



Автор: Александр ВЕРНЕР, технический консультант отдела Восточной Европы компании Biochem

## Снижение отрицательного действия антипитательных факторов НКП зерновых культур с помощью экзогенных ферментов

*Зерновые культуры, как и продукты их переработки, являются важнейшими компонентами в кормлении свиней, и, зачастую, занимают до 85% в составе кормов. В рационах для свиней наиболее часто используют пшеницу, ячмень, кукурузу, отруби, мучку, также нашли свое применение и тритикале, рожь, послеспиртовая барда и другие зерновые субпродукты.*

**З**ерновые культуры имеют достаточно стабильные показатели питательной ценности, например, сырой протеин, сырая клетчатка, сырой жир, влажность и др. Также порядка 60-70% в зерновых культурах составляют углеводы, основой которых является крахмал, который может тоже быть трудный к усвоению и перевариванию животными, как например кукурузный крахмал. В свою очередь, углеводы делятся на моносахариды, олигосахариды и полисахариды. Полисахариды подразделяются на крахмалистые и некрахмалистые полисахариды (НКП) (см. **Таблицу 1**). Крахмалистые полисахариды, к которым относится крахмал, являются обычно легкоусвояемые углеводами и, тем самым, служат основным источником энергии для животных.

Некрахмалистые полисахариды (целлюлоза, арабиноксиланы, бета-глюканы), наоборот, почти не перевариваются ор-

ганизмом моногастричных животных и являются антипитательной частью рационов, с целью нивелирования которой и применяются ферментные препараты в рационах животных (см. **Таблицу 2**).

Нерастворимые НКП подразделяются на гемицеллюлозу, целлюлозу и лигнин.

В результатах анализов корма и/или

кормового сырья, зачастую, встречается только один из таких показателей как «сырая клетчатка», которая содержит в себе целлюлозу и лигнин, так называемую лигиноцеллюлозу. Этот показатель составляет в рационе обычно от 3 до 6% и не дает полного представления об уровне общей клетчатки, что отрицательно

**Таблица 1. Уровень НКП некоторых кормовых ингредиентов, в % к оригинальным веществам**

Кормовой ингредиент	Нерастворимые НКП	Растворимые НКП	Всего НКП
Кукуруза	5,5	0,9	6,4
Пшеница	7,4	2,5	9,9
Ячмень	11,2	4,7	15,9
Рожь	8	4,8	12,8
Соевый шрот	11,9	3	14,9
Рапсовый шрот	15,5	5	20,5
Подсолнечниковый шрот	—	—	27,6
Пшеничная послеспиртовая барда	13,3	6,8	20,1
Кукурузная послеспиртовая барда	15,7	1,2	16,9

**Таблица 2. Уровень арабиноксиланов, бета-глюканов в некоторых кормовых ингредиентах**

Кормовой ингредиент	Арабиноксиланы	Бета-глюканы
Кукуруза	3,9	0,1
Пшеница	6	0,7
Ячмень	7,4	3,8
Рожь	7,9	1,8
Тритикале	9,5	1,5
Овес	13,6	2,5
Соевый шрот	3,8	—
Рапсовый шрот	6,5	—
Пшеничная послеспиртовая барда	11,4	—
Кукурузная послеспиртовая барда	9,2	—

сказывается на усвояемости питательных веществ.

Однако не всегда обращают внимание на уровень общей клетчатки, которая включает в себя все виды НКП, а именно β-глюканы, арабиноксиланы, пектины, целлюлозу, лигнин и т.д.

Уровень общей клетчатки в рационе для свиней составляет от 8 до 20%, в зависимости от использования того или иного сырья и уровня НКП в них, например, отрубей или жома свекловичного. Уровень общей клетчатки (НКП) и уровень сырой клетчатки (лигниноцеллюлоза) не коррелируют с друг другом, и, в связи с этим, многие сельхозпроизводители, имея только как показатель сырую клетчатку, не имеют возможности правильно оце-

нить энергетическую ценность корма, которая сильно зависит от всех НКП в сумме.

**Ряд основных антипитательных факторов НКП**

Помимо того, что НКП не усваиваются организмом, они скрывают от усвоения полезные питательные вещества, такие как жиры, крахмал и протеины, которые инкапсулированы волокнистыми стенками клетки (см. **Рисунок 1**).

Некрахмалистые полисахариды бывают растворимыми и нерастворимыми. Нерастворимые НКП занимают дополнительное место в рационе, однако существенно не влияют на работу кишечника.



**Рисунок 1. НКП, инкапсулированные питательные вещества, недоступные эндогенным ферментам животного**

Водорастворимые НКП, наоборот, растворяясь в химусе, повышают его вязкость, вследствие чего увеличивается скорость прохождения питательных веществ в пищеварительном тракте, сокращается вероятность их усвоения, а также снижается показатель обменной энергии. Характерным следствием неусвоения питательных веществ является влажная подстилка у птицы и возможная неинфекционная диарея у свиней. В результате ухудшается конверсия корма, снижаются показатели продуктивности животных, что вызывает экономические потери.

Водорастворимые НКП также меняют оптимальное соотношение корма и

**Таблица 3. Классификация углеводов по питательной ценности**

Углеводы							
Углеводы, легкоусвояемые в подвздошной кишке		Сбраживаемые углеводы					
		Некрахмалистые полисахариды (НКП)					
Моно- и дисахариды, крахмал	Олигосахариды, напр. МОС, ФОС Устойчивый к усвоению крахмал	НКП-скрывающие питательные вещества, напр. маннаныинулин	Пектин	Водорастворимый НКП	Нерастворимые НКП в клеточных стенках		
Клетчатка растворимая в нейтральном растворе и гемицеллюлоза являются основным источником в модели Porcheck™ / Avichek™				Растворимые арабиноксиланы в пшенице повышают вязкость вместимого кишечника	Клетчатка растворимая в нейтральном растворе (NDF)		
					Гемицеллюлоза	Целлюлоза	Лигнин
					Нерастворимые арабиноксиланы в пшенице могут инкапсулировать полезные питательные вещества, сделав их доступными для животных и птиц	Клетчатка растворимая в кислом растворе (ADF)	
						Целлюлоза	Лигнин
					ADL		
					Лигнин		

воды в желудке из-за способности притягивать влагу, которая в свою очередь молекулярно связана с питательными веществами и аминокислотами, которые просто выводятся из организма с помехом либо служат субстратом для размножения патогенной или условнопатогенной микрофлоры в кишечнике.

В течении нескольких лет “Danisco Animal Nutrition” (с 2012-го года компания окончательно стала частью компании “DuPont”) проводит исследования различного сырья на показатели усвояемости по энергии. В 2012 г. были протестированы 10 образцов пшеницы, привезенных из разных регионов Украины, на показатели влажности, уровень сырого протеина, растворимость клетчатки в нейтральном растворе, показатели гемицеллюлозы и вязкости (см. **Таблицу 4**).

Из результатов исследований видно, что уровень протеина колеблется от 17,6 до 14,0% в пересчете на сухое вещество, что при оптимизации рационов и некорректном учете правильного уровня протеина может привести к колебаниям протеина (порядка 1,5% в абсолютных цифрах) в готовом комбикорме, что непременно отрицательно повлияет на прироста животных и птиц.

В протестированных образцах уровень вязкости пшеницы варьируется, что связано с различным содержанием водорастворимых НКП, и, как указывалось ранее в статье, наличие нерастворимых НКП в зерне, а, следовательно, затем и в рационах животных, повышает вязкость вместимого кишечника, что приводит к низкой усвояемости энергетической ценности корма.

Существует практика применения продовольственной пшеницы в кормовых целях. Качественная кормовая пшеница имеет вязкость менее 6 КилоПауз (кПз) (средним показателем считается 8–9 килопауз). Уровень вязкости образцов пшеницы из Украины 2012 года намного выше средних показателей, и в отдельной области достигает рекордного значения в 33 кПз.

При этом стоит отметить, что повышение на 4 кПз/кг пшеницы сокращает усвояемость энергетической ценности в среднем на 1%! Соответственно, добавляя в рацион пшеницу с уровнем вязкости 33 кПз, мы сокращаем усвояемость энергетической ценности на 6%, а это означает, что вместо задекларированных 13,0 МДж ОЭ/кг корма свиньям поступает на 0,75 МДж меньше.

Таблица 4. Показатели пшеницы урожая 2012 года в Украине

КАЧЕСТВО ПШЕНИЦЫ: УРОЖАЙ 2012 г.								
Урожай из:	Сухое вещество	Протеин	NDF*	Гемицеллюлоза	Сырая клетчатка	КПз	EIV ОЭ (ккал/кг)	EIV ОЭ (МДж/кг)
Полтава	88,3	13,1	9,5	7,2	2,3	33,05	213,1	0,9
Полтава	89	15,4	9,6	7,1	2,5	10,90	197,8	0,8
Житомир	87,1	12,2	9,4	7,3	2,1	9,42	229,4	1,0
Черкассы	87,5	13,1	9,7	7,1	2,6	10,18	185,3	0,8
Киев	89,4	15,7	9,6	7,2	2,4	10,20	198,7	0,8
Днепропетровск	89	14,8	9,9	6,9	2,9	15,90	164,2	0,7
Чернигов	88,8	12,4	9,5	7,1	2,4	11,00	208,3	0,9
Киев	90,1	13,2	9,6	6,8	2,8	14,10	172,8	0,7
Киев	88	12,5	9,5	7,1	2,4	17,65	202,6	0,8
Полтава	88,8	12,9	9,6	7,0	2,6	18,00	185,3	0,8
Украина	87,7	13,5	9,6	6,9	2,7	9,60	175,7	0,7
Украина	89,1	15,6	9,5	6,9	2,7	12,00	182,4	0,8
Украина	90,9	17,2	9,4	6,5	2,9	9,30	164,2	0,7
Украина	88,8	14,0	9,2	6,9	2,3	9,30	209,3	0,9
Украина	90,4	14,5	8,9	6,7	2,3	11,00	219,8	0,9
Украина	88,9	12,9	9,6	6,8	2,8	19,00	172,8	0,7
Средняя	88,9	13,9	9,5	7,0	2,5	13,8	192,6	0,8

\*NDF — клетчатка растворимая в нейтральном растворе

Таблица 5. Результаты урожая кукурузы 2012 г в Украине

№	EIV*		В оригинальном веществе				В сухом веществе	
	Ккал/кг	МДж/кг	Сухое в-во	Крахмал	Протеин	Жир	Крахмал	Протеин
1	128,7	0,538	89,9	63,3	10,2	4,3	70,4	11,3
2	156,6	0,655	87,7	64,5	5,3	3,3	73,5	6,1
3	157,5	0,659	87,1	64,2	5,2	3,0	73,7	6,0
4	156,0	0,653	87,2	63,9	6,0	3,7	73,3	6,9
5	174,4	0,730	88,7	65,0	5,8	4,0	73,3	6,5
6	160,7	0,672	87	63,9	6,5	4,0	73,5	7,5
7	136,4	0,571	88,4	62,8	7,7	4,8	71,0	8,7
8	139,0	0,582	89,3	64,8	7,0	4,1	72,6	7,8
Средняя	151,2	0,6	88,0	64,1	6,7	3,9	72,7	7,6

\*EIV — повышение энергетической ценности при использовании полной дозы ферментов

В результате мы наблюдаем худшие показатели по привесам у животных, и при компенсации недостатка энергии получаем ухудшенную конверсию корма!!!

Важным показателем при анализе образцов пшеницы является показатель гемицеллюлозы как антипитательного фактора в рационе.

Гемицеллюлозой называется множество из полисахаридов, мономеры которых состоят из Пентоз, D-Ксилоз и L-Арабинов. Гемицеллюлоза не является водорастворимой, однако антипитательный фактор заключается в том, что она не расщепляется организмом животных

и птиц и создает такую клеточную структуру, которая скрывает питательные вещества от усвоения. В результате снова получаем отрицательный показатель конверсии корма, низкую продуктивность животных и несем экономические потери.

Также важно учесть качество кукурузы. Кукуруза, в отличие от пшеницы, при сборе содержит более высокий уровень влажности, и, соответственно, требует быстрой сушки. Быстрая сушка, в свою очередь, одновременно ухудшает качество крахмала, связывая его с протеином, и делает крахмал хуже усвояемым.



И, зачастую, как раз из-за сушки растворимость крахмала сокращается от 75 до 25%, что напрямую влияет на его усвояемость. А при попадании в тонкий отдел кишечника неусвояемый крахмал вызывает рост различных нежелательных бактерий, в том числе кишечной палочки.

В связи с этим, важно знать и понимать не только уровень протеина, жиров, но и уровень крахмала.

Компания "Danisco Animal Nutrition" (часть компании "DuPont") проводит лабораторные анализы кукурузы на содержание крахмала, протеина, жиров, при этом учитывая растворимость крахмала и связанность крахмала с протеином.

В урожае 2012 года уровень крахмала и протеина был относительно стабильным, но при этом индекс повышения энергетической ценности при использовании препаратов на основе амилазы, ксиланазы и протеазы был повышен от 0,54 до 0,73 МДж ОЭ/кг кукурузы. Показатель с более низким индексом означает, что данный образец кукурузы имеет лучшую усвояемость по питательным веществам, чем образец с более высоким индексом.

### Кормовые ферменты — как средство борьбы с НКП

К сожалению, невозможно предугадать качество будущего урожая, однако для снижения отрицательного действия антипитательных факторов НКП, которые находятся в зерновых культурах, и имея на вооружении практику применения ферментных препаратов, можно

улучшить состав рационов и в результате получить лучшую производительность и, конечно же, прибыль.

Наиболее популярные ферментные активности, которые применяются при производстве современных комбикормов:

**1. Амилаза** — фермент, который способствует усвоению крахмала. Использование амилазы разрушает крахмал на более мелкие частицы, что способствует повышению усвояемости крахмала. Также амилазная активность разрушает крахмал, который был поврежден во время механической сушки кукурузы.

**2. Протеаза** — фермент, воздействующий на усвоение протеина. Специфические протеазы могут воздействовать и разрушать клеточные стенки, состоящие из протеинов, которые скрывают в кукурузе крахмал от усвоения. Также определенные протеазы разрушают антипитательные факторы в протеинах, которые особенно присутствуют в соевом шроте/жмыхе, горохе, сорго и др.

**3. Фитаза** — фермент, улучшающий усвоение фосфора из солей фитиновой кислоты, которые содержатся в растительном сырье. Особенно в кормах для свиней при помощи современных фитазных продуктов можно исключить ввод фосфатов, что с экономической и экологической точки зрения крайне выгодно.

**4. Ксиланаза** — фермент, разрушающий арабиноксиланы, тем самым сокращая вязкость вестимого кишечника и повышая усвояемость питательных веществ.

**5.  $\beta$ -глюканаза** — фермент разрушающий  $\beta$ -глюканы, которые скрывают

протеины, жиры и крахмал от усвоения и сокращают вязкость вестимого кишечника.

Экзогенные ферменты разрушают компоненты стенок клетки, такие как растворимые и нерастворимые арабиноксиланы и бета-глюканы, высвобождают инкапсулированные питательные вещества в середине стенок клетки, одновременно уменьшая вязкость вестимого кишечника. Также улучшается усвоение протеинов из-за сокращения воздействия ингибиторов трипсина, лектинов и других антипитательных веществ. Все это имеет следующие преимущества:

- 1) повышение привесов;
- 2) улучшение конверсии корма;
- 3) улучшение однородности поголовья, так как компенсируется ферментная недостаточность у животных и птиц;
- 4) сокращение проявлений диарей из-за улучшенного усвоения питательных веществ, которые не могут быть использованы патогенными бактериями;
- 5) ввод или повышенный ввод в рацион более выгодных, но проблемных компонентов, таких как послеспиртовая барда, отруби, рапсовые/подсолнечные шроты и жмыхи;
- 6) ввод нестабильных по качеству компонентов, таких как соевый жмых (перегретый с разрушенным протеином или недогретый с высоким уровнем ингибиторов трипсина), пересушенная кукуруза с высоким уровнем крахмала, устойчивая к усвоению, пшеница неопределенного происхождения (кормовая или продовольственная). 