




Влияние модифицированного крахмала марки «В» на каталитическую активность ферментного препарата амилоризин ПИОХ





Наталия Е. Куликова	¹	nataliyakulikova67@mail.ru	 0000-0003-2397-8696
Антонина Г. Чернобровина	¹	ag_61@list.ru	 0000-0001-7233-3603
Наталья Н. Роева	¹	roeva@mgupp.ru	 0000-0002-1321-8354
Ольга Ю. Попова	¹	popovaouy@mgupp.ru	 0000-0002-8147-0893

¹ Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. В последнее время успешно развивается производство ферментных препаратов особенно для хлебопекарной отрасли пищевой промышленности. Благодаря их использованию при производстве хлеба повышается бродильная активность дрожжей, что дает возможность сократить продолжительность технологического процесса и улучшить качество конечного продукта. Однако применение ферментных препаратов, как правило увеличивает себестоимость выпускаемой продукции, поэтому повышение каталитической активности ферментов остается актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность их применения. В связи с этим были проведены исследования и показана возможность сокращения дозировок фермента (на 30%) и дрожжей (на 20%) с одновременным улучшением не только органолептических показателей, но и физико-структурных характеристик полученного продукта, а также продлить сроки его годности, путем тепловой активации ферментного препарата амилазы ПИОХ при температуре 40 °С в течении 20 минут в присутствии модифицированного крахмала (8г/г), совместно с дрожжами. Использование в качестве стабилизатора амилазы ферментного препарата модифицированный крахмал марки «В», цена которого в разы ниже, позволяет значительно снизить себестоимость приготовления хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: ферментный препарат, модифицированный крахмал, активация, амилаза ПИОХ.

The effect of modified starch grade "B" on the catalytic activity of the enzyme preparation amilorizin PIOX

Natalia E. Kulikova	¹	nataliyakulikova67@mail.ru	 0000-0003-2397-8696
Antonina G. Chernobrovina	¹	ag_61@list.ru	 0000-0001-7233-3603
Natalia N. Roeva	¹	roeva@mgupp.ru	 0000-0002-1321-8354
Olga Y. Popova	¹	popovaouy@mgupp.ru	 0000-0002-8147-0893

¹ Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe highway, 11, 125080, Moscow, Russia

Abstract. Recently, the production of enzyme preparations has been successfully developing, especially for the bakery industry of the food industry. Thanks to their use in the production of bread, the fermentation activity of yeast increases, which makes it possible to shorten the duration of the technological process and improve the quality of the final product. However, the use of enzyme preparations, as a rule, increases the cost of production, therefore, increasing the catalytic activity of enzymes remains an urgent task, the solution of which will increase the effectiveness of their use. In this regard, studies have been conducted and the possibility of reducing the dosages of the enzyme (by 30%) and yeast (by 20%) has been shown, while improving not only the organoleptic parameters, but also the physico-structural characteristics of the resulting product, as well as prolonging its shelf life, by thermal activation of the enzyme preparation amilorizin PIOX at a temperature of 40 °C for 20 minutes in the presence of modified starch (8g / g), together with yeast. The use of modified starch of the "B" brand as a stabilizer of an amylolytic enzyme preparation, the price of which is several times lower, can significantly reduce the cost of preparing bakery products.

Keywords: enzyme preparation, modified starch, activation, amilorizin PIOX.

Введение

В отечественной и зарубежной хлебопекарной промышленности для улучшения качества хлеба в настоящее время широко применяются ферментные препараты [1–10]. Использование в хлебопекарном производстве амилолитических ферментных препаратов, например,

амилоризина ПИОХ, продуцируемого плесневым грибом *Aspergillus* позволяет значительно интенсифицировать процесс гидролиза углеводов муки, ускоряя тем самым спиртовое и молочно-кислое брожение в тесте, повышая содержание кислот, альдегидов и кетонов, необходимых для формирования вкуса и аромата готового хлеба.

Для цитирования

Куликова Н.Е., Чернобровина А.Г., Роева Н.Н., Попова О.Ю. Влияние модифицированного крахмала марки «В» на каталитическую активность ферментного препарата амилазы ПИОХ // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 3. С. 89–95. doi:10.20914/2310-1202-2022-3-89-95

For citation

Kulikova N.E., Chernobrovina A.G., Roeva N.N., Popova O.Yu. The effect of modified starch grade "B" on the catalytic activity of the enzyme preparation amilorizin PIOX. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84 no. 3. pp. 89–95. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-3-89-95

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Кроме того, применение амилоризина П10х способствует более длительному сохранению свежести хлеба, на 6–7 часов замедляя его черствение в процессе хранения [9, 11]. Наибольший эффект от применения препарата наблюдается при переработке муки с пониженными хлебопекарными свойствами с низкой сахаробразующей способностью, с упругой недостаточно эластичной или коротко рвущейся клейковиной, а также для муки среднего качества [7, 9, 12].

В качестве улучшителей при производстве хлебобулочных изделий в настоящее время, так же используют различные виды модифицированных крахмалов. Для повышения качества теста и увеличения пористости хлеба в России и за рубежом предлагается использовать в основном набухающие крахмалы, обладающие способностью сильно набухать в холодной воде с образованием коллоидных дисперсий [13–15]. Для укрепления структурно-механических свойств клейковины и теста, особенно из муки с пониженными свойствами в отечественной хлебопекарной промышленности исследователи предлагают использовать диальдегидный крахмал, относящийся к окисленным крахмалам, содержащим альдегидные группы у второго и третьего углеродных атомов глюкозных остатков молекул полисахаридов [16–19].

В последнее время именно окисленные крахмалы, полученные путем окисления их различными реагентами – гипохлоридами, перманганатами, броматами и др., являются перспективными улучшителями при производстве хлеба и находят широкое применение уже не только в хлебопечении, но во многих отраслях пищевой промышленности [13, 18, 19].

Внесение окисленных крахмалов изменяет свойства клейковинных белков в тесте, улучшает реологические свойства теста, интенсифицирует окислительно-восстановительные процессы и процессы газообразования в бродящем тесте, что позволяет сократить продолжительность брожения опары и теста [20–28].

С другой стороны, добавление крахмала и продуктов его гидролиза (глюкозы, мальтозы, декстрина) при тепловой обработке α -амилаз способствует заметному увеличению их активности [29–34], по-видимому присоединение полисахаридов к ферментам может оказывать стабилизирующее влияние термостабильность амилолитических ферментов.

Цель работы – изучение влияния модифицированного крахмала марки «В» совместно с дрожжами на изменение активности ферментного препарата, а также возможности его использования в качестве стабилизатора при термоактивации ферментного препарата амилоризин П10х широко применяемого в хлебопечении.

Материалы и методы

Промышленный ферментный препарат амилоризин П10х, модифицированный крахмал марки «В» (ГОСТ Р 54647–2011).

В работе применяли как общепринятые, так и специальные методы исследования. Амилолитическую (АС, ФА) определяли колориметрическим методом (ГОСТ 20284–74). Конвективный прогрев водных растворов ферментного препарата осуществляли в ультратермостате при определенных температурах (40–50 °С) и длительности воздействия 20 минут, водные растворы фермента готовили на дистиллированной воде [35]. Структурные изменения мякиша готовых изделий (общая деформация Нобш, мм, упругая деформация Нупр, мм, пластичная деформация Нпл, мм) определяли на приборе Структурометр СТ-2. Пористость хлеба по ГОСТ 5669–96. Выпечку хлебобулочных изделий проводили в лабораторных условиях по рецептуре батона «Подмосковный» в соответствии с ГОСТом 21844–88.

Результаты и обсуждение

С целью выбора оптимальной концентрации к водному раствору амилоризина П10х добавляли различные количества модифицированного крахмала (МДК) марки «В», определяли активность и сравнивали её с контролем. В качестве контроля использовали ферментный препарат без добавки модифицированного крахмала, активность которого была принята за 100%. Данные эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияние различных концентраций МДК марки «В» на изменение ферментативной активности ферментного препарата амилоризина П10х

Table 1.

The effect of different concentrations of MDK brand "B" on the change in the enzymatic activity of the enzyme preparation amilorizine P10x

Содержание крахмала (г крахмала)/(г фермента) Starch content (g starch)/(g enzyme)	Ферментативная активность ед./г Enzymatic activity units/g	ФА, % FA, %
1,6	2128	106
4,0	2169	108
8,0	2309	115
16,0	2209	110
32,0	1968	98
Контроль Control	2008	100

Из данных представленных в таблице 1 видно, что добавление МДК марки «В» в количестве 8 г/г фермента приводит к увеличению активности на 10–15%.

Исследование процесса тепловой активации ферментного препарата амилоризин П10х в присутствии модифицированного крахмала марки «В» в количестве 8 г/г фермента показали (таблица 2), что в результате термообработки ферментного препарата при температуре 40 °С в течение 20 мин активность увеличивается на 25–30%.

Таблица 2.

Влияние тепловой обработки в присутствии
МДК марки «В» на изменение активности
амилоризина П10Х

Table 2.

The effect of heat treatment in the presence of
MDK brand "B" on the change in the activity of
amilorizine P10X

Условия прогрева Warm-up conditions		ФА, ед./г FA, units / g	ФА, % FA, %
Температура, °С Temperature, °C	Время, мин Time, min		
40	10	2309,2	115
	20	2570,2	128
	30	2469,8	123
50	10	2228,9	111
	20	2469,8	123
	30	2409,6	120
Контроль Control		2008,0	100

Тепловая обработка при 50 °С в течение 20 мин приводит к увеличению активности лишь на 15%.

Таким образом экспериментально установлено, что активность ферментного препарата амилаоризина П10Х, широко применяемого в хлебопекарном производстве, может быть

увеличена на 25–30% при тепловой обработки его водных растворов в определенном температурном режиме совместно с модифицированным крахмалом, играющим роль стабилизатора. Такое повышение активности позволяет сделать предположение о возможности сокращения дозировки ферментного препарата, тем самым значительно уменьшить себестоимость выпускаемой продукции.

Для исследования влияния активированного ферментного препарата амилаоризина П10Х на качество хлеба из пшеничной муки 1 сорта тесто готовили опарным способом.

Ферментный препарат без термоактивации вносили в опару виде водного раствора в количестве 4,5 ед. АС/100 г. муки. В опытных вариантах перед внесением в опару препарат прогревали в течение 20 мин при температуре 40°С совместно с модифицированным крахмалом марки «В» (концентрация 8 (г крахмала) / (г фермента)). Дозировку фермента сокращали на 20 и на 30%. Контролем служил образец хлеба без добавления ферментного препарата и МДК. Результаты пробных лабораторных выпечек представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Влияние термоактивации ферментного препарата амилаоризина П10Х в присутствии МДК марки «В» на качество хлеба из пшеничной муки 1 сорта

Table 3.

The effect of thermal activation of the enzyme preparation amilorizine P10X in the presence of MDK brand "B" on the quality of bread from wheat flour grade 1

Вариант выпечки Baking option	Условия термоактивации ферментного препарата Conditions of thermal activation of the enzyme preparation	Показатели качества хлеба Bread quality indicators						
		Объём, см³ Volume, cm³	Удельный объём см³/100г Specific volume cm³/100g	Удельный объём, % к контролю Specific volume, % to control	Пористость, % Porosity, %	Физико-механические свойства мякиша, ед. Прибора Physical and mechanical properties of the crumb, unit of the device		
						ΔН _{общ}	ΔН _{пл}	ΔН _{ун}
Контроль Control I	—	1500	286	100	71,32	60	35	24
№ 2. с МДК with MDK		1500	286	100	71,50	61	34	27
№ 3. 4,5 ед. АС/100 г. муки (контроль) flour (control II)		1625	310	109	73,61	71	41	30
№ 4, 3,5 ед. АС/ 100 г. муки flour		2130	406	142	81,05	99	61	38
№ 5, 3,1* ед. АС/ 100 г. муки flour	+МДК + дрожжи 40 °С 20 мин +MDK + yeast40 °С 20 min	1675	316	110	76,29	89	53	25
№ 6, 3,1* ед. АС/ 100 г. муки flour	+МДК + дрожжи**40 °С 20 мин +MDK + yeast40 °С 20 min	1625	310	108	74,55	76	49	27

*Количество единиц активности дано в расчёте на не активированный ферментный препарат; **Количество дрожжей сокращено на 20%;

*The number of activity units is given based on an inactive enzyme preparation; **The amount of yeast has been reduced by 20%

Как видно из приведенных данных (таблица 3), внесение предварительного прогрева препарата амилоризина П10х в количестве 3,5 ед. АС/100 г. муки заметно улучшает качество хлеба, по сравнению с контролем. Удельный объем повышается на 42% общая деформация сжатия мякиша хлеба $\Delta H_{\text{общ.}}$ увеличивается на 68%, упругая деформация сжатия мякиша $\Delta H_{\text{упр.}}$ – на 58% по сравнению с контролем.

На основании полученных данных можно сделать вывод о возможности сокращения дозировки ферментного препарата ещё на 10%. При этом интересным представляется вариант активации амилоризина П10х в присутствии модифицированного крахмала марки «В» и дрожжей. Данные исследований представлены в таблице 3.

Экспериментально полученные данные (таблица 3) показали возможность сокращения количества дрожжей на 20% при одновременном

сокращении дозировки ферментного препарата на 30%. В этом варианте опыта объем хлеба увеличился с 1500 до 1625 см³, $\Delta H_{\text{общ.}}$ увеличилась на 28%, $\Delta H_{\text{упр.}}$ – на 12% по сравнению с контролем.

Таким образом, проведение тепловой активации ферментного препарата амилоризина П10х в присутствии модифицированного крахмала марки «В», позволяют существенно сократить дозировку ферментного препарата (образцы № 4–6) и дрожжей, и получить при этом хлеб более высокого качества, чем без сокращения количества фермента и дрожжей (образец № 3).

Так же представляло интерес изучить влияние данных оптимальных условий приготовления на сохранение свежести хлеба после выпечки, в готовых изделиях в процессе хранения. С этой целью определяли изменения структуры мякиша – его физико-механические свойства [36–38]. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Изменение физико-химических свойств мякиша хлеба в процессе хранения

Table 4.

Changes in the physico-chemical properties of bread crumb during storage

Вариант выпечки Baking option	Условия термоактивации ферментного препарата Conditions of thermal activation of the enzyme preparation	Деформация мякиша, ед. прибора Deformation of the crumb, unit of the device	Продолжительность хранения, час Storage duration, hour			
			4	24	48	72
Контроль Control	-	$\Delta H_{\text{общ}}$	60	49	31	21
		$\Delta H_{\text{пл}}$	35	32	16	14
		$\Delta H_{\text{упл}}$	24	15	15	7
4,5 ед. АС/100 г. муки flour	-	$\Delta H_{\text{общ}}$	71	59	32	25
		$\Delta H_{\text{пл}}$	41	43	16	16
		$\Delta H_{\text{упл}}$	30	16	16	9
3,1* ед. АС/100г муки flour	+ МДК+ дрожжи **40 °С, 20 мин +MDK + yeast**40 °С 20 min	$\Delta H_{\text{общ}}$	76	66	34	29
		$\Delta H_{\text{пл}}$	49	50	18	17
		$\Delta H_{\text{упл}}$	27	16	16	12

*Количество единиц активности дано в расчёте на не активированный ферментный препарат; **Количество дрожжей сокращено на 20%;

*The number of activity units is given based on an inactive enzyme preparation; **The amount of yeast has been reduced by 20%

Установлено, что опытные образцы хлеба с сокращением дозировок ферментного препарата на 30% и дрожжей на 20% сохраняли свежесть более длительное время по сравнению с контрольными образцами.

Заключение

Проведенные исследования показали эффективность предварительной термоактивации амилоризина П10х при температуре 40 °С

в течении 20 минут в присутствии модифицированного крахмала (8г/г), совместно с дрожжами, и подтвердили предположение о взаимности сокращения дозировок фермента (на 30%) и дрожжей (на 20%) с одновременным улучшением некоторых физико-механических характеристик полученного продукта (объем хлеба увеличился на 8–10%, $\Delta H_{\text{общ.}}$ – на 28%, $\Delta H_{\text{упр.}}$ – на 12% по сравнению с контролем) и более длительным сохранением его свежести.

Литература

1. Атрошенко Е.А. Ферментные препараты, используемые в технологии хлебопечения // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2018. С. 481–484.
2. Китаевская С.В., Решетник О.А. Применение ферментных препаратов в технологии хлебоулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №. 24. С. 91–94.
3. Дремучева Г.Ф. и др. Исследование влияния мультэнзимных композиций ферментных препаратов на качество и степень сохранения свежести хлебоулочных изделий из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта // Хлебопечение России. 2018. №. 4. С. 30–33.

4. Гирфанова Ю.Р., Шурыгина Т.А., Лебедев Е.В. Анализ применения современных ферментных препаратов при производстве хлебобулочных изделий // Актуальные проблемы аграрной науки: состояние и тенденции развития. 2019. С. 165–167.
5. Великорецкая И.А. и др. Комплексный ферментный препарат для хлебопечения // Вопросы питания. 2016. Т. 85. №. 4. С. 101–102.
6. VYu B., Romanov A.S., Martynenko N.S. Small piece bakery goods production technology based on partially baked semi-finished products // Food processing: techniques and technology. 2012. V. 24. №. 1. P. 14–19.
7. Багрянцева О.В., Шатров Г.Н., Арнаут О.В. Вопросы безопасного использования ферментных препаратов, пищевых добавок и ароматизаторов, полученных методом биотехнологии // Пищевая промышленность. 2016. №. 6. С. 69–73.
8. Римарева Л.В. и др. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вопросы питания. 2017. Т. 86. №. 5. С. 63–74.
9. Середа А.С. и др. Влияние нового комплексного ферментного препарата на качество хлеба из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта // Хлебопродукты. 2016. №. 12. С. 39–41.
10. Glazkov S.V. et al. Modern innovative technologies for storing fresh fruits and vegetables and their processed products (review) // Vegetable crops of Russia. 2018. №. 5. P. 84–89.
11. Калинина И.В., Науменко Н.В., Фекличева И.В. Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения // Вестник южно-уральского государственного университета. Серия: пищевые и биотехнологии. 2015. Т. 3. №. 1. С. 36–44.
12. Хузин Ф.К. и др. Совершенствование технологии производства хлебобулочного изделия на основе измелченного проросшего зерна пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. №. 1 (71).
13. Shabana S., Prasansha R., Kalinina I., Potoroko I. et al. Ultrasound assisted acid hydrolyzed structure modification and loading of antioxidants on potato starch na-noparticles // Ultrasonics Sonochemistry. 2018.
14. Cadenas R., Caballero I., Nimubona D., Blanco C.A. Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer // Foods. 2021. V. 10. №. 8. P. 1726. doi: 10.3390/foods10081726
15. Ambriz-Vidal T.N. et al. Potential of Triticale (X Triticosecale Wittmack) malts for beer wort production // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2019. V. 77. №. 4. P. 282–286. doi: 10.1080/03610470.2019.1670030
16. Embashu W., Iileka O., Nantanga K.K.M. Namibian opaque beer: a review // Journal of the Institute of Brewing. 2019. V. 125. №. 1. P. 4–9. doi: 10.1002/jib.533
17. Руськина А.А. и др. Анализ современных способов модификации крахмала как инструмента повышения его технологических свойств // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2017. Т. 5. №. 3. С. 12–20.
18. Анализ рынка декстринов и прочих модифицированных крахмалов в России. 2017. URL: <https://drgroup.ru/1881-Analiz-rynka-dekstrinov-v-Rossii.html>
19. Vanier N.L., Pozzada dos Santos J., Pinheiro Bruni G., Zavareze E.R. Starches in Foods and Beverages // Handbook of Eating and Drinking. Springer, Cham. 2019. URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-75388-1_132-1
20. Бутрим С.М. и др. Получение и исследование свойств кислотногидролизованного картофельного крахмала // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. №. 8. С. 58–62.
21. Руськина А.А. и др. Сонохимически модифицированный крахмал в технологии жележных кондитерских изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2021. Т. 9. №. 3. С. 14–22.
22. Potoroko I.Y. et al. Development of a technology of starch modification. Part 1: Exposure to ultrasound in a cooling system // Bulletin of the South Ural University. Food and Biotechnology Series. 2018.
23. Руськина А.А. и др. Влияние ультразвуковой модификации картофельного крахмала на его функционально-структурные свойства и дисперсный состав // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. №. 3 (85).
24. Назаров С.И. и др. Исследование и разработка загущающих композиций на основе модифицированного крахмала // Universum: химия и биология. 2020. №. 3–1 (69).
25. Krasulya O., Bogush V., Trishina V., Potoroko I. Impact of acoustic cavitation on food emulsions // Ultrasonics Sonochemistry. 2016. V. 30. P. 98–102. doi: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.013
26. Жумаев Ж.Х., Шарипова Н.У. Структурно-механические характеристики композиций на основе электрохимического модифицированного крахмала и полимеров // Universum: химия и биология. 2019. №. 11–1 (65). С. 74–76.
27. Syahariza Z. A., Yong H. Y. Evaluation of rheological and textural properties of texture-modified rice porridge using tapioca and sago starch as thickener // Journal of Food Measurement and Characterization. 2017. V. 11. №. 4. P. 1586–1591. doi: 10.1007/s11694-017-9538-x
28. Горлов И.Ф. и др. Инновационная технология переработки молочной сыворотки с использованием модифицированного крахмала // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. №. 2. С. 58–61.
29. Bortnowska G., Krudos A., Schube V., Krawczyńska W. et al. Effects of waxy rice and tapioca starches on the physicochemical and sensory properties of white sauces enriched with functional fibre // Food Chem. 2016. V. 202. P. 31–39. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.077
30. Vanier N.L., Pozzada dos Santos J., Pinheiro Bruni G., Zavareze E.R. Starches in Foods and Beverages // Handbook of Eating and Drinking. Springer, Cham. 2019. doi: 10.1007/978-3-319-75388-1_132-1
31. Матвеева И., Нестеренко В. Модифицированные крахмалы для формирования качества хлебобулочных и макаронных изделий // Хлебопродукты. 2011. №. 3. С. 43–45.
32. Mahmoodi N.M., Roudaki M.S.M.A., Didehban K. et al. Ethylenediamine/glutaraldehyde-modified starch: A bioplatform for removal of anionic dyes from wastewater // Korean J. Chem. Eng. 2019. V. 36. P. 1421–1431. doi: 10.1007/s11814-019-0328-5

33. Park S.H., Na Y., Kim J. et al. Properties and applications of starch modifying enzymes for use in the baking industry // *Food science and biotechnology*. 2018. V. 27. №. 2. P. 299-312. doi: 10.1007/s10068-017-0261-5
34. Бурак Л.Ч., Сапач А.Н. Использование крахмалосодержащего сырья в производстве пива и его влияние на качество готового продукта. Обзор зарубежной литературы // *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2021. №. 3.
35. Куликова Н.Е. и др. Исследования конформационных изменений в молекуле фермента под действием тепловой обработки в присутствии ионов некоторых металлов // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2020. №. 5 (213). С. 133–137.
36. Гришина Е.С., Гаврилова Н.Б., Коновалов С.А. Совершенствование биотехнологии производства хлебобулочных изделий // *Вестник алтайской науки*. 2015. №. 1. С. 359–363.
37. Дурикова Н.В. и др. Опыт-промышленная апробация нового комплексного ферментного препарата в производстве батончиков нарезных // *Пищевая промышленность*. 2017. №. 10. С. 13–15.
38. Шишлова Н. Физиолого-биохимические основы продуктивности и качества тритикале. Litres, 2019.


References

1. Atroshchenko E.A. Enzyme preparations used in bakery technology. Modern aspects of production and processing of agricultural products. 2018. pp. 481–484. (in Russian).
2. Kitaevskaya S.V., Reshetnik O.A. The use of enzyme preparations in the technology of bakery products based on frozen semi-finished products. *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2013. vol. 16. no. 24. pp. 91–94. (in Russian).
3. Dremucheva G.F. Study of the effect of multi-enzyme compositions of enzyme preparations on the quality and degree of freshness preservation of bakery products from premium wheat flour. *Khlebopechenie Rossii*. 2018. no. 4. pp. 30–33. (in Russian).
4. Girfanova Yu.R., Shurygina T.A., Lebedev E.V. Analysis of the use of modern enzyme preparations in the production of bakery products. *Actual problems of agrarian science: state and development trends*. 2019. pp. 165–167. (in Russian).
5. Velikoretskaya I.A. et al. Complex enzyme preparation for baking. *Food Issues*. 2016. vol. 85. no. 4. pp. 101–102. (in Russian).
6. VYu B., Romanov A.S., Martynenko N.S. Small piece bakery goods production technology based on partially baked semi-finished products. *Food processing: techniques and technology*. 2012. vol. 24. no. 1. pp. 14–19.
7. Bagryantseva O.V., Shatrov G.N., Arnautov O.V. Issues of the safe use of enzyme preparations, food additives and flavors obtained by biotechnology. *Food industry*. 2016. no. 6. pp. 69–73. (in Russian).
8. Rimareva L.V. Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry. *Problems of nutrition*. 2017. vol. 86. no. 5. pp. 63–74. (in Russian).
9. Sereda A.S. et al. Influence of a new complex enzyme preparation on the quality of bread from wheat baking flour of the highest grade. 2016. no. 12. pp. 39–41. (in Russian).
10. Glazkov S.V. et al. Modern innovative technologies for storing fresh fruits and vegetables and their processed products (review). *Vegetable crops of Russia*. 2018. no. 5. pp. 84–89.
11. Kalinina I.V., Naumenko N.V., Feklicheva I.V. Study of the quality of enriched types of bread during storage // *Bulletin of the South Ural State University. Series: food and biotechnologies*. 2015. vol. 3. no. 1. pp. 36–44. (in Russian).
12. Khuzin F.K. et al. Improving the technology of production of bakery products based on crushed sprouted grains of wheat. *Proceedings of VSUET*. 2017. vol. 79. no. 1 (71). (in Russian).
13. Shabana S., Prasansha R., Kalinina I., Potoroko I. et al. Ultrasound assisted acid hydrolyzed structure modification and loading of antioxidants on potato starch nano-particles. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2018.
14. Cadenas R., Caballero I., Nimubona D., Blanco C.A. Brewing with starchy adjuncts: Its influence on the sensory and nutritional properties of beer. *Foods*. 2021. vol. 10. no. 8. pp. 1726. doi: 10.3390/foods10081726
15. Ambriz-Vidal T.N. et al. Potential of Triticale (X Triticosecale Wittmack) malts for beer wort production. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2019. vol. 77. no. 4. pp. 282–286. doi: 10.1080/03610470.2019.1670030
16. Embashu W., Iileka O., Nantanga K.K.M. Namibian opaque beer: a review. *Journal of the Institute of Brewing*. 2019. vol. 125. no. 1. pp. 4–9. doi: 10.1002/jib.533
17. Ruskina A.A. et al. Analysis of modern methods of starch modification as a tool for improving its technological properties. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnologies*. 2017. vol. 5. no. 3. pp. 12–20. (in Russian).
18. Market analysis of dextrans and other modified starches in Russia. 2017. URL: <https://drgroup.ru/1881 Analiz-rynka-dekstrinov-v-Rossii.html> (in Russian).
19. Vanier N.L., Pozzada dos Santos J., Pinheiro Bruni G., Zavareze E.R. *Starches in Foods and Beverages. Handbook of Eating and Drinking*. Springer, Cham. 2019. Available at: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-75388-1_132-1
20. Butrim S.M. Obtaining and researching the properties of acid hydrolyzed potato starch. *Chemistry and chemical technology*. 2015. vol. 58. no. 8. pp. 58–62. (in Russian).
21. Ruskina A.A. Sonochemically modified starch in the technology of jelly confectionery. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnologies*. 2021. vol. 9. no. 3. pp. 14–22. (in Russian).
22. Potoroko I.Y. et al. Development of a technology of starch modification. Part 1: Exposure to ultrasound in a cooling system. *Bulletin of the South Ural University. Food and Biotechnology Series*. 2018.
23. Ruskina A.A. et al. Influence of ultrasonic modification of potato starch on its functional and structural properties and dispersed composition. *Proceedings of VSUET*. 2020. vol. 82. no. 3 (85). (in Russian).
24. Nazarov S.I. et al. Research and development of thickening compositions based on modified starch. *Universum: chemistry and biology*. 2020. no. 3–1 (69). (in Russian).


25. Krasulya O., Bogush V., Trishina V., Potoroko I. Impact of acoustic cavitation on food emulsions. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016. vol. 30. pp. 98–102. doi: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.013
26. Zhumaev Zh.Kh., Sharipova N.U. Structural and mechanical characteristics of compositions based on electrochemically modified starch and polymers. *Universum: chemistry and biology*. 2019. no. 11–1(65). pp. 74–76. (in Russian).
27. Syahariza Z.A., Yong H.Y. Evaluation of rheological and textural properties of texture-modified rice porridge using tapioca and sago starch as thickener. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017. vol. 11. no. 4. pp. 1586–1591. doi: 10.1007/s11694-017-9538-x
28. Gorlov I.F. et al. Innovative technology of whey processing using modified starch. Storage and processing of agricultural raw materials. 2018. no. 2. pp. 58–61. (in Russian).
29. Bortnowska G., Krudos A., Schube V., Krawczyńska W. et al. Effects of waxy rice and tapioca starches on the physicochemical and sensory properties of white sauces enriched with functional fibre. *Food Chem*. 2016. vol. 202. pp. 31–39. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.077
30. Vanier N.L., Pozzad dos Santos J., Pinheiro Bruni G., Zavareze E.R. Starches in Foods and Beverages. *Handbook of Eating and Drinking*. Springer, Cham. 2019. doi: 10.1007/978-3-319-75388-1_132-1
31. Matveeva I., Nesterenko V. Modified starches for the formation of the quality of bakery and pasta. *Khleboprodukty*. 2011. no. 3. pp. 43–45. (in Russian).
32. Mahmoodi N.M., Roudaki M.S.M.A., Didehban K. et al. Ethylenediamine/glutaraldehyde-modified starch: A bioplatfrom for removal of anionic dyes from wastewater. *Korean J. Chem. Eng.* 2019. vol. 36. pp. 1421–1431. doi: 10.1007/s11814-019-0328-5
33. Park S.H., Na Y., Kim J. et al. Properties and applications of starch modifying enzymes for use in the baking industry. *Food science and biotechnology*. 2018. vol. 27. no. 2. pp. 299–312. doi: 10.1007/s10068-017-0261-5
34. Burak L.Ch., Sapach A.N. The use of starch-containing raw materials in the production of beer and its impact on the quality of the finished product. Review of foreign literature. *International journal of applied sciences and technologies "Integral"*. 2021. no. 3.
35. Kulikova N.E. et al. Studies of conformational changes in the enzyme molecule under the action of heat treatment in the presence of some metal ions // *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020. no. 5 (213). pp. 133–137.
36. Grishina E.S., Gavrilova N.B., Konovalov S.A. Improving the biotechnology of the production of bakery products // *Bulletin of Altai Science*. 2015. no. 1. S. 359–363.
37. Tsurikova N.V. Pilot-industrial approbation of a new complex enzyme preparation in the production of sliced loaves // *Food industry*. 2017. no. 10, pp. 13–15.
38. Shishlova N. Physiological and biochemical bases of productivity and quality of triticale. *Letters*, 2019

Сведения об авторах


Наталья Е. Куликова к.т.н., доцент, кафедра химии и экотоксикологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nataliyakulikova67@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2397-8696>


Антонина Г. Чернобровина к.т.н., доцент, кафедра химии и экотоксикологии, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, ag_61@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7233-3603>

Наталья Н. Роева д.т.н., профессор, кафедра химии и экотоксикологии, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, roeva@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1321-8354>

Ольга Ю. Попова преподаватель, Международный технологический колледж, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, popovaou@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8147-0893>

Вклад авторов


Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Natalia E. Kulikova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Chemistry and Ecotoxicology, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe highway, 11, 125080, Moscow, Russia, nataliyakulikova67@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2397-8696>


Antonina G. Chernobrovina Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Chemistry and Ecotoxicology, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe highway, 11, 125080, Moscow, Russia, ag_61@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7233-3603>

Natalia N. Roeva Dr. Sci. (Chem.), professor, Department of Chemistry and Ecotoxicology, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe highway, 11, 125080, Moscow, Russia, roeva@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1321-8354>

Olga Y. Popova Lecturer, International College of Technology, Moscow State University of Food Production, Volokolamskoe highway, 11, 125080, Moscow, Russia, popovaou@mgupp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8147-0893>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/04/2022	После редакции 22/05/2022	Принята в печать 12/06/2022
Received 20/04/2022	Accepted in revised 22/05/2022	Accepted 12/06/2022