

# ВЛИЯНИЕ ФИТАТОВ И ФИТАЗ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРМА

**В. КРЮКОВ**, д-р биол. наук, ООО «Ветфармстандарт»  
**И. ГЛЕБОВА**, д-р с.-х. наук, ФГБОУ Курская ГСХА  
**С. ЗИНОВЬЕВ**, канд. с.-х. наук, **А. АНТИПОВ**, ФНЦ ВНИТИП РАН

Фосфор в зерне присутствует в составе минеральных соединений, нуклеиновых кислот и фитатов, на последние приходится от 65 до 75 % общего фосфора. Фитаты — это соли фитиновой кислоты, представляющей собой 6-углеродный циклический спирт D-мио-инозитол, связанный с шестью молекулами фосфорной кислоты. Фитаты полностью не расщепляются в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) моногастричных животных в связи с низкой активностью эндогенных фитаз, поэтому часть фосфора остается недоступной для всасывания. В кислой среде желудка фитаты диссоциируют на анионы фитиновой кислоты и катионы. Переваривание (расщепление) фитатов заключается в разрыве связи между фосфатной группой и кольцом мио-инозитола. В результате многостадийных отщеплений фосфатных групп образуются свободный мио-инозитол (витамин B<sub>8</sub>) и соединения фосфора, способные всасываться. Иногда низкую доступность фосфора из фитатов отождествляют с их антипитательными свойствами, что неверно, так как низкая доступность питательного вещества, в данном случае фосфора, свидетельствует только о его ограниченной доступности. Антипитательное действие фитатов обусловлено химическими свойствами фитат-ионов, которые способны вступать в реакции с положительно заряженными ионами металлов, аминокислот и белков, ограничивая их всасывание, а также переваривание протеина. Антипитательными свойствами обладает только ионизированная фитиновая кислота. Низкую доступность фосфора из фитатов и их антипитательное действие в качестве самостоятельных свойств разделяют и зарубежные специалисты (Джоунс, 2014). Фитаты являются резервной формой фосфора у растений, поэтому они концентрируются в зерне и представляют значительный источник для обеспечения животных этим элементом. После расщепления фитатов не только становится доступным их фосфор, но и образующиеся продукты неспособны проявлять антипитательное действие. В природе доступность фосфора из фитатов для растений обеспечивается действием фитаз, которые активируются при прорастании семян. Проблему повышения использования животными фосфора фитатов решили путем ввода в корма ферментов,

расщепляющих фитаты. Со времени появления в 1991 г. первой промышленной фитазы появилось много новых коммерческих продуктов, которые имеют высокую активность, повышенную устойчивость к ферментам ЖКТ и термостабильность. Последнее десятилетие количество научных статей, посвященных изучению фитаз и их продуктов, превышает публикации, посвященные остальным кормовым ферментам. Это свидетельствует, с одной стороны, о прогрессе в создании новых, более совершенных кормовых препаратов фитаз, с другой стороны, о неудовлетворенности, связанной с отсутствием ответов на ряд вопросов, связанных с изучением механизма действия фитатов на процессы пищеварения и превращения их в ЖКТ. Это подтверждается публикацией множества научных фактов, в которых отражают констатации, но медленно появляются знания, объясняющие результаты наблюдений.

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ ФИТАЗ

Первую фитазу целенаправленно создавали для использования в кормлении животных. В отличие от других ферментов, используемых в кормопроизводстве, для оценки ее активности разработан международный стандарт ISO 30024:2009 (en). На его основе подготовлен российский ГОСТ Р ИСО 30024-2012 «Корма для животных. Определение активности фитазы». Активность выражается в единицах активности фитазы (ед., phytase unit, U), в зарубежных публикациях часто встречаются аббревиатуры: FTU, FYT, U — по размерности эти единицы совпадают. В описании стандарта указано, что метод определения фитазы в кормах не позволяет отдельно идентифицировать фитазу, добавленную в качестве кормовой добавки. Метод неприменим для оценки или сравнения эффективности различных фитаз в кормлении животных. В публикациях указывается, что единицы, характеризующие активность препаратов, предусмотрены для целей маркировки, не имеют «абсолютно никакой» ценности для сравнения разных продуктов (Vasquez и Glitsoe, 2012). Активность любого фермента характеризует его способность выполнять определенное действие в конкретных условиях. Последние в пробиотике отличаются от таковых в организме, поэтому активность,

установленная стандартным методом, не совпадает с проявляемым действием в организме. Следует обратить внимание, что в методе определения активности в качестве субстрата предусмотрено использование фитата натрия, тогда как в кормах преобладают фитаты кальция, магния, калия и другие. Фитат кальция в сопоставимых условиях расщепляется медленнее, чем фитат натрия, то есть интенсивность действия фермента на разных субстратах проявляется не одинаково. Это подтверждает, что активность фермента и его действие — разные понятия. Относительность ценности метода

определения активности фитаз различного происхождения подтверждается изучением гидролиза фитатов *in vitro* (Тран и соавт., 2011). Если активность фитазы *E. coli 1* (штамм *S. pombe*) при расщеплении фитата натрия принять за 100%, то она оказывается в 1,6 раза активнее при расщеплении

фитатов соевого протеина и в 2,3 раза при гидролизе фитата лизоцима (табл. 1). Фитазы, продуцируемые штаммами *E. coli*, примерно одинаково отщепляли фосфат-ион от фитата натрия, но отличались при использовании в качестве субстрата фитатов соевого протеина и лизоцима. В несколько раз слабее была фитаза, продуцируемая *A. niger*, еще ниже активность фитазы, продуцируемой *P. lycii*. Действие ферментных препаратов, описываемое в научных публикациях, следует воспринимать как отражающее определенные конкретные условия, которые необязательно повторимы в других случаях.

Активность коммерческих фитаз, измеряемая в модельной системе *in vitro*, отличается от условий в ЖКТ, поэтому оценка *in vitro* не может использоваться для ранжирования фитаз по эффективности (Волчок и соавт., 2018; Meneses-Blackburn и соавт., 2015). В обзоре по изучению специфичности действия фитаз показано, что они неодинаково действуют на разные субстраты (Oh и соавт., 2004). В ЖКТ одновременно присутствуют разнообразные субстраты и ферменты, соотношение которых меняется в зависимости от состава корма. Кроме того, фитаты в кормах присутствуют не в чистом виде, а в виде глобул, включающих крахмал и протеин, которые ограничивают действие фитаз. Расщепление глобул протеазами и карбогидразами может облегчать доступность фитаз к субстрату, повышая эффективность их действия.

Для сравнения активности ферментных препаратов было предложено испытать метод, которым обеспечивали повышение доступности фосфора фитатов из корма на заданную величину (Gonçalves и соавт., 2016). В опыте на свиньях определяли активность фитаз, повышающих уровень доступного фосфора на 0,100; 0,120; 0,140 и 0,160% (табл. 2).

**Таблица 1. Относительная активность фитаз в зависимости от используемых субстратов, %**

Источник фитаз	Фитат натрия	Фитат соевого протеина	Фитат лизоцима
<i>E. coli 1 (S. pombe)</i>	100	164	229
<i>E. coli 2 (P. pastoris)</i>	103	138	152
<i>A. niger</i>	37	32	23
<i>P. lycii</i>	10	25	13

**Таблица 2. Влияние фитаз на доступность фитатного фосфора у свиней**

Высвобождение доступного фосфора, %	Активность коммерческих препаратов фитазы*, FTU/кг				
	Axtra PHU	Natuphos E	Optipho blue	Quantum	Ronozyme Hiphos
0,100	270	250	200	250	400
0,120	360	325	250	315	600
0,140	500	400	500	430	1000
0,160	750	475	565	585	1500

\*Исходную активность фитаз определяли стандартным методом *in vitro*.

Изучение показало, что для высвобождения 0,100 и 0,120% фосфора достаточно было меньшей активности препарата Optiphos. Более высокие дозы фитатов эффективнее переваривал Natuphos E. Максимальная активность для переваривания равного количества фитатов требовалась при применении Ronozyme Hiphos. Для увеличения количества высвобождаемого фосфора требовалось разное и непропорциональное изменение активности каждой фитазы. Результаты исследования еще раз подтверждают, что активность ферментных препаратов, определенная стандартным методом, прямо не связана с их действием (Vasquez и Glitsoe, 2012). Поиски новых способов оценки активности фитаз, отражающих их действие в организме, свидетельствуют о недостатках существующих методов и неудовлетворенности ими специалистов.

### ДЕЙСТВИЕ ФИТАЗ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА РАЦИОНА

Распространение получили коммерческие препараты фитаз, продуцентами которых являются *A. niger* (3-фитаза), *E. coli* (6-фитаза) и *P. lycii* (6-фитаза) и их генетически модифицированные штаммы. Цифры 3 и 6 указывают на номер углеродного атома в кольце мио-инозитола (соответственно фосфатную группу), с которого начинается отщепление фосфата. Последовательность гидролитического отщепления фосфатных групп существенно не влияет на количество расщепленных фитатов, хотя в ранних публикациях пытались доказывать преимущества 3- или 6-фитаз. Современными методами анализа подтверждено, что различия по количеству инозитолфосфата, расщепленного 3- или 6-фитазами на протяжении кишечника, исчезают до подвздошной кишки (Zeller и соавт., 2015).

Важными параметрами, определяющими эффективность фитаз, являются pH среды действия фермента и устойчивость ЖКТ к протеазам. У птицы фитазы начинают действовать на фитаты в зобе, где кислотность химуса в диапазоне pH 5-6, в этом случае наиболее подходящими окажутся фитазы с оптимум активности в этой среде (Takemasa и соавт., 1996; Zeller и соавт., 2015). Ее проявление может быть частично ограничено низкой растворимостью фитатов в зобе. Считают, что наибольшая часть фитатов расщепляется в кислой среде желудка, однако фитазы, продуцируемые *E. coli*, активнее в среде кишечника (Zeller и соавт., 2015; Onyango и соавт., 2005; Igbasan и соавт., 2000).

На переваримость фитатов влияет природа кормов, хотя причины наблюдаемых различий не выяснены. Эндогенные фитазы активно расщепляют фитаты различных кормов и по проявлению действия отличаются меньше, чем добавленные в корм (табл. 3). При одинаковом содержании общего фосфора в соевом шроте, пшенице и ячмене относительная доля фитатов, переваренных эндогенными фитазами бройлеров, существенно не различалась, хотя абсолютное содержание фосфора, приходившегося на долю фитатов, было различным, как, соответственно, и их расщепленное количество (Leske и Coop, 1999). Добавленная кормовая фитаза примерно с одинаковой интенсивностью расщепляла фитаты в соевом шроте и ячмене, тогда как в пшенице прирост гидролизованых фитатов был более чем в 2 раза ниже, несмотря на то, что пшеница и ячмень относятся к одному ботаническому семейству.

У взрослых кур несколько слабее действовали эндогенные и добавленные фитазы, однако в связи с тем, что доза добавленных фитаз была в 2 раза меньше, чем в кормах для бройлеров, количество переваренных фитатов в расчете на 100 FTU было выше более чем в 2 раза. Причины различий интенсивности действия фитаз у цыплят и кур остаются невыясненными. Представленные данные позволяют сделать вывод, что матрицы коммерческих фитаз,

декларируемые поставщиками, не могут быть одинаковыми для рационов различного состава и тем более для животных разного возраста. Матрица фитазы не может быть абстрактной, она должна согласовываться с матрицей рациона, как, например, учитывается состав рациона при применении карбогидраз.

Кроме содержания фитатов в корме и структуры рациона, на активность фитаз влияет содержание кальция и минеральных источников фосфора. На цыплятах-бройлерах 22-дневного возраста, получавших кукурузно-соевый комбикорм, содержащий 0,7% кальция, 0,4% общего фосфора, в том числе 0,28% в составе фитатов, включение в рацион от 250 до 5000 FTU/кг фитазы показало четкое увеличение переваримости фитатов с ростом дозы фермента (Manangi и Coop, 2008). Переваривание фитатов корма без добавки фитазы составило 43,1%; включение 250 FTU/кг фитазы повысило переваримость на 25%; дальнейшее увеличение дозы фитазы до 500 FTU/кг добавило еще 6,7%. Доза, равная 750 FTU/кг, повысила переваримость фитатов до 85%; 1000 — до 85%; 1500 — до 92,8%; 2000 — до 96,0%; 5000 FTU/кг — до 99,5%. Из результатов опыта следует, что наиболее активно повышалась переваримость фитатов при вводе в комбикорм первой дозы. Увеличение дозы с 750 до 1000 FTU/кг не увеличило расщепление фитатов. Ввод 5000 FTU фитазы на 1 кг обеспечил полную переваримость фитатов, однако в этом не было необходимости, так как максимальный рост и оплата корма были достигнуты при дозе 1000 FTU/кг (Manangi и Coop, 2008).

Изучение влияния возрастающих доз дикальцийфосфата на переваривание фитатов на фоне кормов, содержащих 0,5 или 0,9% кальция, позволило выявить важные закономерности в действии фитаз. Увеличение количества минерального фосфора до 0,2% (0,45% общего фосфора), добавленного в корма, которые содержали 0,5% кальция в отсутствие добавленной фитазы, не влияло на действие эндогенных фитаз (табл. 4).

Таблица 3. Влияние фитазы на гидролиз фитатов и отложение фосфора в теле птицы

Компонент	Фосфор, г/кг		Высвобождено фосфора из фитатов			Отложено фосфора в организме, % от общего	
	общий	фитатный	Без фитазы%	С фитазой%	На 100 FTU фитазы, мг/кг/%	Без фитазы	С фитазой
<i>Бройлеры в возрасте 22 дней (600 FTU / кг)</i>							
Соевый шрот	2,15	1,12	34,9	72,4	0,070 / 6,25	27,0	58,0
Рапсовый шрот	3,51	2,41	36,7	55,8	0,077 / 3,18	39,4	45,7
Кукуруза	1,77	1,43	30,8	59,0	0,067 / 4,66	34,8	40,9
Пшеница	2,22	1,98	30,7	46,8	0,053 / 2,69	16,0	33,8
Ячмень	2,22	1,68	32,2	71,3	0,110 / 6,55	40,3	55,5
<i>Куры-несушки (300 FTU / кг)</i>							
Соевый шрот	2,73	1,41	25,7	62,4	0,173 / 12,29	36,8	53,4
Кукуруза	1,83	1,34	23,0	52,0	0,130 / 9,70	28,6	44,7

Таблица 4. Влияние фитазы, фитатного и неорганических источников фосфора на его использование\*

<b>Опыт 1. Содержание в основном рационе: кальция — 0,5%; фосфора — 0,25%, в том числе 0,08% нефитатного и 0,17% фитатного</b>								
Фитаза в корм не добавлена								
Добавлено минерального фосфора, %	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Содержание общего фосфора, %	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
Переварено фитатов без фитазы, %	8,5	27,6	26,4	28,9	26,3	17,1	21,0	27,7
Отложено фосфора в теле, %	35,0	51,7	51,7	59,3	51,3	50,9	43,5	41,1
Добавлено фитазы 1000 FTU/кг								
Всего переварено фитатов, %	80,9	75,9	73,5	72,2	68,4	71,6	58,3	62,5
Дополнительно переварено фитатов за счет фитазы, %	—	48,3	47,1	43,3	42,1	54,5	32,3	34,8
Отложено фосфора в теле, %	71,9	65,8	69,5	61,2	57,6	42,9	41,1	39,8
<b>Опыт 2. Содержание в основном рационе: кальция — 0,9%; фосфора — 0,25%, в том числе 0,08% нефитатного и 0,17% фитатного</b>								
Фитаза в корм не добавлена								
Переварено фитатов без фитазы, %	49,2	19,6	16,0	8,0	9,4	2,1	4,0	4,2
мг/г	0,84	0,33	0,30	0,14	0,16	0,04	0,07	0,07
Отложено фосфора в теле без фитазы, %	51,8	45,0	53,8	48,4	49,9	54,0	51,1	41,0
Отложено фосфора в теле, мг/г	2,1	1,4	1,9	1,9	2,2	2,7	2,8	2,5
Добавлено фитазы 1000 FTU/кг								
Всего переварено фитатов	85,3	76,1	70,0	76,1	62,6	68,6	67,4	63,7
Переварено фитатов с добавленной фитазой, %	36,1	56,5	54,0	68,1	53,2	66,5	63,4	59,5
Переварено фитатов за счет фитазы, мг/г	1,5	1,3	1,2	1,3	1,1	1,2	1,2	1,1
Отложено фосфора в теле, %	67,5	59,1	67,9	64,0	63,9	55,0	51,9	49,3
мг/г	1,7	1,8	2,4	2,6	2,9	2,8	2,8	3,0

\*Рассчитано на основании данных Mapangi и Coop, 2008.

Дальнейший рост уровня минерального фосфора направлен снижал гидролиз фитатов, но закономерно снижал и долю фосфора, отложенного в теле. Включение в рацион 1000 FTU/кг кормовой фитазы в опыте 1 повышало переваримость фитатов более чем в 2 раза при вводе 0,05% минерального фосфора. Увеличение количества минерального фосфора до 0,25% не оказывало влияния на активность фитазы, более высокие дозы снижали расщепление фитатов. Доля отложенного в теле фосфора мало изменялась при увеличении добавленного минерального фосфора до 0,2% и затем падала при его дальнейшем росте. Абсолютное отложение фосфора в теле увеличивалось при росте ввода фосфора в виде минерального источника до 0,25%, дальнейшее увеличение влияния не оказало. Учитывая, что общее содержание 0,5% кальция в корме для бройлеров является недостаточным, в опыте 2 в тех же условиях уровень кальция повысили до рекомендуемых 0,9%. Если в опыте 1 в отсутствие экзогенной фитазы с увеличением добавленного минерального фосфора до 0,2% активность эндогенных фитаз не изменялась, то в опыте 2 происходило закономерное снижение активности эндогенных фитаз — продолжение увеличения уровня минерального фосфора резко их тормозило,

фактически блокируя действие. Включение в рационы фитазы в количестве 1000 FTU/кг обеспечивало такую же степень расщепления фитатов, как и при содержании в корме 0,5% кальция. Если добавление 0,3% и более минерального фосфора в корм с низким содержанием кальция выражено тормозило переваривание фитатов, то при увеличении уровня кальция до 0,9% не наблюдалось существенного снижения действия фитазы. В результате роста общего содержания фосфора в рационе доля отложенного в теле снижалась, при этом отложение фосфора в теле в абсолютном выражении увеличивалось с ростом добавления минерального фосфора до 0,2%.

Анализ представленных данных позволяет сделать следующие выводы:

ввод в рацион без фитазы минерального источника фосфора в количестве 0,25% и более обеспечивал такое же отложение фосфора в теле, как и при включении в рацион фитазы, поэтому ее добавка при этом условии теряет смысл;

ввод фитазы в количестве 1000 FTU/кг обеспечивает максимальное отложение фосфора в теле при достижении уровня минерального фосфора 0,2%, таким образом, дальнейшее увеличение содержания фосфора в рационе не целесообразно.

На основании этих выводов можно принимать решение о необходимости увеличения ввода в корм минеральных источников фосфора или фитаза.

### «ЭКСТРАФОСФОРНОЕ» ДЕЙСТВИЕ ФИТАЗЫ

Научный интерес к фитазам возрос в 90-е годы прошлого столетия в связи с обнаружением у них «экстрафосфорного» действия, проявляющегося увеличением доступности аминокислот и энергии из корма. Это привело к росту популярности ферментов и способствовало дальнейшему их распространению. Если механизм повышения доступности минеральных веществ под действием фитазы изучен, то для объяснения ее влияния на переваримость протеина и доступность аминокислот выдвигали разные предположения, основанные на наблюдениях *in vitro* или на знаниях о возможности образования промежуточных продуктов и их свойствах, но пока они не подтверждены в опытах на животных (Selle и соавт., 2012). Многочисленные факты, демонстрирующие преодоление антипитательных свойств фитатов в результате применения фитаз, позволяют считать это действие доказанным. Обобщение данных, полученных более чем за 30 лет в исследованиях на бройлерах и свиньях, которые потребляли корма разного состава с фитазами в различных дозах, подтверждает увеличение доступности аминокислот (табл. 5).

Переваримость протеина бройлерами по изученным аминокислотам составила 81%. Под влиянием фитаз она повысилась на 4,1% и была больше, чем у свиней. Выявлено увеличение доступности цистеина (на 7,2% против 2% у свиней). Выше среднего у бройлеров возросла доступность треонина (на 6%), изолейцина (на 4,6%) и фенилаланина (на 4,6%). У свиней из названных аминокислот только доступность треонина под действием фитаз возросла выше среднего. У обоих видов животных

отмечен минимальный прирост переваримого метионина (Cowieison и соавт., 2017). Авторы обращают внимание на значительные различия величин, приводимых многими исследователями. В другом обзоре, обобщающем результаты 20 публикаций, показано, что добавление фитазы в корма приводило к значительным изменениям уровня переваренных аминокислот — от отсутствия эффекта до увеличения на 7%. Чаще наблюдали увеличение доступности цистеина, треонина, серина, пролина и глицина, тогда как действие на метионин, аргинин и глутаминовую кислоту проявлялось слабо (Adeola и Cowieson, 2011). Изучение переваримости протеина пшеницы и кукурузы показало, что истинная кишечная переваримость протеина пшеницы у бройлеров составила 80% и при добавлении фитазы возросла на 13,4%. Наибольшее увеличение отмечено по лизину — на 17,6%, треонину — 16,9%, изолейцину — 15,2% и гистидину — 15%. Ниже среднего приросла доля фенилаланина — на 9,4% и лейцина — 9,5%. Переваримость протеина кукурузы — 87%. При этом среднее увеличение показателя переваримости анализируемых аминокислот всего 3,9%. Создается впечатление, что при низкой переваримости как бы сохраняется возможность для большего увеличения расщепления протеина под влиянием фитазы. Наибольший прирост переваримости протеина по кукурузе установлен по треонину — 7,3% и гистидину — 6,0%. По лизину динамика не совпала, и величина переваримости была ниже среднего (Rutherford и соавт., 2002). Интересно заметить, что в результате применения фитазы доступность аминокислот из пшеницы и кукурузы практически сравнялась, составив 93,4 и 90,9% соответственно. Увеличение доли доступных аминокислот из обоих видов сырья не совпадало по направленности изменений. Важно обратить внимание на еще одну особенность действия фитаз:

Таблица 5. Кажущаяся перевариваемость незаменимых аминокислот у бройлеров и свиней под влиянием фитазы, %

Аминокислота	Свиньи (925 наблюдений)			Бройлеры (745 наблюдений)		
	Контроль (без фитазы)	Корм с фитазой	Действие фитазы	Контроль (без фитазы)	Корм с фитазой	Действие фитазы
Аргинин	84 (1,3)	86 (1,2)	2,00 (0,75)	86 (1,2)	89 (0,9)	2,60 (0,77)
Лизин	78 (1,3)	80 (1,2)	2,60 (0,73)	83 (1,2)	086 (0,9)	3,40 (0,77)
Гистидин	77 (1,3)	78 (1,2)	2,40 (0,74)	80 (1,2)	84 (0,9)	3,90 (0,77)
Лейцин	79 (1,3)	81 (1,2)	2,60 (0,75)	82 (1,2)	85 (0,9)	3,90 (0,77)
Изолейцин	78 (1,3)	80 (1,2)	2,80 (0,75)	79 (1,2)	85 (0,9)	4,60 (0,77)
Метионин	81 (1,3)	81 (1,2)	0,90 (0,81)	89 (1,3)	90 (1,1)	1,30 (0,85)
Треонин	69 (1,2)	72 (1,2)	3,80 (0,73)	73 (1,2)	0,77 (1,0)	6,00 (0,78)
Триптофан	74 (1,5)	76 (1,4)	3,40 (1,02)	79 (1,6)	82 (1,5)	3,40 (1,09)
Фенилаланин	77 (1,3)	81 (1,2)	3,00 (0,75)	82 (1,2)	85 (0,9)	3,60 (0,77)
Валин	75 (1,3)	77 (1,2)	2,80 (0,75)	78 (1,2)	82 (0,9)	4,60 (0,77)
Тирозин	77 (1,3)	79 (1,2)	2,70 (0,79)	80 (1,2)	83 (1,0)	3,8 (0,80)
Цистеин	0,70 (0,014)	71 (1,3)	2,00 (0,86)	68 (1,4)	72 (1,3)	7,20 (0,96)
В среднем	77 (1,3)	79 (1,2)	2,60 (0,78)	81 (1,2)	84 (1,0)	4,10 (0,78)

Примечание. Цифры в скобках отражают величину стандартной ошибки.

во всех исследованиях указывается на разнонаправленное увеличение доступности некоторых аминокислот, которое всегда не совпадает с соотношением доступных аминокислот суммарного протеина корма.

Всосавшиеся аминокислоты, кроме участия в структурных процессах, являются источником энергии, поэтому их дополнительное поступление в организм сопровождается возрастанием обменной энергии корма.

Имеются сообщения о повышении переваривания крахмала при вводе в состав комбикорма фитазы. Это влияние, так же как и в случае действия на протеин, косвенное. Установлено, что при включении в рацион несущек кормового препарата фитазы в количестве 300 FTU/кг обменная энергия кукурузы увеличилась с 13,34 до 13,84; пшеницы — с 14,04 до 14,57 МДж/кг. Большинство работ проведено на цыплятах-бройлерах, которые, как и при изучении использования протеина, сопровождались разнонаправленными результатами. Обобщение большого числа исследований позволило прийти к выводу, что под влиянием фитаз на фоне кормов различного состава средний прирост обменной энергии составляет 0,36 МДж/кг, или 2,8% (Selle и Ravindran, 2007). Предполагают, что повышение использования энергии корма может быть обусловлено влиянием на переваримость жира, протеина и крахмала (Backer, 1998; Ravindran и соавт., 2000). Фитаты могут непосредственно связываться с крахмалом или через белки, ассоциированные с крахмальными зёрнами, снижая его переваримость (Thompson, 1988). Однако в связи с методическими трудностями эти предположения не смогли подтвердить *in vivo*. Фитаты — это ингибиторы  $\alpha$ -амилазы, поэтому не исключено положительное влияние фитазы в результате

расщепления фитатов. Подтверждение этим фактам можно найти в обобщении ряда работ (Selle и соавт., 2000).

Единственной функцией фитазы является расщепление фитатов, повышающее доступность фосфора в ЖКТ. Применение экзогенных фитаз сопровождается «экстрафосфорным» эффектом, который тесно связан с превращением фитатов в ЖКТ, но прямо не связан с действием фитазы, а опосредован через ее влияние на метаболизм фитатов. Механизмы проявления сопутствующего влияния фитазы не изучены; факты образования или расщепления фитатов описаны в опытах *in vitro*, которые указывают на возможность существования ряда взаимосвязей, влияющих на действие фермента.

Различия в эффективности фитаз, наблюдаемые при сравнении результатов, публикуемых исследователями, отражают особенности проведения экспериментов, которые связаны со свойствами конкретных коммерческих препаратов и составом рациона. Матрицы, характеризующие действие фермента, рассчитывают на основании средних данных по ряду исследований, тогда как в конкретных случаях величины эффекта могут различаться в несколько раз. Выше отмечено, что результаты исследований показывают возможность разной эффективности кормовых ферментов, поэтому для продвижения коммерческих интересов не исключен тенденциозный подбор публикаций, обосновывающих большую эффективность отдельных кормовых препаратов. Оптимальные дозы фермента в условиях животноводческих хозяйств будут зависеть от свойств коммерческого препарата, состава комбикорма и поэтому должны быть к ним адаптированы. ■

*Перечень литературы предоставляется по запросу (E-mail: kryukov.v.s@mail.ru).*



## ИНФОРМАЦИЯ

**В апреле 2019 г.** ГК «ЭФКО» представила российскому рынку инновационную кормовую добавку — жир растительный сухой Ultra Feed F. Использование данного продукта повышает энергетическую ценность рационов и продуктивность КРС и других сельскохозяйственных животных. Защищенный жир изготавливается из растительных масел с последующей распылительной кристаллизацией и фасовкой в транспортную упаковку. Биологические свойства Ultra Feed F обусловлены высоким содержанием стеариновой, пальмитиновой, олеиновой, линолевой и линоленовой жирных кислот, которые не подвержены воз-

действию рубцовой микрофлоры благодаря их химическим или физическим свойствам. «При прохождении транзитом через преджелудки жвачных с кормом жирные кислоты Ultra Feed F распадаются в двенадцатиперстной кишке КРС на глицерин и свободные жирные кислоты, это естественный для всех видов животных путь, — комментирует механизм действия добавки заместитель директора маслосырьевого дивизиона по научной деятельности ГК «ЭФКО» Сергей Кудинов. — Свободные жирные кислоты всасываются в тонком отделе кишечника и являются строительным материалом и легкоусвояемым источником энергии, укрепляют

иммунную систему и имеют важное значение для производства молока, способствуя повышению молочной и мясной продуктивности КРС и других животных».

Жир растительный сухой Ultra Feed F вводят в корм, используя технологии смешивания на комбикормовых заводах или в кормоцехах хозяйств. Норму рассчитывают индивидуально в зависимости от энергетической потребности и продуктивности животных. Усвояемость и сбалансированность нового инновационного продукта намного выше импортруемых аналогов, а стоимость ниже.

*ГК «ЭФКО»*