

ISSN 1029-8940 (Print)  
ISSN 2524-230X (Online)

УДК 664.769+663.03+579.6+577.15  
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-1-82-91>

Поступила в редакцию 18.07.2018  
Received 18.07.2018

**Е. Н. Урбанчик<sup>1</sup>, Л. И. Сапунова<sup>2</sup>, М. Н. Галдова<sup>1</sup>, А. И. Малашенко<sup>1</sup>,  
И. О. Тамкович<sup>2</sup>, И. В. Мороз<sup>2</sup>, А. Н. Павлюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**Аннотация.** Обоснованы режимы ферментативной обработки зерна пшеницы продовольственной и гороха продовольственного с целью интенсификации процесса получения проростков. Проращивание зерна в оптимизированных условиях предполагает применение на стадии замачивания ферментных препаратов целлюлолитического (целлюлаза, ксиланаза,  $\beta$ -глюканаза) и амилолитического действия в концентрации 0,005 % в течение 3 ч, причем для получения проростков пшеницы наиболее эффективными из исследованных препаратов являются Вискоферм (Novozymes, Дания) и Комплиферм (Институт микробиологии НАН Беларуси), для получения проростков гороха – Вискоферм (Novozymes, Дания). В результате ферментативной обработки длительность процесса проращивания зерна пшеницы по сравнению с контролем сокращается в среднем на 2–4 ч, семян гороха – на 4–5 ч. Применение данной технологии позволяет увеличить выход проростков и повысить рентабельность их производства.

**Ключевые слова:** зерно пшеницы и гороха, ферментативная обработка, проростки, получение биологически активного сырья

**Для цитирования:** Интенсификация процесса получения пророщенного зернового сырья с использованием ферментных препаратов комплексного действия / Е. Н. Урбанчик [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 82–91. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-1-82-91>

**E. M. Ourbantchik<sup>1</sup>, L. I. Sapunova<sup>2</sup>, M. M. Galdova<sup>1</sup>, A. I. Malashenko<sup>1</sup>, I. A. Tamkovich<sup>2</sup>,  
I. V. Maroz<sup>2</sup>, A. M. Pauliuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

### **INTENSIFICATION OF GRAIN SPROUTING PROCESS USING COMPLEX ENZYME PREPARATIONS**

**Abstract.** The regimes were grounded for enzymatic treatment of food wheat and peas grain to intensify seedling production. Optimization of grain germination process envisages application at the steeping stage of cellulolytic enzyme preparations (cellulase, xylanase,  $\beta$ -glucanase) and amylolytic enzymes in 0.005 % concentrations during 3 h. The highest efficiency among tested biopreparations for wheat sprouting was shown by Viscoferm (Novozymes, Denmark) and Compliferm (Institute of Microbiology, NAS Belarus), whereas Viscoferm proved the most active in terms of peas germination. Enzymatic treatment results in reduced duration of wheat grain sprouting by 2–4 h, pea seed sprouting by 4–5 h on the average, and increased seedlings yield, raising thereby profitability of the process.

**Keywords:** wheat and pea grain, enzymatic treatment, seedlings, production of bioactive feedstock

**For citation:** Ourbantchik E. M., Sapunova L. I., Galdova M. M., Malashenko A. I., Tamkovich I. A., Maroz I. V., Pauliuk A. M. Intensification of grain sprouting process using complex enzyme preparations. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2019, vol. 64, no. 1, pp. 82–91 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-1-82-91>

**Введение.** В современных условиях развитие пищевой промышленности невозможно без внедрения новых технологий, основанных на принципах рационального использования сырьевых ресурсов, безопасности, высокой пищевой и биологической ценности продукции [1]. Особенно это касается хлебобулочного и кондитерского производства, где в последнее время все более широкое применение находит нетрадиционное сырье – проростки семян зерновых, крупяных и бобовых культур [2–6].

Зерно характеризуется высоким содержанием белка, витаминов, полифенолов, минералов и других биологически активных веществ, которые обладают антиоксидантной, противовоспалительной, антибактериальной, противоопухолевой активностью и играют важную роль в поддержании здоровья и в профилактике ряда заболеваний человека [7–12]. При естественном прорастании содержание полезных веществ, находящихся в семенах в сбалансированных количествах и соотношениях, в относительно короткие сроки существенно возрастает в результате синтеза *de novo* или трансформации [6, 11, 13–15].

Известно стимулирующее действие ферментов, гидролизующих полимеры растительной клеточной стенки, на прорастание семян растений. Использование экзогидролаз различного способа действия и субстратной специфичности в технологии проращивания существенно сокращает длительность процесса, экономит материальные и энергетические ресурсы, увеличивает выход проростков, повышает качество проростков и изготовленных на их основе продуктов [16–19]. Например, обработка ферментными препаратами ксиланолитического действия улучшает технологические характеристики, повышает содержание макро- и микроэлементов, снижает энергетическую ценность мучных кондитерских изделий, изготовленных из пророщенного зерна пшеницы и гречихи [4, 5]. Таким образом, проращивание зерна (в том числе с использованием ферментов) как простой, дешевый и экологически безопасный процесс – важный биотехнологический тренд в области создания и производства продуктов питания высоких потребительских достоинств. При постоянно растущем спросе на пророщенное зерно и содержащие его продукты [20, 21] все еще нерешенными остаются вопросы, касающиеся технологии проращивания, микробиологической безопасности и качества готовой продукции.

Цель исследования – оценка эффективности использования ферментных препаратов различного компонентного состава в процессе проращивания семян гороха продовольственного и пшеницы продовольственной, произрастающих на территории Республики Беларусь.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения экспериментов были отобраны 32 образца семян пшеницы продовольственной 3-го класса и 24 образца гороха продовольственного сорта Миллениум (по 20 г в каждом из образцов). Проращивание зернового сырья проводили водно-воздушным способом при температуре  $25 \pm 2$  °С (контроль), а также с добавлением одного из ферментных препаратов различного компонентного состава (см. таблицу) в концентрации 0,001–0,08 % к весу зерна (опыт). Семена пшеницы и гороха промывали холодной ( $10 \pm 2$  °С) водопроводной водой и замачивали. Процесс проращивания контролировали визуально и завершали при содержании в образцах не менее 75 % зерен пшеницы и 85 % зерен гороха с длиной ростков, не превышающей соответственно 2 и 3 мм.

**Компонентный состав и активность ферментных препаратов**  
**Composition and activity of enzyme preparations**

Ферментный препарат (производитель)	Состав и активность ферментов, ед/мл (ед/г)					
	α-Амилаза	Глюкоамилаза	Протеаза	β-Глюканаза	Ксиланаза	Целлюлаза
Сахзайм Плюс 2X (Novozymes, Дания)	374	22 312	–	–	–	–
Вискоферм (Novozymes, Дания)	625	–	–	2 217	2 313	64
Комплиферм (Институт микробиологии НАН Беларуси, Беларусь)	46	–	–	1 337	1 450	152
Дельтазим APS 2X (BASF, США)	–	–	176	–	–	–
Дельтазим VR RX (BASF, США)	–	–	–	–	5 547	–

В ферментных препаратах, применяемых в процессе проращивания семян пшеницы и гороха, общепринятыми методами определяли активность альфа- и глюкоамилазы (крахмал растворимый, 30 °С, pH 5,0) [22], протеазы (казеинат натрия, 30 °С, pH 7,0) [23], β-глюканызы (β-глюкан ячменя, 40 °С, pH 5,0), целлюлазы (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, 40 °С, pH 5,0) и ксиланызы (ксилан березовый, 40 °С, pH 5,0) [24].

За единицу активности принимали количество фермента, при действии которого на соответствующий субстрат за 1 мин в условиях проведения реакции образуется 1 мкмоль продукта. Активность ферментов выражали в условных единицах – в 1 мл (ед/мл) или в 1 г (ед/г) препарата.

При оптимизации условий ферментативной обработки зерна выполняли двухфакторный (длительность прорастания – концентрация ферментных препаратов) эксперимент, в котором выходным параметром являлся показатель активности роста – критерий, комплексно характеризующий процесс прорастания [25].

Активность роста зерна ( $\% \cdot \text{ч}^{-1}$ ) определяли по формуле  $A_p = k_n / \tau_n$ , где  $k_n$  – количество проросших зерен с длиной ростка не более 2 мм для пшеницы и не более 3 мм для гороха,  $\%$ ;  $\tau_n$  – длительность прорастания зерна, ч [25].

Приведенные результаты представляют собой усредненные данные 2–3 опытов, выполненных в трех повторностях. При статистической обработке результатов рассчитывали доверительные интервалы среднего арифметического для уровня вероятности 0,05, используя пакет программ Microsoft Excel. Разность средних величин считали достоверной при отсутствии перекрытия их доверительных интервалов.

**Результаты и их обсуждение.** Согласно данным литературы, применение ферментов в процессе проращивания семян зерновых культур сопровождается не только существенным сокращением технологического цикла производства пророщенного зерна, экономией материальных и энергетических ресурсов, но и улучшением качества готового продукта. Так, для получения проростков ячменя использовали ферментные препараты микробного происхождения с различным соотношением  $\alpha$ -амилазной,  $\beta$ -глюканазной, целлюлазной, гемицеллюлазной и протеазной активности [26, 27]. Согласно полученным данным, применение препарата АПсубтилин П (0,1 % к массе зерна в 0,1 %-ном растворе  $\text{CaCl}_2$ ) на стадии замачивания зерна приводит к сокращению процесса проращивания, повышению амилолитической, осаживающей и протеолитической активности проростков соответственно в 3,2; 7,5 и 3 раза. Кроме того, содержание в них редуцирующих веществ увеличивается на 30 %, аминного азота – на 43 % [16, 27]. По мнению исследователей, в результате действия ферментов повышается проницаемость семенной оболочки зерна, что приводит к увеличению притока воды и более полному гидролизу эндосперма.

В технологии производства проростков ячменя испытаны также ферментные препараты Нейтраза 1,5 MG (Novozymes, Дания), Глюкозим New (Энде Индастриал Корпорейшн) и Биоглюканаза B10L (Quest, Нидерланды), стандартизованные по экзо- и эндо- $\beta$ -глюканазной, амилазной, протеазной, глюкоамилазной или пуллулазанной активности. Показано, что добавление в замочную воду ферментных препаратов или их мультиэнзимной композиции (соотношение биоглюканазы, глюкозима и нейтразы – 2:50:20) в количестве 0,1 % к массе зерна существенно сокращает продолжительность процесса. Полученный продукт характеризуется высокой амилолитической, протеолитической и цитолитической активностью, повышенным содержанием аминокислот, гексоз и пентоз [28, 29].

Результаты исследований российских ученых также свидетельствуют об эффективности применения препарата целлюлолитического действия Целловиридин Г20х (Россия) для детоксикации семян пшеницы, ржи и тритикале [30]. Ферментативная обработка (0,05–0,1 % к массе зерна) на стадии замачивания зерна пшеницы (10–16 ч, pH 5,0, 45–50 °C) снижает содержание в нем свинца на 69,8 %, кадмия – на 85,3, никеля – на 63,3 %. Установлено, что процесс мацерации некрахмальных полисахаридов, сопровождающийся десорбцией связанных с ними ионов тяжелых металлов, происходит в основном за счет деструкции гемицеллюлоз с образованием растворимых продуктов гидролиза – олиго- и моносахаридов.

Обнаружено также, что обработка ферментными препаратами ксиланолитического действия (40 °C, 2 ч) пророщенных зерен пшеницы и гречихи позволяет сохранить органолептические и физико-химические показатели изготовленных с их использованием мучных кондитерских изделий, улучшить технологические характеристики продуктов, повысить содержание в них макро- и микроэлементов, снизить энергетическую ценность [4, 5].

Полученные нами экспериментальные данные, отражающие влияние ферментных препаратов на количество проросших зерен пшеницы и гороха, активность их роста и длительность процесса прорастания, приведены на рис. 1.

Анализ показал, что влияние ферментных препаратов на процесс проращивания зерна определяется как составом, так и количеством составляющих их компонентов. Обнаружено, что все исследованные ферментные комплексы в различной мере стимулируют прорастание зерна

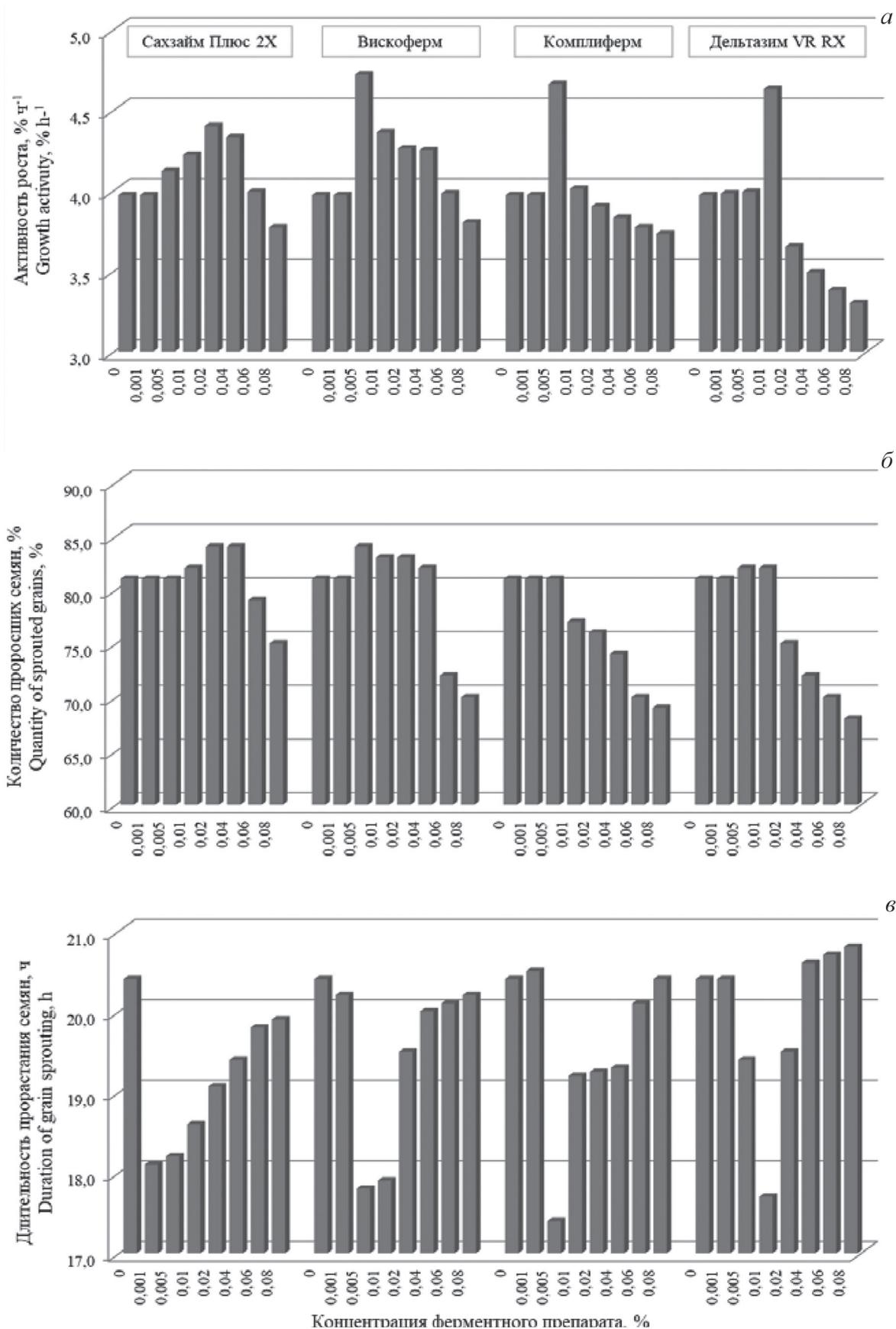


Рис. 1. Влияние ферментных препаратов на прорастание зерна пшеницы

Fig. 1. Effect of enzyme preparations on wheat grain sprouting

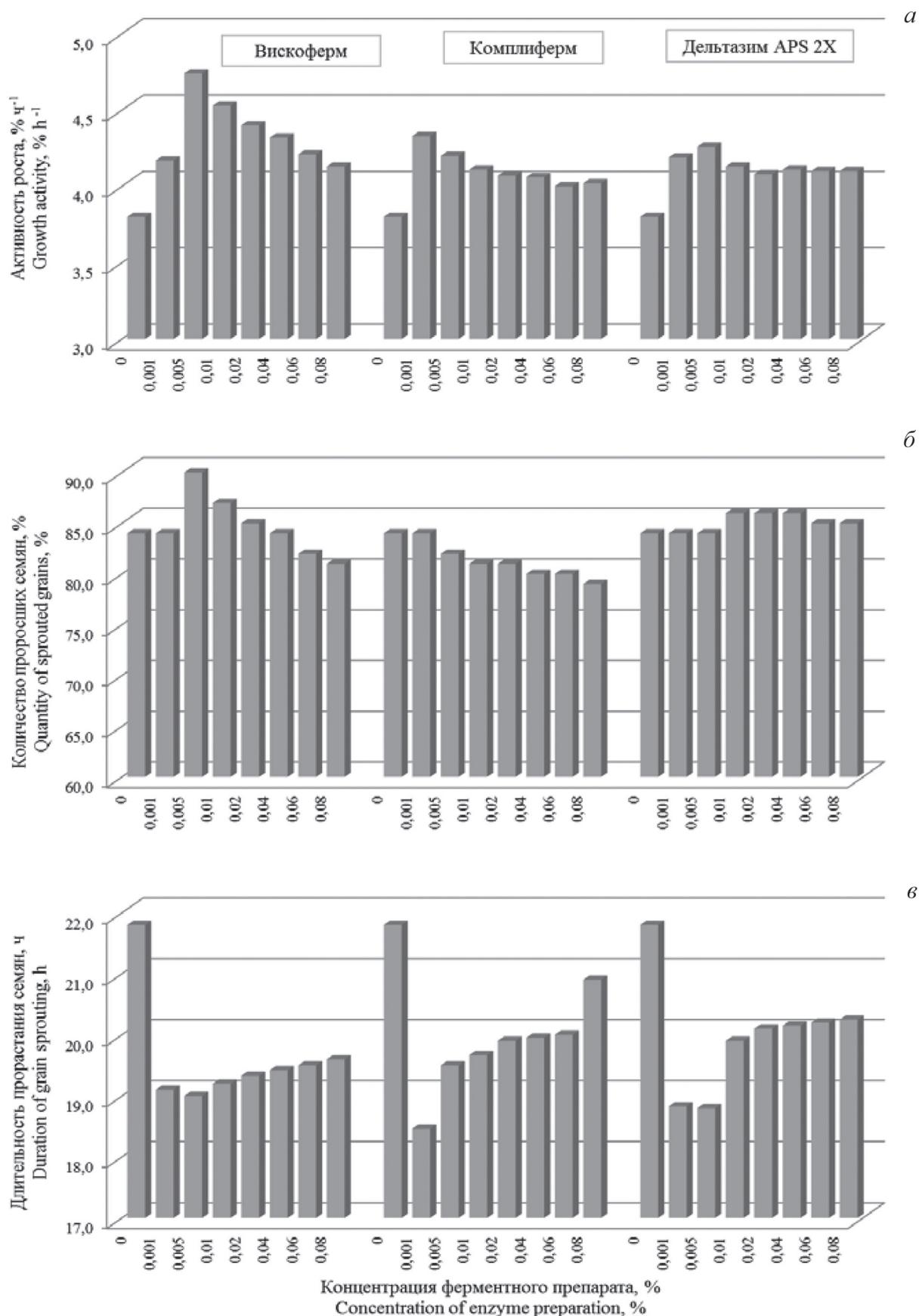


Рис. 2. Влияние ферментных препаратов на прорастание зерна гороха  
Fig. 2. Effect of enzyme preparations on pea grain sprouting

пшеницы, однако максимальный положительный эффект оказывает препарат Вискоферм, обладающий целлюлазной, ксиланазной, β-глюканазной и амилазной активностью. При его использовании в количестве 0,005 % к весу сырья активность роста зерна пшеницы достигает 4,72 %·ч<sup>-1</sup>, что в 1,2 раза превышает контрольный показатель (рис. 1, а). При этом на 3 ч сокращается длительность процесса (рис. 1, в) и незначительно (от 81 по 84 %) повышается доля проросших семян (рис. 1, б).

Сравнимый с Вискофермом эффект в аналогичной концентрации оказывает препарат отечественного производства Комплиферм, в составе которого также содержатся β-глюканаза, ксиланаза, целлюлаза и α-амилаза. В то же время эффективная концентрация препарата ксиланолитического действия Дельтазим VR RX для достижения указанных выше показателей, количественно характеризующих процесс получения проростков, составляет 0,01 %. Слабо выраженное положительное влияние на прорастание зерна пшеницы оказывает препарат амилолитического действия Сахзайм Плюс 2X в дозе 0,02–0,04 %.

Таким образом, для интенсификации процесса проращивания зерна пшеницы рекомендуются комплексные ферментные препараты Вискоферм (Novozymes, Дания) или Комплиферм (Институт микробиологии НАН Беларуси) в концентрации 0,005 % к весу сырья.

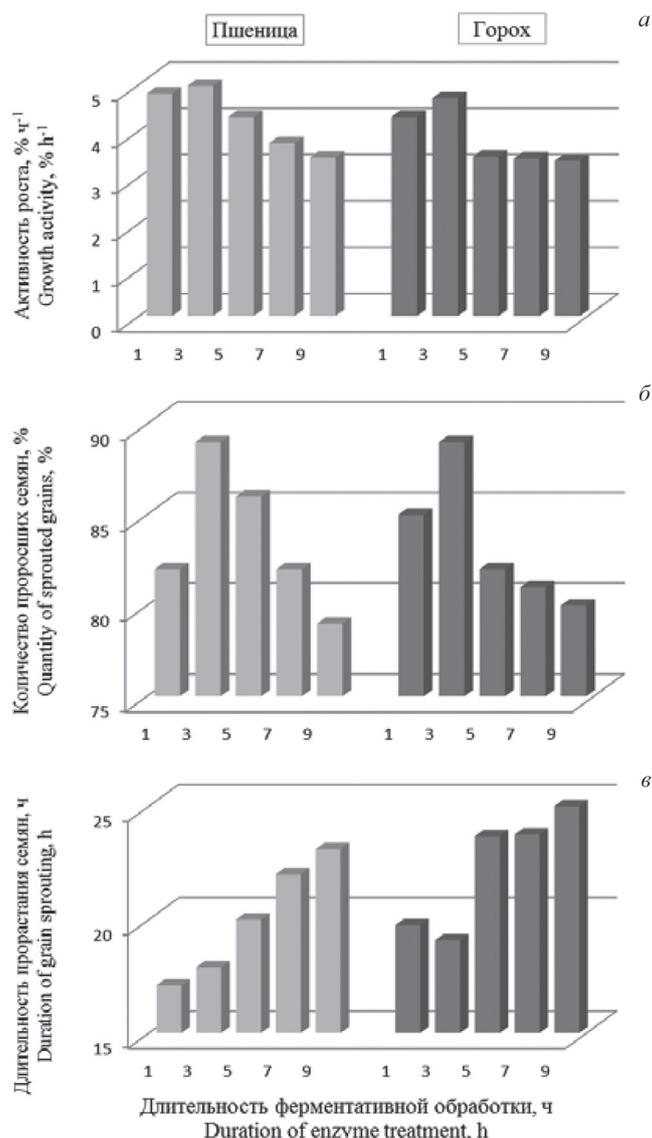


Рис. 3. Влияние длительности ферментативной обработки на показатели процесса получения проростков пшеницы и гороха

Fig. 3. Effect of enzyme treatment duration on parameters of wheat and pea grain sprouting process

Результаты исследований, касающиеся влияния дозы ферментных препаратов на прорастание семян гороха, обобщены на рис. 2.

Согласно представленным данным, при использовании в процессе проращивания всех исследуемых ферментных препаратов активность роста зерна гороха превышает контрольный показатель, составляющий  $3,80 \text{ \%}\cdot\text{ч}^{-1}$ , однако максимальной величины ( $4,74 \text{ \%}\cdot\text{ч}^{-1}$ ) достигает только при обработке семян ферментным препаратом Вискоферм (комплекс целлюлазы, ксиланазы,  $\beta$ -глюканызы,  $\alpha$ -амилазы) в концентрации  $0,005 \text{ \%}$  (рис. 2, а). В этом случае на  $6 \text{ \%}$  повышается также и выход проростков –  $90 \text{ \%}$  против  $84 \text{ \%}$  по сравнению с контролем (рис. 2, б).

Препараты Дельтазим APS 2X (протеаза) и Комплиферм (целлюлаза, ксиланаза,  $\beta$ -глюканыза,  $\alpha$ -амилаза) оказывают существенно меньшее влияние на процесс проращивания семян гороха: при их ферментативной обработке в дозе соответственно  $0,005$  и  $0,001 \text{ \%}$  показатель активности роста составляет  $4,26$  и  $4,33 \text{ \%}\cdot\text{ч}^{-1}$ . При этом в обоих случаях количество проросших семян сопоставимо с контрольным показателем (рис. 2, а, б).

Оптимизацию длительности (1, 3, 5, 7 и 9 ч) ферментативной обработки зерна пшеницы и гороха проводили с использованием ферментного препарата Вискоферм (Novozymes, Дания) в установленной для него оптимальной дозе –  $0,005 \text{ \%}$  к весу зернобобового сырья. Как следует из данных, приведенных на графике (рис. 3), максимальные показатели активности роста зерна пшеницы и гороха, составляющие соответственно  $4,97$  и  $4,70 \text{ \%}\cdot\text{ч}^{-1}$ , наблюдаются через 3 ч воздействия ферментного препарата (рис. 3, а). При указанной длительности ферментативной обработки отмечается также и максимальный выход пророщенного зерна обеих исследуемых культур (рис. 3, б), который достигается через 17,1 и 19,1 ч проращивания пшеницы и гороха соответственно (рис. 3, в).

Таким образом, при использовании ферментного препарата Вискоферм (Novozymes, Дания) в минимальной испытанной концентрации ( $0,005 \text{ \%}$ ) в течение 3 ч длительность процесса проращивания зерна пшеницы в среднем сокращается на 2–4 ч, семян гороха – на 4–5 ч, что значительно снижает материальные и энергетические затраты на производство.

**Закключение.** В результате проведенных исследований обоснованы режимы ферментативной обработки зерна пшеницы и гороха, приводящие к интенсификации процесса получения проростков. Проращивание зерна в оптимизированных условиях предполагает применение на стадии его замачивания ферментных препаратов целлюлолитического (целлюлаза, ксиланаза,  $\beta$ -глюканыза) и амилолитического действия в концентрации  $0,005 \text{ \%}$  в течение 3 ч. При получении проростков пшеницы наибольший эффект оказывают ферментные препараты Вискоферм (Novozymes, Дания) и Комплиферм (Институт микробиологии НАН Беларуси), при проращивании гороха – Вискоферм (Novozymes, Дания). В результате ферментативной обработки длительность процесса проращивания зерна пшеницы по сравнению с контролем сокращается в среднем на 2–4 ч, семян гороха – на 4–5 ч, увеличивается выход проростков и, соответственно, повышается рентабельность их производства. Полученные результаты, касающиеся использования биокатализаторов в процессе проращивания зернобобовых культур, будут учтены при разработке опытно-промышленной технологии получения проростков – биологически активного сырья для производства продуктов функционального питания.

Дальнейшие исследования будут нацелены на сравнительную характеристику пищевых и биологических достоинств зерна, пророщенного традиционным и ферментативным способами.

#### Список использованных источников

1. Исследования влияния зерновых заквасок на основе пророщенных зерен и семян нетрадиционного растительного сырья на качество ржано-пшеничных видов хлеба / Т. Г. Богатырева [и др.] // Хлебопекарное производство в России: вызовы и стратегии рынка : материалы докл. XII Междунар. конф., Москва, 28–30 нояб. 2016 г. / Междунар. промышл. акад. : ред. совет : В. А. Бутковский [и др.]. – М., 2016. – С. 26–29.
2. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking / L. Alvarez-Jubete [et al.] // Food Chem. – 2010. – Vol. 119, N 2. – P. 770–778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>
3. Mondor, M. Processing, characterization and bread-making potential of malted yellow peas / M. Mondor, E. Guévremont, S. Villeneuve // Food Biosci. – 2014. – Vol. 7. – P. 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2014.05.002>

4. Богатырева, Т. Г. Использование ферментированных гидролизатов зеленой гречихи и пшеницы в рецептуре дрожжевого кекса / Т. Г. Богатырева, И. Г. Белявская, К. Н. Валуева // Хлебопекарное производство в России: вызовы и стратегии рынка : материалы докл. XII Междунар. конф., Москва, 28–30 нояб. 2016 г. / Междунар. промышл. акад. ; ред. совет : В. А. Бутковский [и др.]. – М., 2016. – С. 21–26.
5. Богатырева, Т. Г. Ферментативные гидролизаты пророщенных зерен пшеницы и гречихи для повышения пищевой ценности дрожжевого кекса / Т. Г. Богатырева, И. Г. Белявская, К. Н. Валуева // Кондитер. производство. – 2017. – № 1. – С. 26–29.
6. Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination / J. Barazelli [et al.] // LWT. – 2018. – Vol. 90. – P. 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.070>
7. Selhub, J. B vitamins and the aging brain / J. Selhub, A. Troen, I. H. Rosenberg // Nutrition Rev. – 2010. – Vol. 68. – P. S112–S118. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00346.x>
8. Shohag, M. J. I. Changes of folate and other potential health-promoting phytochemicals in legume seeds as affected by germination / M. J. I. Shohag, Y. Y. Wei, X.E. Yang // J. Agr. Food Chem. – 2012. – Vol. 60, N 36. – P. 9137–9143. <https://doi.org/10.1021/jf302403t>
9. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview / I. Hayat [et al.] // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2014. – Vol. 54, N 5. – P. 580–592. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>
10. Luthria, D. L. Bioactive phytochemicals in wheat: extraction, analysis, processing, and functional properties / D. L. Luthria, Y. Lu, K. M. M. John // J. Functional Foods. – 2015. – Vol. 18, pt. B. – P. 910–925. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.001>
11. Cereal grain fructans: Structure, variability and potential health effects / J. Verspreet [et al.] // Trends Food Sci. Technol. – 2015. – Vol. 43, N 1. – P. 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.01.006>
12. Dynamic changes in phytochemical composition and antioxidant capacity in green and black mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. Int. / R. Y. Gan [et al.] // Int. J. Food Sci. Technol. – 2016. – Vol. 51, N 9. – P. 2090–2098. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13185>
13. Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by *in vitro* and *in vivo* techniques / G. Urbano [et al.] // Nutrition. – 2005. – Vol. 21, N 2. – P. 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.025>
14. Effects of enzyme activities during steeping and sprouting on the solubility and composition of proteins, their bioactivity and relationship with the bread making quality of wheat flour / S. Žilić [et al.] // Food Funct. – 2016. – Vol. 7, N 10. – P. 4323–4331. <https://doi.org/10.1039/c6fo01095d>
15. Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution / T. Liu [et al.] // LWT. – 2017. – Vol. 77. – P. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.017>
16. Казакова, Е. А. Проращивание ячменя с применением хлорида кальция и ферментного препарата / Е. А. Казакова, Г. А. Ермолаева // Пиво и напитки. – 2004. – № 2. – С. 30–31.
17. Киселева, Т. Ф. Использование ферментных препаратов при получении ржаного солода / Т. Ф. Киселева, А. Н. Кроль // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов : сб. науч. работ / редкол. : Л. А. Маюрикова (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2005. – Вып. 9. – С. 42–45.
18. Ржаной солод: применение, свойства, способы интенсификации производства / Л. И. Сапунова [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : сб. науч. тр. / Ин-т микробиологии НАН Беларуси [и др.] ; ред. : Э. И. Коломиец [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 345–359.
19. Влияние культур бактерий *Bacillus* species и продуцируемых ими внеклеточных ферментов на прорастание семян кресс-салата / Л. И. Сапунова [и др.] // Мікробні біотехнології: актуальність і майбутнє: зб. матеріалів VIII Міжнар. конф. daRostim, Київ, 19–22 листопада 2012 р. – Київ, 2012. – С. 287–288.
20. Шаizzo, Р. И. Функциональные продукты питания / Р. И. Шаizzo, Г. И. Касьянов. – М. : Колос, 2000. – 246 с.
21. Зверев, С. В. Функциональные зернопродукты / С. В. Зверев, Н. С. Зверева. – М. : ДеЛи принт, 2006. – 118 с.
22. Препараты ферментные. Методы определения амилалитической активности: ГОСТ 20264-89 / Государственный Комитет СССР по стандартам. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 24 с.
23. Препараты ферментные. Методы определения протеолитической активности: ГОСТ 20264.2-88 / Государственный Комитет СССР по стандартам. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
24. Препараты ферментные. Методика выполнения измерений β-глюкоканазной, ксиланазной, целлюлазной активностей: МВИ. МН 3235-2009. – Октябрьский, 2009. – 26 с.
25. Способ оптимизации проращивания зерна или семян по методу поэтапного воздушно-водяного замачивания : пат. 20250 С2 Респ. Беларусь / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта; заявитель Могил. гос. ун-т прод. – № а 20130033; заявл. 30.06.2013; опубл. 30.08.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 4. – С. 77.
26. Получение пивоваренного солода с применением ферментного препарата Целловиридин G20x / И. Н. Грибкова [и др.] // Прогрессивные пищевые технологии – третьему тысячелетию : тез. докл. Междунар. науч. конф., Краснодар, 19–22 сент. 2000 г. / Куб. гос. технол. ун-т ; редкол. : А. А. Петрик (гл. ред.) [и др.]. – Краснодар, 2000. – С. 101.
27. Казакова, Е. А. Интенсификация солодоращения с применением биокатализаторов при производстве светлого солода : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.18.07 / Е. А. Казакова ; Моск. гос. ун-т пищевых пр-в. – М., 2005. – 26 с.
28. Применение биокатализаторов в солодоращении / Е. А. Казакова [и др.] // Молодые ученые пищевым и перерабатывающим отраслям АПК (технологические аспекты производства): тез. докл. науч.-техн. конф., 20–21 дек. 1999 г., Москва / Моск. гос. ун-т пищевых пр-в. – М., 1999. – С. 42–43.
29. Грибкова, И. Н. Разработка технологии темного солода с применением биокатализаторов : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.18.07 / И. Н. Грибкова ; Моск. гос. ун-т пищевых пр-в. – М., 2006. – 26 с.

30. Кузнецова, Е. А. Распределение токсичных элементов в зерновом сырье и снижение их содержания при применении ферментных препаратов / Е. А. Кузнецова, Л. В. Черепнина, А. А. Щербакова // Успехи совр. естествознания. – 2007. – № 12. – С. 68–69.

## References

1. Bogatyreva T. G., Belyavskaya I. G., Judina T. A., Adygeshaova M. M. Investigations of the impact of grain starters based on germinated seeds of non-conventional plant materials on the quality of rye-wheat kinds of bread. *Khlebopekarnoe proizvodstvo v Rossii: vyzovy i strategii rynka: materialy dokladov XII Mezhdunarodnoi konferentsii (Moskva, 28–30 noyabrya 2016 g.)* [Bakery production in Russia: challenges and market strategies: reports of the XII International conference (Moscow, November 28–30, 2016)]. Moscow, 2016, pp. 26–29 (in Russian).
2. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E. K., Gallagher E. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 2010, vol. 119, no. 2, pp. 770–778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>
3. Mondor M., Guévremont E., Villeneuve S. Processing, characterization and bread-making potential of malted yellow peas. *Food Bioscience*, 2014, vol. 7, pp. 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2014.05.002>
4. Bogatyreva T. G., Belyavskaya I. G., Valueva K. N. Application of enzymatic hydrolysates of green buckwheat and wheat in yeast cake recipes. *Khlebopekarnoe proizvodstvo v Rossii: vyzovy i strategii rynka: materialy dokladov XII Mezhdunarodnoi konferentsii (Moskva, 28–30 noyabrya 2016 g.)* [Bakery production in Russia: challenges and market strategies: reports of the XII International conference (Moscow, November 28–30, 2016)]. Moscow, 2016, pp. 21–26 (in Russian).
5. Bogatyreva T. G., Belyavskaya I. G., Valueva K. N. Enzymatic hydrolysates of germinated wheat and buckwheat seeds upgrading yeast cake value. *Konditerskoe proizvodstvo* [Confectionery production], 2017, no. 1, pp. 26–29 (in Russian).
6. Barazzelli J., Kringel D. H., Colussi R., Paiva F. F., Aranha B. C., de Miranda M. Z., da Rosa Zavareze E., Renato A., Dias G. Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. *LWT-Food Science and Technology*, 2018, vol. 90, pp. 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.070>
7. Selhub J., Troen A., Rosenberg I. H. B vitamins and the aging brain. *Nutrition Reviews*, 2010, vol. 68, pp. S112–S118. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00346.x>
8. Shohag M. J. I., Wei Y. Y., Yang X. E. Changes of folate and other potential health-promoting phytochemicals in legume seeds as affected by germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60, no. 36, pp. 9137–9143. <https://doi.org/10.1021/jf302403t>
9. Hayat I., Ahmad A., Masud T., Ahmed A., Bashir S. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2014, vol. 54, no. 5, pp. 580–592. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>
10. Luthria D. L., Lu Y., John K. M. M. Bioactive phytochemicals in wheat: extraction, analysis, processing, and functional properties. *Journal of Functional Foods*, 2015, vol. 18, pt. B, pp. 910–925. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.001>
11. Verspreet J., Dornez E., Van den Ende W., Delcour J. A., Courtin C. M. Cereal grain fructans: Structure, variability and potential health effects. *Trends in Food Science and Technology*, 2015, vol. 43, no. 1, pp. 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.01.006>
12. Gan R. Y., Wang M. F., Lui W. Y., Wu K., Corke H. Dynamic changes in phytochemical composition and antioxidant capacity in green and black mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. *International Journal of Food Science and Technology*, 2016, vol. 51, no. 9, pp. 2090–2098. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13185>
13. Urbano G., López-Jurado M., Frejnagel S., Gómez-Villalva E., Porres J. M., Frías J., Vidal-Valverde C., Aranda P. Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by *in vitro* and *in vivo* techniques. *Nutrition*, 2005, vol. 21, no. 2, pp. 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.025>
14. Žilić S., Janković M., Barać M., Pešić M., Konić-Ristić A., Hadži-Tašković Šukalović V. Effects of enzyme activities during steeping and sprouting on the solubility and composition of proteins, their bioactivity and relationship with the bread making quality of wheat flour. *Food and Function*, 2016, vol. 7, no. 10, pp. 4323–4331. <https://doi.org/10.1039/c6fo01095d>
15. Liu T., Hou G. G., Cardin M., Marquart L., Dubat A. Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, vol. 77, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.017>
16. Kazakova E. A., Ermolaeva G. A. Barley grain germination using calcium chloride and enzyme preparation. *Pivo i napitki* [Beer and drinks], 2004, no. 2, pp. 30–31 (in Russian).
17. Kiselyova T. F., Krol A. N. Application of enzyme preparations in rye malt production. *Produkty pitaniya i ratsional'noe ispol'zovanie syr'evykh resursov: sbornik nauchnykh rabot* [Food and rational use of raw materials: a collection of scientific papers]. Kemerovo, 2005, iss. 9, pp. 42–45 (in Russian).
18. Sapunova L. I., Tamkovich I. O., Lobanok A. G., Boikov V. P., Mazur A. M., Kotov M. I., Bolyanova M. I. Rye malt: application, properties and methods to intensify production. *Mikrobnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty: sbornik nauchnykh trudov* [Microbial biotechnology: fundamental and applied aspects: a collection of scientific papers]. Minsk, 2009, vol. 2, pp. 345–359 (in Russian).
19. Sapunova L. I., Kartyzhova L. V., Pauliuk A. N., Yerhova L. V., Kruchyonok T. V. Effect of bacterial cultures of *Bacillus* species and the produced extracellular enzymes on cress seed germination. *Mikrobni biotekhnologii: aktual'nost' i maibutne: zbornik materialiv VIII Mizhnarodnoi konferentsii daRostim, Kiev, 19–22 listopada 2012 r.* [Microbial biotechnology: relevance and future: collection of materials of the 8th International conference daRostim, Kiev, November 19–22, 2012]. Kiev, 2012, pp. 287–288 (in Russian).

20. Shazzo R. I., Kas'yanov G. I. *Functional nutrition products*. Moscow, Kolos Publ., 2000. 246 p. (in Russian).
21. Zverev S. V., Zvereva N. S. *Functional grain products*. Moscow, DeLi print Publ., 2006. 118 p. (in Russian).
22. *State Standard 20264.4-89 Enzyme preparation. Methods of determining amylolytic activity*. Moscow, Standard Press Publ., 1990. 24 p. (in Russian).
23. *State Standard 20264.2-88 Enzyme preparation. Methods of evaluating proteolytic activity*. Moscow, Standard Press Publ., 1988. 11 p. (in Russian).
24. *Enzyme preparations. Methods of measuring  $\beta$ -glucanase, xylanase, cellulase activities: methodological guidelines, MVI.MN 3235-2009*. Oktyabrsky Press, 2009. 26 p. (in Russian).
25. Method of optimizing grain and seed germination by gradual aerial-aqueous steeping procedure: Patent of Belarus republic no 20250 C2 Belarus, inventors: E. N. Urbanchik, A. E. Shalyuta; filed by Mogilev State Food University applicant numbera 20130033, date of application 30.06.2013, published 30.08.2016. *Afityny byuleten' Natsyonal'naga tsentra intelektual' nai ulasnasti* [Official Bulletin of the National Intellectual Property Center], 2016, no. 4, p. 77 (in Russian).
26. Gribkova I. N., Kazakova E. A., Ermolaeva G. A., Gernet M. V. Production of brewery malt using enzyme preparation Celloviridin G20x. *Progressivnye pishchevye tekhnologii – tret'emu tysyacheletiyu: tezisy dokladov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (Krasnodar, 19–22 sentyabrya 2000 g.)* [Advanced food technologies to the third millennium: abstracts of the International scientific conference (Krasnodar, September 19–22, 2000)]. Krasnodar, 2000, p. 101 (in Russian).
27. Kazakova E. A. *Acceleration of malting process by biocatalysts in the course of light malt production*. Abstract of Ph. D. diss. Moscow, 2005. 26 p. (in Russian).
28. Kazakova E. A., Gribkova I. N., Ermolaeva G. A., Gernet M. V. Application of biocatalysts for malt production. *Molodye uchenye – pishchevym i pererabatyvayushchim otraslyam APK (Tekhnologicheskie aspekty proizvodstva): tezisy dokladov nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Moskva, 20–21 dekabrya 1999 g.)* [Young scientists – food and processing industries of the agroindustrial complex (Technological aspects of production): abstracts of scientific and technical conferences (Moscow, December 20–21, 1999)]. Moscow, 1999, pp. 42–43 (in Russian).
29. Gribkova I. N. Elaboration of dark malt technology engaging biocatalysts Development of dark malt technology using biocatalysts. Abstract of Ph. D. diss. Moscow, 2006, p. 26 (in Russian).
30. Kuznetsova E. A., Cherepnina L. V., Shherbakova A. A. Distribution of toxic elements in grain feedstock and reduction of their level using enzyme preparations. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern science], 2007, no. 12, pp. 68–69 (in Russian).

### Информация об авторах

Урбанчик Елена Николаевна – канд. техн. наук, доцент, директор. Могилевский государственный университет продовольствия (пр-т Шмидта, 3, 212027, Могилев, Республика Беларусь). E-mail: urbanchik@tut.by

Сапунова Леонида Ивановна – канд. биол. наук, доцент, гл. науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: leonida@mbio.bas-net.by

Галдова Марина Николаевна – аспирант, начальник центра дистанционного обучения. Могилевский государственный университет продовольствия (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: ipkdist@tut.by

Малашенко Аlesia Игоревна – магистрант, лаборант. Могилевский государственный университет продовольствия (пр-т Шмидта, 3, 212027, г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: ipkdist@tut.by

Тамкович Ирина Олеговна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: irina-kazakevich@tut.by

Мороз Ирина Викентьевна – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: irmorz@gmail.com

Павлюк Анастасия Николаевна – мл. науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ana4ernaya@mail.ru

### Information about the authors

Alena M. Ourbanchik – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Director. Mogilev State University of Food Technologies (3, Shmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: urbanchik@tut.by

Leanida I. Sapunova – Ph. D. (Biol.), Associate Professor, Chief researcher. Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: leonida@mbio.bas-net.by

Maryna M. Haldova – Postgraduate student, Head of the Center Distance Learning. Mogilev State University of Food Technologies (3, Shmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: ipkdist@tut.by

Alesia I. Malashenka – Postgraduate student, Assistant. Mogilev State University of Food Technologies (3, Shmidt Ave., 212027, Mogilev, Republic of Belarus). E-mail: ipkdist@tut.by

Iryna A. Tamkovich – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: irina-kazakevich@tut.by

Iryna V. Maroz – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: irmorz@gmail.com

Anastasya M. Pauliuk – Junior researcher. Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ana4ernaya@mail.ru