

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ МИКРОБНОЙ ПРИРОДЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**В.Н. Алешин**, канд. техн. наук., старший научный сотрудник

**Т.В. Першакова**, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник

**Г.А. Купин**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

**Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (филиал) Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (Россия, г. Краснодар)**

***Аннотация.** В статье проведен обзор зарубежных материалов, посвященных исследованиям перспектив применения биологических препаратов микробной природы для формирования потребительских свойств растительного сырья, на примере зерна пшеницы. Биопрепараты эффективны в небольших количествах и быстро разлагаются, что позволяет избегать проблемы загрязнения окружающей среды. Проведенный анализ позволил сделать вывод о том, что исследования в области разработки формирования качества зерна с использованием биологических препаратов микробной природы актуальны и перспективны.*

***Ключевые слова:** биологические препараты, биоконтроль, хранение, фитопатогены, микотоксины, биоконтроль, *Vacillus subtilis*.*

Одними из приоритетных направлений, определяемых «Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной указом Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 года, являются переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств биологической защиты сельскохозяйственных растений, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных продуктов питания [1].

Хлебобулочные изделия, являются продуктами питания массового спроса. Потребительские свойства продуктов питания формируются на всех этапах их производства. Для хлебобулочных изделий формирование потребительских свойств происходит в интегрированной системе: агропредприятие зернового направления – предприятие по хранению зерна – мукомольный завод – хлебозавод. В связи с этим, актуальна разработка методологии целенаправленного формирования потребительских свойств хлебобулочных изделий на всех этапах интегрированной системы. Фор-

мирование потребительских свойств может идти по 2 направлениям: регулирование качества зерна и муки путем обработки биологическими препаратами микробной природы с целью защиты от микробиологической порчи и индукции собственной резистентности, и повышение пищевой и физиологической ценности готовых изделий, путем внесения биологических препаратов растительной природы.

На сегодняшний день для биоконтроля фитопатогенов применяются несколько подходов. Традиционный способ – использование таких химических веществ, как синтетические пестициды (в том числе фунгициды, бактерициды, вируциды, нематоциды и инсектициды). Несмотря на достаточно высокую эффективность синтетических пестицидов, их применение часто ассоциируется с загрязнением окружающей среды и потенциальным риском для здоровья человека и животных. Более того, ряд фитопатогенов вирусной и бактериальной природы нечувствителен к доступным на рынке препаратам, а некоторые патогенные грибы, нематоды, акариды и насекомые могут со временем приобретать устойчивость, что позволяет им

переносить большие дозы синтетических пестицидов без значительных повреждений. Альтернативным подходом является применение биопрепаратов, к преимуществу которых, по сравнению с обычными синтетическими пестицидами относят меньшую токсичность и направленность на конкретную цель и близкородственные организмы (в то время как синтетические пестициды широкого спектра действия могут одновременно влиять на разные организмы, такие как насекомые, птицы, млекопитающие). Биопрепараты также часто эффективны в небольших количествах и быстро разлагаются, что позволяет избегать проблемы загрязнения окружающей среды. Применение биопрепаратов совместно с синтетическими пестицидами позволяет в некоторых случаях значительно снизить расход последних.

Одним из наиболее широко применяемых на сегодняшний день видов биопрепаратов являются препараты микробной природы. На рынке представлено значительное количество биопрепаратов, предлагаемых для биологической защиты растений. Суть биологической защиты – в использовании штаммов микроорганизмов, подавляющих развитие патогенов, но при этом не вредящих объекту обработки. Биопрепараты микробной природы могут применяться не только для защиты растений во время вегетации и во время сбора урожая и его хранения. Разработчики биопрепаратов заявляют, что возможны различные механизмы действия или их сочетания: конкуренция за пространство и питательные вещества между биоагентами и фитопатогенами, паразитизм, антибиоз (выделение биоагентом антимикробных веществ в окружающую среду), ускорение роста растений, индукция резистентности в обрабатываемом растении (активация естественных защитных механизмов) [2].

Анализ научно-исследовательской литературы свидетельствует об актуальности исследований в сфере применения микроорганизмов для борьбы с заболеваниями растений.

В работе [3] показана возможность использования морских дрожжей *Debaryomyces hansenii* BCS003 для биоконтроля фитопатогенных грибов (*Mucor circinelloides*, *Aspergillus* sp., *Fusarium proliferatum* и *Fusarium subglutinans*), а также для предотвращения накопления микотоксинов в зерне кукурузы.

В работе [4] установлено, что дрожжи *Pichia anomala* обладают антагонистическими свойствами по отношению к ряду плесневых грибов (например, *Penicillium roqueforti*), и их применение позволяет повысить устойчивость зерна пшеницы при хранении.

В работе [5] авторы изучали способность некоторых растительных экстрактов и биоагентов подавлять развитие плесневого гриба *Aspergillus flavus* и накопление афлатоксина В1 (AFB1) в зерне риса. Помимо прочего было установлено, что культуральный фильтрат бактерий *Rhodococcus erythropolis* полностью ингибировал синтез AFB1 в концентрации 25 мл/кг. Другие биологические агенты – бактерии *Pseudomonas fluorescens*, гриб *Trichoderma virens* и бактерии *Bacillus subtilis* – продемонстрировали способность подавлять рост *A. flavus* на 93,0%, 80,0% и 68,0%, а также снижать накопление AFB1 на 83,7%, 72,2% и 58,0% при концентрации 200 мл/кг, соответственно.

Серьезной проблемой для сельского хозяйства является фузариоз колоса зерновых (пшеницы, ржи, ячменя, овса и тритикале), вызываемый грибами рода *Fusarium* (в первую очередь, *F. graminearum*). Известно множество работ, посвященных поиску биоагентов для борьбы с этим заболеванием. Сократить частоту возникновения фузариоза и тяжесть протекания удавалось с применением бактерий *Bacillus* spp. [6-8], *Pseudomonas* spp. [9-10], *Streptomyces* spp. [11] и *Lysobacter* spp. [12], а также грибов *Cryptococcus* spp. [6,8,13] и *Clonostachys* spp. [14-17].

На международном рынке известен препарат для защиты зерновых от фузариоза колоса – биологический фунги-

цид Polyversum, созданный на основе *Rhizium oligandrum* ATCC 38472.

Подавить развитие *F. graminearum* и накопление микотоксинов в зерне при хранении, по данным [18], позволяло применение бактерий *V. amyloliquefaciens* WPS4-1. В работах [19,20] показано, что молочнокислые бактерии также способны ингибировать рост *F. graminearum* в зерне.

Таким образом, существует значительное количество микроорганизмов для биологической защиты растений (и зерна в том числе). Но особый интерес на наш взгляд представляют бактерии *Bacillus subtilis*, что связано с рядом их свойств.

*Bacillus subtilis* (сенная палочка) – вид грамположительных спорообразующих бактерий широко распространенных в природе. Основное местообитание – почва. Поселяется на корнях растений, что является примером взаимовыгодных отношений, так как в процессе жизнедеятельности выделяет в окружающую среду антимикробные вещества для борьбы с другими микроорганизмами-конкурентами, в том числе и с фитопатогенами.

По данным [21], сенная палочка продуцирует 66 антимикробных веществ. Среди них – такие антибиотики, как бацитрацин, полимиксин, диффицидин, субтилин, микобациллин. Сенная палочка также синтезирует многие ферменты (амилаза, протеаза, пуллуланаза, хитиназа, ксиланаза, липаза и другие), в результате чего используется в промышленности для их получения.

Для человека и животных *Bacillus subtilis* не патогенна: согласно санитарно-эпидемиологическому правилу СП 1.3.2322-08 «Безопасность работы с микроорганизмами III - IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней» (приложение № 1), *Bacillus subtilis* не относится к патогенным для человека микроорганизмам.

Она может вызывать порчу некоторых продуктов питания (например, картофеля), но это редко приводит к пищевым отравлениям. Применяется в Японии для производства натто – сброжен-

ных соевых бобов (содержит до 108 живых клеток *Bacillus subtilis* на грамм). Известно также о применении некоторых штаммов *Bacillus subtilis* в медицине и ветеринарии в качестве пробиотиков и в составе БАД. Например, в России зарегистрированы такие лекарственные препараты, как «Бактиспорин», «Биоспорин» и «Споробактерин». В животноводстве, птицеводстве и рыбководстве применяется пробиотик Субтилис. Данные препараты предлагается использовать для подавления роста патогенных и условно патогенных микроорганизмов при бактериальных инфекциях желудочно-кишечного тракта (дисбактериозах).

Конечно, возможность применение *Bacillus subtilis* для биоконтроля заболеваний растений известна уже достаточно давно. Из множества присутствующих на рынке биопрепаратов можно указать, например, препарат Serenade Optimum компании Bayer Crop Science New Zealand, который содержит штамм *Bacillus subtilis* QST 713. Производитель заявляет, что препарат обладает антигрибным и анти-бактериальным действиями, а также стимулирует естественные защитные механизмы в растениях. А работа [22] посвящена изучению возможности применения этого препарата для защиты пшеницы от патогена *Puccinia striiformis*.

Но различные штаммы микроорганизмов одного вида могут обладать различными свойствами. В связи с этим представляет интерес изучить возможность применения новых штаммов *Bacillus subtilis*, используемых в таких зарегистрированных в России биопрепаратах для защиты растений, как, например, Алирин (штамм В-10 ВИЗР), Витаплан (смесь штаммов ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605D), Гамаир (штамм М-22 ВИЗР), Бактофит (штамм ИПМ-215), для защиты зерна пшеницы при хранении.

Проведенный анализ позволил сделать вывод о том, что исследования в области разработки формирования качества зерна и муки с использованием биологических препаратов микробной природы актуальны и перспективны.

## Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 01.12.2016 N 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», [Электронный ресурс]//Консультант плюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/)(дата обращения: 06.02.2017).
2. Romanazzi G. et al. (2016). Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. Postharvest Biol. Technol. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.003>).
3. Medina-Córdova Noé, López-Aguilar Raúl, Ascencio Felipe, Castellanos Thelma, Campa-Córdova Angel I., Angulo Carlos. Biocontrol activity of the marine yeast *Debaryomyces hansenii* against phytopathogenic fungi and its ability to inhibit mycotoxins production in maize grain (*Zea mays* L.). *Biological Control*, Volume 97, June 2016, Pages 70-79.
4. Petersson Stina, Jonsson Nils, Schnürer Johan. *Pichia anomala* as a biocontrol agent during storage of high-moisture feed grain under airtight conditions. *Postharvest Biology and Technology*, Volume 15, Issue 2, February 1999, Pages 175-184.
5. Reddy K.R.N., Reddy C.S., Muralidharan K. Potential of botanicals and biocontrol agents on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* infecting rice grains. *Food Control*, Volume 20, Issue 2, February 2009, Pages 173-178.
6. Khan, N.I., Schisler, D.A., Boehm, M.J., Slininger, P.J., and Bothast, R.J. (2001). Selection and evaluation of microorganisms for biocontrol of Fusarium Head Blight of wheat incited by *Gibberella zeae*. *Plant Dis.* 85, 1253–1258.
7. Palazzini, J.M., Ramirez, M.L., Torres, A.M., and Chulze, S.N. (2007). Potential biocontrol agents for Fusarium head blight and deoxynivalenol production in wheat. *Crop Prot.* 26, 1702–1710.
8. Schisler, D.A., Khan, N.I., Boehm, M.J., and Slininger, P.J. (2002). Greenhouse and field evaluation of biological control of Fusarium Head Blight on durum wheat. *Plant Dis.* 86, 1350–1356.
9. Schisler, D.A., Khan, N.I., Boehm, M.J., Lipps, P.E., Slininger, P.J., and Zhang, S. (2006). Selection and evaluation of the potential of choline-metabolizing microbial strains to reduce Fusarium head blight. *Biol. Control* 39, 497–506.
10. Wang, L.-Y., Xie, Y.-S., Cui, Y.-Y., Xu, J., He, W., Chen, H.-G., and Guo, J.-H. (2015). Conjunctively screening of biocontrol agents (BCAs) against Fusarium root rot and Fusarium head blight caused by *Fusarium graminearum*. *Microbiol. Res.* 177, 34–42.
11. Palazzini, J.M., Yerkovich, N., Alberione, E., Chiotta, M., and Chulze, S.N. (2017). An integrated dual strategy to control *Fusarium graminearum sensu stricto* by the biocontrol agent *Streptomyces* sp. RC 87B under field conditions. *Plant Gene* 9, 13–18.
12. Jochum, C.C., Osborne, L.E., and Yuen, G.Y. (2006). Fusarium head blight biological control with *Lysobacter enzymogenes* strain C3. *Biol. Control* 39, 336–344.
13. Zhang, S., Schisler, D.A., Boehm, M.J., and Slininger, P.J. (2007). Utilization of chemical inducers of resistance and *Cryptococcus flavescens* OH 182.9 to reduce Fusarium head blight under greenhouse conditions. *Biol. Control* 42, 308–315.
14. Luongo, L., Galli, M., Corazza, L., Meekes, E., Haas, L.D., Plas, C.L.V.D., and Köhl, J. (2005). Potential of fungal antagonists for biocontrol of *Fusarium* spp. in wheat and maize through competition in crop debris. *Biocontrol Sci. Technol.* 15, 229–242.
15. Palazzini, J.M., Groenenboom-de Haas, B.H., Torres, A.M., Köhl, J., and Chulze, S.N. (2013). Biocontrol and population dynamics of *Fusarium* spp. on wheat stubble in Argentina. *Plant Pathol.* 62, 859–866.
16. Xue, A., Chen, Y., Voldeng, H., Savard, M., and Tian, X. (2008). Biological control of Fusarium head blight of wheat with *Clonostachys rosea* strain ACM941. *Cereal Res. Commun.* 36, 695–699.

17. Xue, A.G., Chen, Y., Voldeng, H.D., Fedak, G., Savard, M.E., Längle, T., Zhang, J., and Harman, G.E. (2014). Concentration and cultivar effects on efficacy of CLO-1 biofungicide in controlling Fusarium head blight of wheat. *Biol. Control* 73, 2–7.

18. Shi, C., Yan, P., Li, J., Wu, H., Li, Q., and Guan, S. (2014). Biocontrol of Fusarium graminearum growth and deoxynivalenol production in wheat kernels with bacterial antagonists. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 11, 1094–1105.

19. Gerez, C.L., Torres, M.J., Font de Valdez, G., and Rollán, G. (2013). Control of spoilage fungi by lactic acid bacteria. *Biol. Control* 64, 231–237.

20. Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A., and Gobbetti, M. (2000). Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough *Lactobacillus plantarum* strain 21B. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 4084–4090.

21. Olmos J., Paniagua-Michel J. (2014). *Bacillus subtilis* – a potential probiotic bacterium to formulate functional feeds for aquaculture. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*. Vol. 6 (7), p. 361–365.

22. Reiss A., Jørgensen L.N. Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with Serenade®ASO (*Bacillus subtilis* strain QST713). *Crop Protection*, Volume 93, March 2017, Pages 1-8.

## **BIOLOGICAL PREPARATIONS OF MICROBIAL NATURE AS A TOOL FOR FORMATION OF CONSUMER PROPERTIES OF PLANT RAW MATERIAL**

**V.N. Aleshin**, *candidate of technical sciences., senior researcher*

**T.V. Pershakova**, *doctor of technical sciences, leading researcher*

**G.A. Kupin**, *candidate of technical sciences, senior researcher*

**Krasnodar Research institute of storage and processing of agricultural products (branch) of the North-Caucasian federal scientific center for horticulture, viticulture, winemaking**

**(Russia, Krasnodar)**

**Abstract.** *The article reviews foreign materials devoted to the research of the prospects for the use of biological preparations of microbial nature for the formation of consumer properties of plant raw materials, for example, wheat grains. Biopreparations are effective in small amounts and rapidly decompose, which avoids the problem of environmental pollution. The analysis made it possible to conclude that research into the development of grain quality formation using biological microbial preparations is relevant and promising.*

**Keywords:** *biological preparations, biocontrol, storage, phytopathogens, mycotoxins, biocontrol, Bacillus subtilis.*