

ФИТАТ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

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

Экзогенная фитаза — наиболее распространенный фермент в кормлении нежвачных животных. Первая в мире коммерческая фитаза Натифос, способная расщеплять фитат, была представлена в Нидерландах в 1991 г. Сегодня глобальный рынок фитаз оценивается почти в 350 млн долл. США. К 2020 г. он может превысить 500 млн долл.

В отличие от многих других ферментов целесообразность использования фитазы в рационах моногастричных животных и птицы является доказанной и неоспоримой. Тысячи научных публикаций подтверждают высокую эффективность данного энзима при самом разном составе рационов, поскольку большая часть фосфора практически во всех растительных компонентах корма находится в форме фитатов (InsP_6) — солей фитиновой кислоты (рис. 1).

В рационах моногастричных содержится от 2,5 до 4 г фитатного фосфора на 1 кг корма (табл. 1). Фитаза снижает антипитательный эффект фитата,

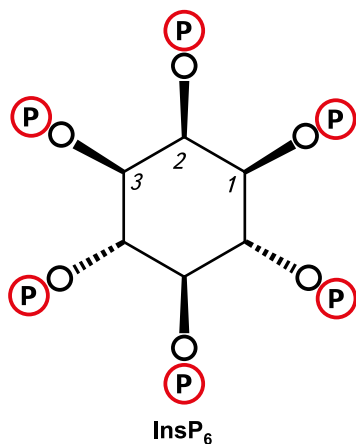


Рис. 1. Молекула фитата (InsP_6), состоящая из мио-инозитола и шести фосфатных групп (Родехутсгорд и др., 2012)

Таблица 1. Среднее содержание общего и фитатного фосфора в некоторых компонентах комбикормов (Селле и Равиндран, 2007)

Компонент	Общий фосфор, г/кг	Фитатный фосфор, г/кг	Доля фитатного фосфора в общем фосфоре, %
Пшеница	3,1	2,2	71
Ячмень	3,2	2,0	63
Кукуруза	2,6	1,9	73
Рапсовый шрот	9,7	6,5	67
Подсолнечный шрот ¹	11,9	7,6	64
Соевый шрот	6,5	3,9	60
Пшеничные отруби	11,0	8,4	76

¹CVB, 1997.

улучшает переваримость фосфора, кальция, аминокислот, усвояемость энергии.

Почему фитат считается антипитательным веществом

Фитат является основной формой хранения фосфора в семенах и присутствует во всех клетках растений. Он накапливается во время роста до момента созревания семян и составляет 60–90% от общего содержания фосфора в злаковых, бобовых и масличных культурах (Гонзалес-Кордова и др., 2016). При необходимости рас-

тения способны с помощью растительных фитаз высвободить связанный фитатом фосфор и использовать его для потребностей метаболизма. Фитатный фосфор усваивается в организме свиней и птицы лишь частично из-за отсутствия достаточного количества эндогенной фитазы. Можно сказать, что в какой-то мере фитат приводит к «голоду» свиней и птицы, поскольку он связывает важные питательные вещества и снижает их усвояемость. В результате ухудшаются показатели продуктивности (Войенго и Найакоти, 2013). Так, увеличение количества

Таблица 2. Влияние фитата на прирост живой массы бройлеров и поросят

Вид животных и птицы	Начальный возраст, дни	Продолжительность опыта, дни	Содержание фитата в рационе, г/кг		Снижение прироста живой массы, %
			контрольная группа	опытная группа	
Бройлеры ¹	1	21	7,8	15,7	5
Бройлеры ²	1	28	7,8	15,7	3
Бройлеры ³	8	14	0,0	16,5	28
Бройлеры ⁴	7	18	10,4	15,7	7
Молодняк кур ⁵	28	18	0,0	16,5	44
Поросята ⁶	25	21	0,0	20,0	37

¹Луу и др., 2008а; ²Луу и др., 2008б; ³Луу и др., 2009; ⁴Онаинго и Адеола, 2009; ⁵Шан и Дэвис, 1994; ⁶Вайенго и др., 2012.

фитата в рационах, не содержащих фитазу, может приводить к снижению среднесуточных приростов живой массы бройлеров на 3–28% (Лиу и др., 2008а; Лиу и др., 2008б; Лиу и др., 2009; Олайнго и Адеола, 2009), среднесуточных приростов массы молодняка кур до 44% (Шан и Дэвис, 1994), а среднесуточных приростов массы поросят до 37% (Войенго и др., 2012) (табл. 2). Но это препятствие можно устранить с помощью экзогенной фитазы, что позволяет современным высокопродуктивным бройлерам и свиньям полностью реализовывать их генетический потенциал (Селле и др., 2015).

Одна молекула фитата имеет шесть остатков фосфорной кислоты, связанных с инозитольным кольцом, и способна принимать или отдавать до 12 протонов. В пищеварительном тракте моногастрических животных и птицы все остатки фосфорной кислоты в молекуле фитата в большинстве случаев находятся в форме анионов. Поэтому фитат способен связывать ди- и тривалентные катионы металлов и образовывать с ними стабильные соединения, тем самым снижая их биодоступность (Войенго и Найахоти, 2013). Уже в 70–80-х годах прошлого века (Девис и Олпин, 1979; Лион, 1984) продемонстрировано, что добавка фитата в минеральный раствор солей при нейтральном уровне pH приводит к преципитации 99,5% цинка, 91% меди, 80% марганца, 75% железа, 83% кальция и 62% магния. Большая часть соединений фитата и катионов металлов находится в растворимом состоянии при значении pH ниже 5, соответственно комплексообразование последних в ЖКТ преимущественно происходит при более высоком значении pH, а именно в тон-

ком кишечнике. При этом фитат способен не только связывать поступающие с кормом минеральные вещества, но и забирать их у различных эндогенных ферментов, в которых данные металлы являются кофакторами, тем самым инактивируя эти ферменты в ЖКТ (Войенго и Найахоти, 2013). В частности, кальций — кофактор в ферменте α -амилаза, которая вырабатывается поджелудочной железой; цинк — кофактор в щелочной фосфатазе, аминопептидазе и карбоксипептидазе.

В кислой среде (например, в желудке), где значение pH ниже изоэлектрической точки белков, полианионная молекула фитата обладает отрицательным зарядом и имеет возможность формировать сильные связи с положительно заряженными группами аминокислот лизина, аргинина и гистидина (Хуммер и др., 2014). Такие реакции могут приводить к выпадению в осадок комплексных соединений фитата и белков. Протеолитические ферменты в ЖКТ (пепсин, трипсин, химо tripsин) способны лишь ограниченно расщеплять соединения «фитат-белок». Из-за этого больше переваренного протеина поступает в нижние отделы ЖКТ. Более того, фитат способен связывать ферменты липазу и α -амилазу в тонком отделе кишечника, тем самым снижая переваримость крахмала и жиров.

Наличие переваренного корма в нижних отделах кишечника, а также деактивация пищеварительных ферментов ведут к увеличению секреции последних через механизм обратной связи (Мориссет, 2008). В свою очередь это усиливает секрецию муцина в ЖКТ, соляной кислоты в желудке и, соответственно, поджелудочного сока

для ее нейтрализации в двенадцатиперстной кишке (Войенго и Найахоти, 2013). В результате происходят ненужные потери энергии и аминокислот для синтеза дополнительного количества пищеварительных ферментов, секретов и муцина в организме.

Фитат также снижает абсорбцию натрия в тонком кишечнике и увеличивает его эндогенные потери (Ковиссон и др., 2004), тем самым он может препятствовать абсорбции глюкозы, галактозы и аминокислот, поскольку данный щелочной металл (Na^+) вовлечен в процесс их активного транспорта через стенку кишечника (Хуммер и др., 2014). Все это говорит о том, что фитат — ярко выраженный антипитательный фактор, отрицательно влияющий на продуктивность, усвоение макро- и микроэлементов, белков, жиров, крахмала и доступность энергии в ЖКТ моногастрических животных и птицы.

Устранение фитата путем ввода экзогенной микробной фитазы

Все фитазы можно разделить на два класса: кислые с оптимальным значением pH 3,0–5,5 и щелочные с pH 7,0–8,0 (Йин и др., 2007; Хуммер и др., 2014). Коммерческие фитазы, используемые в кормлении, относятся к классу кислых фитаз. Соответственно, основными отделами пищеварительного тракта, в которых действуют фитазы, являются желудок у свиней и зоб, железистый и мускульный желудки у птицы.

Молекула фитата состоит из одной молекулы *мио*-инозитола, с которой соединены шесть фосфатных групп (рис. 2).

Мио-инозитол — это шестиатомный спирт циклогексана, незаменимый

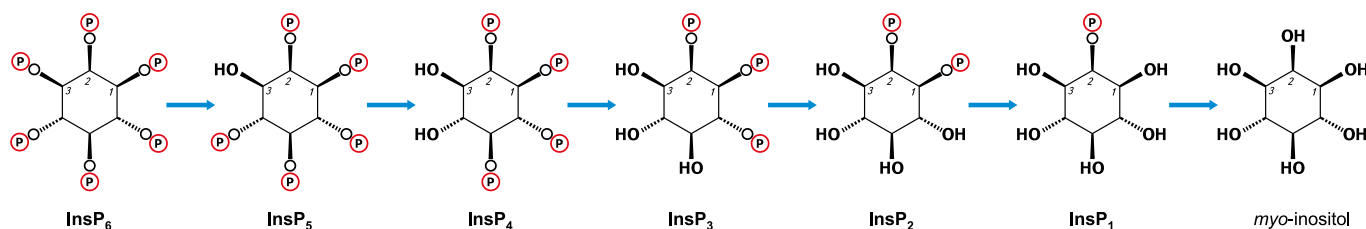


Рис. 2. Гидролизное расщепление фитата (InsP_6) фитазой через промежуточные продукты до *мио*-инозитола (Родехутсгорд и др., 2012)

компонент для нормальной функции клеток животных и растений. Фермент фитаза пошагово гидролизует фитат (InsP_6) и приводит к быстрой генерации меньших специфических изомеров (InsP_5 , InsP_4 , InsP_3 , InsP_2 и InsP_1). Микробные экзогенные фитазы в рационах свиней и птицы способны расщеплять фитат лишь до уровня InsP_2 – InsP_1 . В дальнейшем эти изомеры могут дефосфорилироваться до *мио*-инозитола и свободного фосфата в тонком кишечнике за счет мукозальных и эндогенных бактериальных фосфатаз и фитаз. Причина, почему даже высокие дозы экзогенной фитазы не способны расщеплять фитат до *мио*-инозитола, объясняется наличием так называемой непокорной аксиальной фосфатной группы на второй позиции *мио*-инозитольного кольца, что несовместимо с большинством коммерческих фитаз (Менезес-Блакбёрн и др., 2015).

Наиболее яркие антипитательные свойства проявляет именно молекула фитата (InsP_6). Меньшие специфические изомеры (InsP_5 , InsP_4 , InsP_3 , InsP_2 и InsP_1) имеют значительно менее выраженный антипитательный эффект по сравнению с InsP_6 . Например, InsP_3 способен связывать лишь 32% каль-

Таблица 3. Переваримость фитатного фосфора в рационах с фитазой и без нее

Вид животных и птицы	Дозировка фитазы, фитазные ед./кг	Переваримость фитата, %		Улучшение переваримости, %	Источник
		без фитазы	с фитазой		
Свиньи	1500	–1,4	74,0	75	Ёнглоуд и др.
Свиньи	500	16,2	51,4	35	Сейаневе и др.
Молодняк кур	1000	16,1	62,5	46	Либерт и др.
Бройлеры	500	28,0	59,3	31	Ву и др.
Бройлеры	1500	27,2	70,9	44	Ву и др.
Куры-несушки	250	21,6	54,2	33	Ван дер Клис и др.
Куры-несушки	500	21,7	71,7	50	Ван дер Клис и др.

ция по сравнению с молекулой InsP_6 (100%); InsP_2 и InsP_1 практически не могут связывать катионы металлов (Селле и др., 2010). Также со снижением числа фосфатных групп в молекуле фитата увеличиваются растворимость изомеров *мио*-инозитолфосфатов и их доступность для дальнейшего гидролиза фитазой, что в целом значительно снижает антипитательные свойства. Так, растворимость InsP_6 , InsP_5 , InsP_4 , InsP_3 и InsP_2 в тонком отделе кишечника свиней при pH 6,6 составила 2, 7, 8, 31 и 75% соответственно (Шлеммер и др., 2001). Поэтому гидролиз фитата, который возможен

лишь в присутствии фитазы, даже до уровня InsP_3 уже снижает его негативные свойства в ЖКТ. Пример переваримости фитата в ЖКТ свиней и птицы для рационов с экзогенной фитазой (Натуфос) и без нее (Дерсянт-Ли и др., 2014) приведен в таблице 3.

Таким образом, отрицательные свойства фитата сегодня можно достаточно легко устранить с помощью ввода экзогенной фитазы в рационы. Это позволяет современным высокопродуктивным кроссам сельскохозяйственной птицы и породам свиней полностью реализовывать их высокий генетический потенциал. ■

ИНФОРМАЦИЯ



В России прогнозируют нехватку кормовых витаминов. На немецком заводе компании BASF по выпуску цитрала, продукта, необходимого для производства витаминов, 31 октября 2017 г. произошел пожар, в результате которого компания приостановила выпуск витаминов А и Е и ряда каротиноидов. «Производство витаминов отложено на неопределенный срок и будет возобновлено только после восстановления производства цитрала. Запуск производства цитрала не ожидается как минимум ранее марта 2018 г.», — говорится в сообщении BASF.

BASF является одним из ведущих мировых производителей витаминов и крупнейшим их поставщиком на российский рынок. В 2016 г. на долю этой компании пришлось 43% поставок витамина А и 36% — витамина Е, сообщает агентство «ИМИТ». В результате приостановки производства в компании BASF с начала ноября цена на витамин А на европейском рынке выросла на 90%,

на витамин Е — на 250%. По данным Национального кормового союза (НКС), по сравнению с июлем цена на витамин А выросла до 230 евро/кг против 30 евро/кг в июле.

«В ближайшее время можно ожидать стремительный взлет цен на эти витамины и на отечественном рынке. Пик роста может прийти на декабрь 2017 — январь 2018 г., когда будут распроданы запасы, завезенные в Россию до ноября 2017 г.», — прогнозируют аналитики «ИМИТ».

«У BASF имеются запасы витаминов А и Е. Решение о распределении запасов будет сделано после тщательного анализа заказов клиентов. Мы считаем, что выводы относительно «витаминого апокалипсиса» делать рано, — сообщила журналу «Агроинвестор» пресс-служба компании. — Рост цен на витамины А и Е для кормовых добавок наблюдается уже в течение двух месяцев, что связано с общим дефицитом на рынке».

agroinvestor.ru