олигосахариды с β -связями между молекулами глюкозы не могут быть использованы моногастричными животными в качестве источника энергии.

Для рационов, содержащих кроме кукурузы и соевого шрота другие компоненты (пшеница, ячмень, подсолнечный, рапсовый шрот/жмых и др.), количество неперевариваемой энергии может быть выше 450 ккал на 1 кг рациона. Но, опять же, лишь часть ее может быть высвобождена за счет включения в рацион двух и более ферментов. В настоящее время для пшенично-соевых рационов максимум по генерированию обменной энергии на 1 кг рациона с помощью ферментов будет находиться в пределах 150–200 ккал. При этом хотелось бы подчеркнуть, что такие значения возможны на практике не всегда, а только при определенных условиях.

Действительно ли ферментные комплексы лучше, чем одиночные ферменты?

Согласно Масей О'Нил и соавт. (2014) разнообразие ферментных активностей в рационе, возможно, не нужно и даже может потенциально иметь негативный эффект. Тем не менее многие специалисты по кормлению животных

утверждают, что ферментные комплексы эффективнее одиночных ферментов. Посмотрим критически на экспериментальные данные за последние два десятилетия. Обычно в них сравнивают рацион, не содержащий ферментные комплексы (контроль), с таким же рационом, но с включением мультиферментного продукта, скажем, с семью ферментными активностями: ксиланазой, глюканазой, маннаназой, целлюлазой, амилазой, протеазой и пектиназой. Если наблюдается улучшение показателей продуктивности в группе, получающей корма с ферментным комплексом, то такой продукт, как правило, считают эффективным. Хорошо. Но был ли этот позитивный эффект результатом действия лишь одного фермента в ферментном комплексе, двух или всех вместе? Из данного примера это узнать невозможно.

Ответить на данный вопрос, возможно, позволит пример (Масей О'Нил и соавт., 2014), в котором необходимо сформировать несколько групп (рационов). Например:

- *рацион без ферментов (контроль);*
- *контроль + ферментный комплекс (ксиланазы, глюканазы, маннаназы, целлюлазы, амилазы, протеазы и пектиназы);*
- *контроль + ксиланазы;*
- *контроль + глюканазы;*
- *контроль + маннаназы;*
- *контроль + целлюлазы;*
- *контроль + амилазы;*
- *контроль + протеазы;*
- *контроль + пектиназы;*
- *контроль + ксиланазы + глюканазы;*
- *контроль + ксиланазы + глюканазы + маннаназы;*
- *контроль + ксиланазы + глюканазы + маннаназы + целлюлазы;*
- *контроль + ксиланазы + маннаназы + целлюлазы + амилазы;*
- *контроль + глюканазы + маннаназы + целлюлазы + пектиназы...*

и так далее, до тех пор пока мы не исчерпаем все возможные варианты.

Понятно, что провести такой эксперимент с таким количеством экспериментальных групп нереально. Поэтому заключение о том, что ферментные комплексы эффективнее, чем одиночные энзимы, не всегда оправдано.

Заключение

В целом, переоценка матричных значений ферментов и их неоправданная инфляция на практике могут привести к ухудшению продуктивных показателей и к финансовым потерям производителей. Следовательно, расчет экономии на тонну комбикорма за счет использования матричных значений фермента/ферментов, без учета показателей продуктивности, а именно затраты на единицу произведенной продукции, не является объективным подходом в кормлении животных и птицы. ■