

*Трубников Денис Владимирович, канд. биолог. наук, доцент, декан факультета ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Курская ГСХА*

*Петрова Светлана Николаевна, док. с.-х. наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям ФГБОУ ВО Курская ГСХА*

*Трубникова Елена Владимировна, док. биолог. наук, зав. научно-исследовательской лаборатории «Генетика» ФГБОУ ВО Курский государственный университет*

*Белоус Александр Сергеевич, канд. мед. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Генетика» ФГБОУ ВО Курский государственный университет*

*Данилова Мария Андреевна, научный сотрудник ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук*

*Жукова Марья Андреевна, студентка 4 курса, лечебного факультета ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, научно-исследовательская лаборатория «Генетика» ФГБОУ ВО Курский государственный университет*

*Воробьев Александр Сергеевич, магистр 1 курса естественно-географического факультета ФГБОУ ВО Курский государственный университет*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ШТАММОВ-ПРОДУЦЕНТОВ В-1,4-МАННАНАЗЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

**Аннотация:** в статье представлен обзор результатов исследований, посвященных характеристике  $\beta$ -1,4-маннаназ из продуцентов различного происхождения и практическому применению в сельском хозяйстве в качестве кормовой биодобавки с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных животных.

**Ключевые слова:** белковая кормовая добавка, продуценты, маннан, сельскохозяйственные животные.

**Abstract:** the article provides an overview of the results of studies devoted to the characterization of  $\beta$ -1,4-mannanases from producers of various origins and their practical use in agriculture as a feed supplement in order to increase the productivity of farm animals.

**Key words:** protein feed additive, producers, mannan, farm animals.

Актуальность: создание продуцентов ферментов кормового назначения является одной из важнейших задач современной биотехнологии. На текущий момент  $\beta$ -1,4-маннаназа не является традиционным компонентом премиксов для кур, свиней и рыб. Тем не менее, в последние годы появился целый ряд сообщений о высокой эффективности использования этого фермента в кормлении. Наличие массы таких публикаций обуславливает актуальность составления обзора достижений в этом перспективном направлении биотехнологии.

Маннан – растительный полисахарид, образованный остатками моносахарида – маннозы, содержащийся в клетках высших растений, дрожжей, плесневых и других грибов, водорослях [4; 7]. Маннан в основном присутствует в четырех различных формах: линейный маннан, галактоманнан, глюкоманнан и галактоглюкоманнан. Маннаны составляют значительную часть растительного сырья многих видов производства. Как правило, они являются побочными, и часто, нежелательными компонентами технологических процессов, соответственно для снижения риска их негативного влияния требуется устранение маннанов.

$\beta$ -маннаназой называют фермент, гидролизующий  $\beta$ -1,4-гликозидную связь маннана, которая присутствует во всех формах полисахарида. Наряду с  $\beta$ -маннаназой, в расщеплении боковых цепей  $\beta$ -маннанов принимают участие следующие ферменты [1]:

1.  $\beta$ -маннозидаза, катализирующая отщепление концевых  $\beta$ -D-маннозных остатков в  $\beta$ -D-маннозидах;
2.  $\beta$ -Глюкозидаза, катализирующая расщепление 1,4- $\beta$ -гликозидных связей в невосстанавливающихся концах олигосахаридов, образованных из глюкоманнанов и галактоглюкоманнанов под действием  $\beta$ -маннаназы;
3.  $\alpha$ -Галактозидаза, гидролизующая концевые невосстанавливающие  $\alpha$ -галактозные остатки в галактоманнанах и галактоглюкоманнан.

Большинство промышленно используемых  $\beta$ -маннаназ имеет микробное происхождение. В природе имеется большое разнообразие микроорганизмов, способных эффективно разлагать  $\beta$ -маннаны. В качестве популярных источников  $\beta$ -маннаназ можно назвать грамположительные (роды *Bacillus*, *Clostridium*) и грамотрицательные бактерии (*Klebsiella oxytoca*, *Vibrio* spp., *Pseudomonas* spp.), также грибы-дейтеромицеты родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*. В литературе описан ряд экспериментов по скринингу образцов природных материалов на присутствие микроорганизмов – продуцентов маннаназ, затем подбор оптимальных условий для их культивирования, выделение и очистка фермента, наработанного в процессе роста организма-продуцента [3]. В качестве источников  $\beta$ -маннана при этом традиционно используются камеди рожкового и горохового дерева.

Помимо производства комбикормов,  $\beta$ -маннаназы находят практическое применение в целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности, в производстве синтетических моющих средств [2].

Добавление ферментативных препаратов, имеющих в составе  $\beta$ -1,4-маннаназу, в рацион сельскохозяйственных животных, позволяет улучшать физиологическое состояние животных, повышать кормовую эффективность компонентов корма, снижать затраты на кормление.

Маннаны содержатся во многих растительных кормах, и, несмотря на их небольшое относительное содержание в них, оказывают ряд негативных эффектов, а именно понижают общую питательность корма и эффективность его использования. Часто маннаны связаны с другими углеводами

(глюкоманнаны, галактомананы), образуя сложные химические комплексы, которые не поддаются гидролизу ферментами, присутствующими в панкреатическом секрете кур свиней и других продуктивных животных помимо жвачных. Дополнительное отрицательное действие  $\beta$ -маннана на кормовую эффективность зерновых кормов является их способность повышать вязкость химуса тонкого кишечника, что замедляет пищеварение и провоцирует рост условно-патогенных микроорганизмов. Ряд этих факторов обуславливает необходимость применять ферментативные препараты в качестве биодобавок к кормам. Промышленные  $\beta$ -маннаназы имеют высокую термоустойчивость, широкий диапазон pH, что облегчает их введение в состав кормов для животных с применением грануляции на распылительной сушке.

В исследовании (Ayoola et al., 2015) установлено благотворное влияние  $\beta$ -1,4-маннаназы на морфологию тонкого кишечника индеек и бройлеров, а именно на слизистую оболочку. Зафиксировано увеличение ширины кончика кишечных ворсинок на 36%, глубина крипт увеличилась на 32%, площадь поверхности ворсинок на 34%. Таким образом, увеличение всасывающей площади слизистой оболочки улучшает абсорбцию микро- и макроэлементов.  $\beta$ -1,4-маннаназа ингибирует секрецию муцина, представляющего собой гликопротеин, содержащий кислые полисахариды [4]. Выполняя защитную функцию, муцин одновременно является субстратом для размножения бактерий, поэтому уменьшение его секреции может снизить риск распространения патогенов в кишечнике.

Выводы. Производство и практическое применение  $\beta$ -1,4-маннаназы в изготовлении сельскохозяйственных кормов является перспективным направлением в связи с возможностью использовать корма с низкой себестоимостью в сочетании с  $\beta$ -1,4-маннаназой, при этом улучшать физиологическое состояние животных и повышать их продуктивность.

#### **Библиографический список:**

1. Радиф Зейд Халоф Радиф Разработка биотехнологии маннозы и манносодержащих гидролизатов из растительного сырья и исследование их биологических функций: дис. ... канд. техн. наук: 03.01.06. - Воронеж, 2018. - 116 с.
2. Черемушкина И.В. Оптимизация условий биосинтеза  $\beta$ -маннаназы грибного происхождения / И.В. Черемушкина, Н.А. Некрасова, С.Н. Черняева [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2013. - № 2. – С. 206-210.
3. Черенков Д.А.  $\beta$ -маннаназы различного происхождения: получение, характеристика и перспективы практического применения / Д.А. Черенков, О.С. Корнеева, Е.П. Анохина // Успехи современной биологии. – 2010. – Т. 130. - № 2. – С. 190-199.
4. Ayoola, A. A., Malheiros, R. D., Grimes, J. L., and Ferket, P. R. (2015). Effect of dietary exogenous enzyme supplementation on enteric mucosal morphological development and adherent mucin thickness in Turkeys. *Front. Vet. Sci.* 2:45.doi: 10.3389/fvets.2015.00045.
5. Dawood A, Ma K. Applications of Microbial  $\beta$ -Mannanases. *Front Bioeng Biotechnol.*2020;8:598630.Published 2020 doi:10.3389/fbioe.2020.598630.
6. Govil, K., Nayak, S., Baghel, R., Patil, A., Malapure, C., and Thakur, D. (2017). Performance of broiler chicken fed multicarbohydases supplemented low energy diet. *Vet. World* 10:727. doi: 10.14202/vetworld.2017.727-731.
7. Latham, R., Williams, M., Walters, H., Carter, B., and Lee, J. (2018). Efficacy of  $\beta$ -mannanase on broiler growth performance and energy utilization in the presence of increasing dietary galactomannan. *Poult. Sci.* 97, 549–556. doi: 10.3382/ps/pex30.