

## **β-Маннаны как важный антипитательный фактор в кормовом сырье. Использование фермента β-манназы в кормах.**

Gao Jun

Guangdong Vtr Bio-Tech Co., Ltd

Зерновые, семена масличных и продукты их переработки являются широко используемыми кормовыми ингредиентами. Их клеточная стенка содержит сложные некрахмалистые полисахариды (НПС). Хорошо известно, что все НПС не перевариваются цыплятами-бройлерами, а некоторые НПС, особенно растворимые НПС, могут иметь антипитательные свойства и, таким образом, вызывать угнетение роста у птицы.

Маннан, как гемицеллюлозный полисахарид, занимает второе место после ксилана по распространенности в природе (McCleary, 1988). β-маннаны содержатся во многих ингредиентах корма, таких как пальмоядровый, соевый, копровый, кунжутный шрота и другом кормовом сырье из бобовых. Они являются крайне активными антипитательными факторами в рационе сельскохозяйственной птицы. Маннаны включают в себя четыре подсемейства: глюкоманнаны, галактоманнаны, галактоглюкоманнаны и чистые (линейные) маннаны, а их структура представлена на рисунке 1.

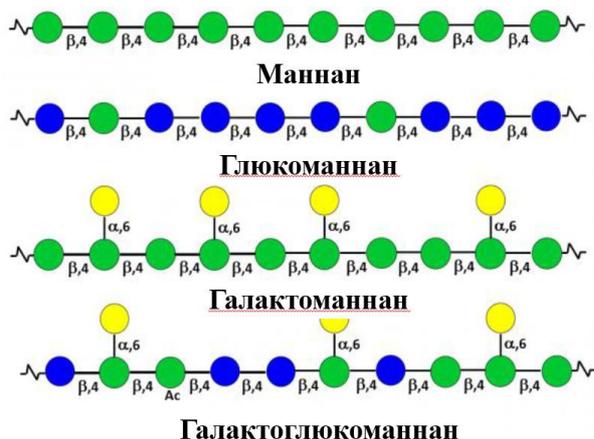


Рисунок 1. Четыре подсемейства маннанов

Соевый шрот является основным источником растительного белка в корме и содержит около 3% растворимых НПС и 16% нерастворимых НПС. В соевом шроте НПС в основном состоят из маннанов и галактоманнанов (Slominski, 2011). Поскольку соевый шрот широко используется в качестве источника растительного белка в кормах, β-маннан содержится в большинстве кормов для птицы и свиней.

Таблица 1. Среднее содержание β-маннана в некоторых видах сырья

Ингредиент	Содержание β-маннана, г/кг	Источник
Пальмоядровый шрот	367	Sundu et al. (2006a)
Копровый шрот	250	Sundu et al. (2006b)
Гуаровый шрот	87	Lee et al. (2004)
Соевый шрот	13-16	Shastak et al. (2015)
Рапсовый шрот	4,5	Dierick (1989)
Рожь	6,1	Dierick (1989)

Ячмень	4,3	Dierick (1989)
Пшеница	0,9	Dierick (1989)
Кукуруза	0,8	Dierick (1989)

Хотя содержание галактоманнана в соевом шроте невысоко, оно все равно вызывает беспокойство у специалистов по кормлению, поскольку оказывает антипитательное действие. Маннаны корма не усваиваются птицей и свиньями, но могут гидролизироваться под действием дополнительных экзогенных ферментов. Они могут становиться потенциальным источником энергии и пребиотиком, после их распада на манноолигосахариды (МОС). Таким образом, специалистам по кормлению следует обратить пристальное внимание на наличие маннанов в кормах, и использование фермента маннаназы в кормлении животных.

Из-за обилия маннанов в природе и их антипитательного эффекта на животных началось коммерческое производство фермента маннаназы и использование его в кормах для животных. Маннаназы считаются вторыми по важности ферментами, после ксиланазы, для гидролиза гемицеллюлоз. Эндо- $\beta$ -маннаназы — это эндогидролазы, которые расщепляют внутренние гликозидные связи цепочки маннана и производят  $\beta$ -1,4-манноолигосахариды и D-маннозу.

Учеными установлено, что добавление  $\beta$ -маннаназы улучшает усвояемость питательных веществ и продуктивность птицы, получающей корма на базе рациона кукуруза / соевый шрот у бройлеров (Li et al., 2010) и у кур-несушек (Wu et al., 2005). Аналогичный эффект наблюдается и на рационах, включающих сырье с высоким уровнем маннанов, такого как гуаровый шрот (Odetallah et al., 2002), копровая мука (Ibuki et al., 2013).

### **Механизм действия $\beta$ -маннаназы**

На основе имеющихся данных исследований, выделяют пять механизмов действия (эффектов), которые могут способствовать положительному влиянию на усвояемость питательных веществ и продуктивность животных при добавлении  $\beta$ -маннаназы в корма:

1. Уменьшение вязкости содержимого кишечника (химуса)

Растворимые галактоманнаны с высокой молекулярной массой могут растворяться в пищеварительном тракте, образуя высоковязкий химус. Эффект схож с действием растворимых арабиноксиланов и  $\beta$ -глюканов. Таким образом можно объяснить увеличение вязкости химуса из-за включения ингредиентов, содержащих высокий уровень водорастворимых галактоманнанов.

Высокая вязкость содержимого кишечника может замедлить скорость опустошения желудка, повлиять на смешивание субстрата с пищеварительными ферментами и снизить всасывание из-за меньшего контакта питательных веществ с энтероцитами.

Lee (2003 et al) продемонстрировали, что вязкость химуса увеличивается с увеличением содержания маннана из гуаровой шелухи и уменьшается при добавлении фермента  $\beta$ -маннаназы (рис. 2).

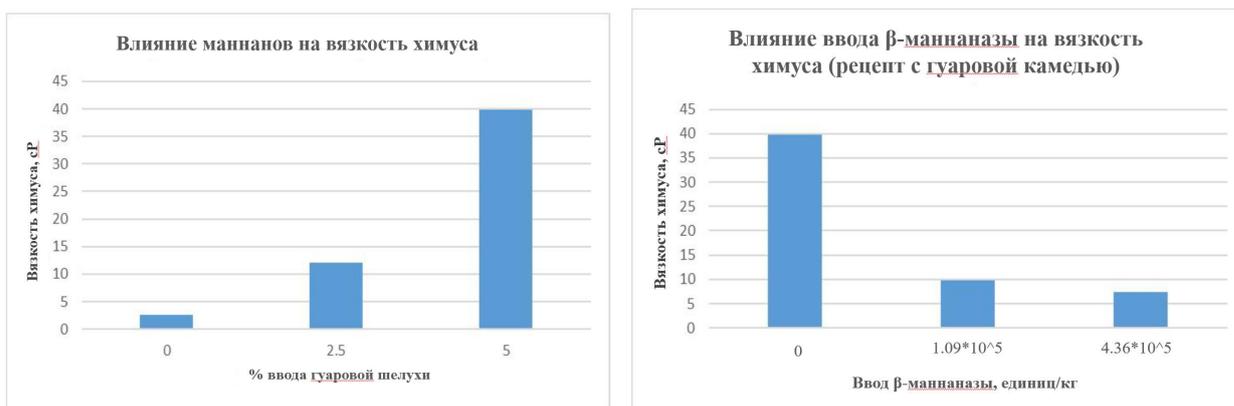


Рисунок 2. Влияние маннанов и добавления фермента маннаназы на вязкость химуса (Adapted from Lee et al, 2003)

Daskiran et al. (2004) наблюдали, что соотношение потребления у цыплят-бройлеров вода:корм увеличивалось с увеличением содержания маннанов в рационе (источник - гуаровая камедь) и имело тенденцию к снижению с добавлением фермента β-маннаназы. Высоковязкий химус стимулировал большее потребление воды бройлерами для поддержания надлежащего смешивания пищеварительных ферментов с субстратом. Однако, повышение потребления воды может привести к намоканию подстилки, что может вызвать проблемы со здоровьем у птицы.

## 2. Подавление размножения патогенов в кишечнике

β-Маннаназа может расщеплять маннаны с образованием маннаноолигосахаридов (МОС), которые, как полагают, предотвращают бактериальную адгезию к кишечнику за счет насыщения участков связывания. Данный эффект был исследован учеными, и было подтверждено, что МОС снижают адгезию патогенов к эпителиальным клеткам кишечника (Kunz et al., 2001) и подавляют колонизацию сальмонелл в кишечнике бройлеров и несушек (Morikoshi and Yokomizo, 2004). Поэтому считается, что добавление фермента β-маннаназы имеет функцию подавления пролиферации патогенов через ее ферментативный гидролизат - маннаноолигосахариды. Gutierrez et al. (2008) обнаружили, что добавление фермента β-маннаназы в рационы на основе кукурузы, соевого шрота и гуарового шрота значительно снижало количество колоний *Salmonella enteritidis* у кур-несушек на поздней стадии развития, зараженных этой патогенной бактерией.

Кроме того, МОС в низких дозах оказывают пребиотическое действие. Они могут быть использованы в качестве питательных веществ *Bifidobacteria* и *Lactobacilli*, но не использоваться патогенной микрофлорой, такой как *Clostridium perfringens* и *Escherichia coli*.

## 3. Влияние на иммунный ответ

Растительные β-маннаны воспринимаются организмом животных как аналог молекулы патогена, что приводит к чрезмерному стимулированию врожденной иммунной системы, и перерасходу части питательных веществ корма, чтобы отреагировать на «ложную» иммунную стимуляцию, вместо того, чтобы использовать их для роста и развития. Таким образом, добавление β-маннаназы способствует улучшению использования энергии корма в рационах на основе кукурузы и соевого шрота у цыплят-бройлеров (Li et al., 2010) и кур-несушек (Wu et al., 2005). Влияние β-маннаназы на эффективность использования энергии

частично объясняется снижением иммунной нагрузки, вызванной наличием  $\beta$ -маннанов в кормах (Li et al., 2010).

#### 4. Высвобождение связанных питательных веществ

Некрахмалистые полисахариды могут снижать усвояемость питательных веществ посредством инкапсуляции крахмала и белка внутри эндосперма злаков (Bedford, 1993). Как фермент, расщепляющий НПС,  $\beta$ -маннаназа может разрушать эффект инкапсуляции и улучшать усвоение питательных веществ. Li et al, (2010) отметили, что добавление  $\beta$ -маннаназы привело к увеличению кажущейся переваримости белка и клетчатки, а также улучшению значения кажущейся обменной энергии (AMEn).

#### 5. Высвобождение D-маннозы как источника энергии

Только  $\beta$ -маннаназа высвобождает короткоцепочные  $\beta$ -1,4-манноолигомеры, которые под воздействием  $\beta$ -маннозидаз могут далее расщепляться до D-маннозы и использоваться животными в качестве источника энергии.

### **Результаты опыта с использованием $\beta$ -маннаназы VTR в Сиднейском университете.**

Добавление  $\beta$ -маннаназы в рацион бройлеров считается эффективной стратегией кормления для преодоления неблагоприятного воздействия галактоманнанов на организм цыплят-бройлеров. В Сиднейском университете было проведено исследование с целью изучения влияния добавления фермента  $\beta$ -маннаназы VTR на производительность бройлеров, потребляющих корма на основе кукурузы и соевого шрота. Опыт осуществлялся в соответствии с факторными схемами  $2 \times 4$ , которые состояли из четырех уровней включений  $\beta$ -маннаназы (дозировок) и двух уровней обменной энергии в рационе. В общей сложности 720 суточных птенцов Ross 308 были случайным образом распределены по 48 напольным станкам (по 15 птиц в станке), и каждая группа имела 6 повторений.

Было выявлено линейное влияние ввода  $\beta$ -маннаназы ( $P = 0,030$ ) на скорость роста бройлеров, в опытных группах со стандартным уровнем ОЭ (рис. 3), чего не наблюдалось в случае с рецептами со сниженным уровнем ОЭ. В опытных группах с добавлением  $\beta$ -маннаназы и со стандартными рецептами скорость роста была достоверно выше, чем в контрольной группе, а в группе с дозировкой 300 мг/кг  $\beta$ -маннаназы VTR отмечалось численное улучшение скорости роста на 3,75% (2887 г/птицу против 2773 г/птицу).

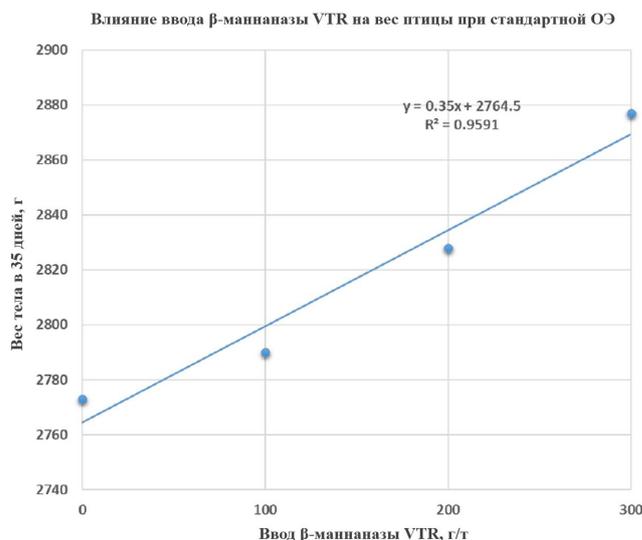


Рисунок 3. Влияние  $\beta$ -маннаназы VTR на продуктивность цыплят-бройлеров (неопубликованные данные, 2022)

## Выводы

$\beta$ -Маннаны являются антипитательным фактором и широко распространены в кормовом сырье. Они оказывают негативное влияние на вязкость содержимого пищеварительного тракта, усвояемость питательных веществ, метаболизм, здоровье и общую продуктивность животных. Добавление фермента  $\beta$ -маннаназы может помочь преодолеть антипитательный эффект от  $\beta$ -маннанов. Также, данный фермент может быть полезен в кормлении моногастричных животных, поскольку обладает широким спектром эффектов действия.  $\beta$ -Маннаназа играет различные роли в разных условиях за счет отдельных или комбинированных механизмов своего действия.

Поэтому при применении  $\beta$ -маннаназы в кормах необходимо учитывать состав рациона, источник  $\beta$ -маннанов, возраст птиц или животных, условия содержания.

## Источники литературы

1. BEDFORD, M.R. (1993) Mode of action of feed enzymes. *Journal of applied poultry research* 2: 85-92.
2. DASKIRAN, M., TEETER, R.G., FODGE, D.W. and HSIAO, H.Y. (2004) An evaluation of endo- $\beta$ -D mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets varying in  $\beta$ -mannan content. *Poultry Science* 83: 662-668.
3. GUTIERREZ, O., ZHANG, C., CALDWELL, D.J., CAREY, J.B., CARTWRIGHT, A.L. and BAILEY, C.A. (2008) Guar meal diets as an alternative approach to inducing moult and improving salmonella enteritidis resistance in late-phase laying hens. *Poultry Science* 87: 536-540.
4. IBUKI, M., FUKUI, K. and YAMAUCHI, K. (2013) Effect of dietary mannanase-hydrolysed copra meal on growth performance and intestinal histology in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.
5. KUNZ, M., VOGEL, M., KLINGEBERG, M., LUDWIG, E. MUNIR, M. and RITTIG, F. (2001) Galactomannan oligosaccharides and methods for the production and use thereof. *The*

- World Intellectual Property Organisation Patent, WO2001044489 A2.
6. LEE, J.T., BAILEY, C.A. and CARTWRIGHT, A.L. (2003)  $\beta$ -Mannanase ameliorates viscosity-associated depression of growth in broiler chickens fed guar germ and hull fractions. *Poultry Science* 82: 1925-1931.
  7. LI, Y., CHEN, X., CHEN, Y., LI, Z. and CAO, Y. (2010) Effect of  $\beta$ -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn-soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilisation and immunoglobulin levels. *Animal Feed Science and Technology* 159: 59-67.
  8. McCLEARY, B.V. (1988)  $\beta$ -D-mannanase. *Methods in Enzymology* 160: 596-610.
  9. MORIKOSHI, T. and YOKOMIZO, F. (2004)  $\beta$ -1,4-mannobiose-containing composition. The World Intellectual Property Organisation Patent, WO2004048587 A1.
  10. Slominski, B. A. 2011. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poult. Sci.* 90:2013–2023.
  11. WU, G., BRYANT, M.M., VOITTE, R.A. and ROLAND, D.A. Sr (2005) Effect of  $\beta$ -mannanase in corn-soydiets on commercial leghorns in second-cycle hens. *Poultry Science* 84: 894-897.