

УДК 664.6, 577.151

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА НА ОСНОВЕ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**О.А. Решетник, С.В. Китаевская, Д.Р. Камартидинова**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия

Исследования по влиянию низкотемпературного хранения тестовых полуфабрикатов на активность ферментов показали, что под влиянием криообработки происходит значительное изменение ферментативных процессов, протекающих при брожении теста, а именно снижается активность основных ферментов муки – протеаз и амилаз [1]. Следовательно, в криогенных технологиях хлебопечения целесообразным является применение в качестве рецептурных компонентов теста ферментных препаратов с целью увеличения продолжительности хранения тестовых полуфабрикатов, интенсификации технологического процесса и повышения качества готовых изделий.

Мировой опыт применения ферментных препаратов в технологии хлебобулочных изделий доказывает целесообразность использования композиций ферментов, обладающих различными принципами действия, основу мультиэнзимных препаратов преимущественно составляют α – амилаза, глюкоамилаза, ксиланаза, протеаза, липаза [2, 3].

Цель настоящей работы – разработка ферментной композиции и исследование возможности ее применения в качестве стабилизатора качественных характеристик дефростированных полуфабрикатов и готовых изделий, выработанных на основе криотехнологии.

В результате анализа технологических характеристик ферментных препаратов, успешно применяемых в практике хлебопечения, были отобраны препараты Пентопан 500 BG, Новамил 1500 MG и Нейтраза 1,5 MG (производства датской компании Novozymes, одного из мирового лидера в области биоинноваций) в качестве перспективных для технологии ржаных и ржано-пшеничных видов хлеба на основе замороженных полуфабрикатов.

Пентопан 500 BG – это очищенный ферментный препарат, производимый штаммом *Humicola insolens*. Пентопан 500 BG содержит ксиланазу и гемицеллюлазу, обеспечивающих модификацию растворимых и нерастворимых пентозанов муки, что улучшает гибкость глютеиновой сетки и свойства теста при переработке. Внесение Пентопана способствует улучшению качества хлебобулочных изделий: улучшается структура мякиша, увеличивается объем, дольше сохраняется свежесть. Пентопан применяют для изготовления широкого ассортимента хлебобулочных изделий; препарат целесообразно использовать в виде раствора при замесе теста. Активность препарата 2700 FXU/g (FXU – единицы активности ксиланазы). Оптимальными условиями действия Пентопана является значение pH 5–6, температура 40 °C.

Ферментный препарат Новамил 1500 MG является очищенной мальтогенной α -амилазой, продуцируемой штаммом *Bacillus subtilis*, полученным генно-инженерным методом. Данный фермент приводит к повышению содержания в тесте сбраживаемых сахаров и декстринов с низкой молекулярной массой, что способствует интенсификации процесса брожения полуфабрикатов и увеличению их газообразующей способности. Хлебобулочные изделия при этом отличаются повышенным объемом, улучшается структура пористости, вкус и аромат, дольше сохраняется свежесть продукта. Производитель рекомендует использовать Новамил 1500 MG в виде раствора при замесе теста для широкого ассортимента хлебобулочных изделий, в том числе из муки грубого помола и из цельного зерна. Активность препарата составляет 1500 MANU/g (MANU – единицы активности мальтогенной амилазы).

Нейтраза 1,5 MG – это нейтральная протеаза, продуцируемая генетически немодифицированным штаммом *Bacillus amyloliquefaciens*. Фермент катализирует гидролитическое расщепление белков с образованием низкомолекулярных азотистых веществ. Применение Нейтразы 1,5 MG вызывает ослабление клейковины муки и увеличивает ее растяжимость. Оптимальными условиями действия фермента является температура до 70° C, pH 5,5–7,5. Активность препарата Нейтраза 1,5 AU/g (AU – единицы активности Ансона).

Пентопан 500 BG, Новамил 1500 MG и Нейтраза 1,5 MG – стандартизированные препараты с использованием пшеничной муки с размерами частиц 50–300 мк. Ферментные препараты представляют собой сыпучий не распыляющийся агломерированный гранулят светло-коричневого цвета.

Для решения поставленной задачи было изучено влияние отдельных ферментов на показатели качества ржано-пшеничного хлеба на основе замороженных полуфабрикатов.

Результаты исследования, отражающие влияние ферментов Пентопан 500 BG, Новамил 1500 MG и Нейтраза 1,5 MG на показатели качества хлебобулочных изделий, выработанного с применением криотехнологии представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели качества ржано-пшеничного хлеба с применением индивидуальных ферментных препаратов (при хранении полуфабрикатов в замороженном виде в течение 90 сут.)

Фермент	Концентрация, % к массе муки	Показатели качества готовых изделий					
		Кислотность		Пористость		Удельный объем	
		град.	Δ, %	%	Δ, %	см3/100г	Δ, %
Пентопан 500 BG	0 (контроль)	7,1	0	57,8	0	187,2	0,00
	3	7,4	4,23	61,4	6,23	192,9	3,04
	5	7,6	7,04	63,2	9,34	198,7	6,14
	7	7,8	9,86	61,7	6,75	196,5	4,97
	10	7,8	9,86	58,4	1,04	193,3	3,26
Новамил 1500 MG	7	7,6	7,04	65,1	12,63	204,0	8,97
	10	7,9	11,27	67,3	16,44	209,7	12,02
	15	8,0	12,68	66,7	15,40	205,3	9,67
	20	8,4	18,31	63,4	9,69	199,8	6,73
Нейтраза 1,5 MG	0,5	7,2	1,41	61,6	6,57	193,5	3,37
	1,0	7,6	7,04	64,8	12,11	199,6	6,62
	1,5	7,8	9,86	68,2	17,99	211,2	12,82
	2,0	7,8	9,86	66,5	15,05	206,8	10,47

При помощи методов математического моделирования получили следующие максимально возможные концентрации компонентов ферментного комплекса, масс. %: Пентопан 500 BG – 12,0, Новамил 1500 MG – 5,0 и Нейтраза 1,5 MG – 2,0, таким образом оптимальное соотношение отдельных ферментов Пентопан 500 BG, Новамил 1500 MG и Нейтраза 1,5 MG в составе ферментной композиции составляет 6:2,5:1, оптимальная концентрация ферментной композиции – 8,5 % к массе муки для производства ржано-пшеничного хлеба на основе замороженных полуфабрикатов.

Далее была проведена серия экспериментов по изучению влияния ферментной композиции на процессы созревания дефростированных полуфабрикатов и качество ржано-пшеничного хлеба, выработанного на основе криотехнологии.

На рис. 1 представлены данные по изучению влияния продолжительности низкотемпературной обработки теста на динамику кислотонакопления теста в процессе брожения. Установлено, что опытные образцы тестовых полуфабрикатов более интенсивно накапливают кислотность по сравнению с контрольными образцами, при этом существенные различия в характере накопления кислотности наблюдаются после продолжительного периода хранения полуфабрикатов в замороженном виде (в течение 150 сут.).

Анализ полученных данных свидетельствует о положительном влиянии ферментной композиции на биотехнологические свойства дефростированных полуфабрикатов. В результате действия амилаз, входящих в состав ферментного комплекса, в тесте образуются сахара с низким молекулярным весом и декстрины, которые могут являться источником питания для клеток дрожжей и молочнокислых бактерий.

Выявленный эффект подтверждают также результаты исследования по изучению влияния ферментной композиции газообразующую способность полуфабрикатов после низкотемпературной обработки (рис. 2). Установлено, что под воздействием ферментной композиции на компоненты теста происходит увеличение газообразующей способности дефростированных ржано-пшеничных полуфабрикатов от 15,3 % до 20,7 % по сравнению с контрольными образцами.

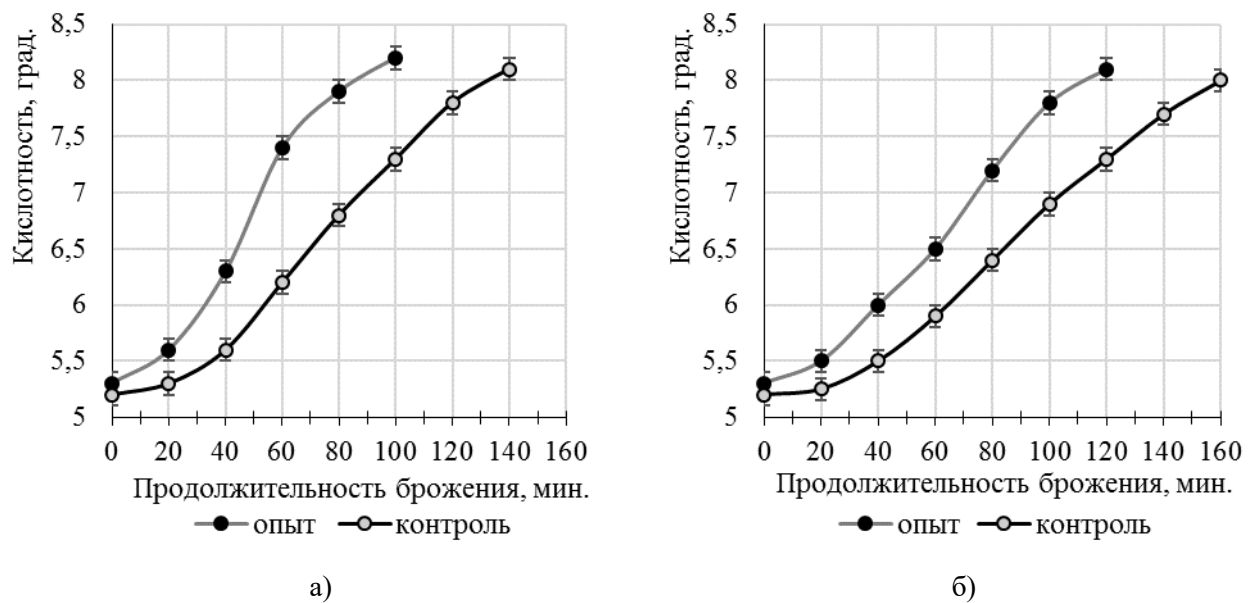


Рис. 1 – Влияние ферментной композиции на процесс кислотонакопления в дефростированных полуфабрикатах после низкотемпературного хранения: а) 30 суток б) 150 суток

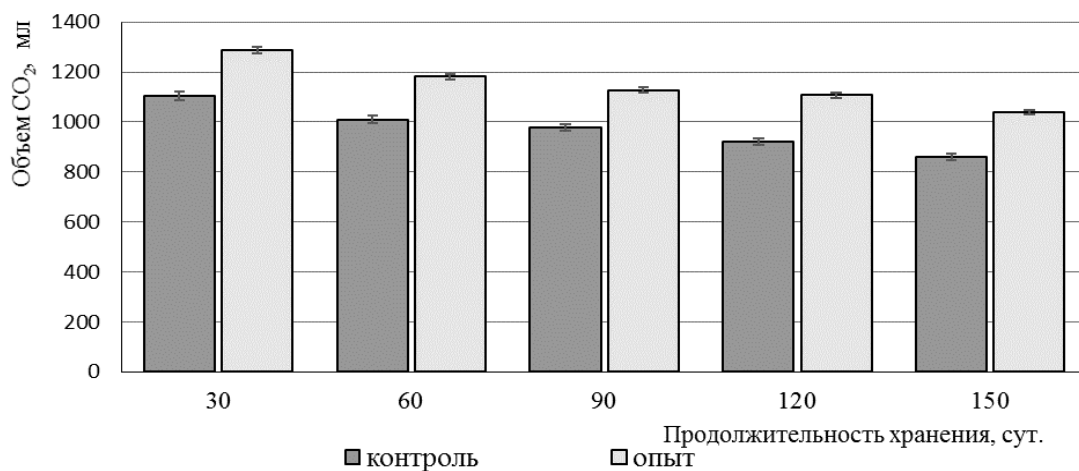


Рис. 2 – Изменение газообразующей способности ржано-пшеничного теста при внесении ферментной композиции

Установлено, что при увеличении продолжительности хранения ржано-пшеничных полуфабрикатов в замороженном виде стабилизируется газодерживающая способность теста с применением ферментной композиции, так газодерживающая способность опытных образцов, подвергавшихся низкотемпературной обработке в течение 150 сут. на 15,7 % относительно контрольных значений.

Помимо ферментов амилолитического действия, в состав ферментной композиции входит протеаза, которая обеспечивает ослабление клейковины муки, увеличивает ее растяжимость, что и объясняет улучшение газодерживающей способности теста и улучшению консистенции дефростированных полуфабрикатов. Кроме того, образующиеся в результате действия ферментной композиции низкомолекулярные продукты протеолиза являются факторами роста для клеток дрожжей и молочнокислых бактерий.

Эффективность применения ферментной композиции подтверждают также данные по изучению качественных характеристик ржано-пшеничного хлеба, выработанного на основе замороженных полуфабрикатов (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние ферментной композиции на качественные характеристики ржано-пшеничного хлеба при низкотемпературном хранении полуфабрикатов

Показатель	Продолжительность замораживания полуфабрикатов, сут.					
	30		90		150	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Кислотность, град.	7,4	7,6	7,4	7,5	7,2	7,5
Влажность, %	46,1	46,6	45,4	46,2	45,1	46,0
Пористость, %	57,3	62,2	54,4	61,6	–	59,5
Удельный объем, см ³ /100г	180	198	154	186	127	180
Крошковатость	0,8	0,7	0,9	0,8	1,3	0,9
Удельная набухаемость, см ³	235	232	242	235	249	238

Анализ качественных показателей хлебобулочных изделий, приготовленных по криотехнологии, показывает, что ржано-пшеничный хлеб, приготовленный с применением ферментной композиции имеет стабильные показатели качества (влажность, кислотность, пористость, удельный объем, крошковатость и удельная набухаемость) на протяжении всего срока хранения тестовых полуфабрикатов в замороженном виде. Так, применение препарата в технологии приготовления хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов позволяет повысить пористость и удельный объем ржано-пшеничного хлеба на 11 % и 27,9 % соответственно. При этом опытная партия продукции отличается высокими органолептическими характеристиками – изделия имеют более выраженный вкус и запах, тонкостенную равномерную пористость, более светлый и мягкий мякиш (рис. 3).

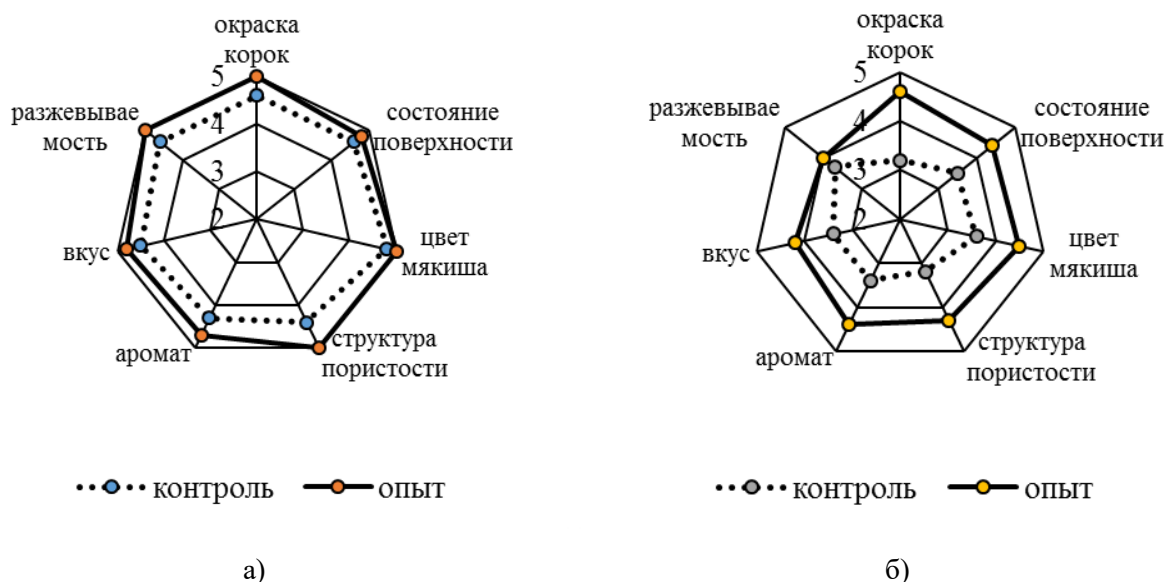


Рис. 3 – Влияние ферментной композиции на органолептические характеристики ржано-пшеничного хлеба (продолжительность хранения полуфабрикатов в замороженном виде составляет: а) 30 суток, б) 150 суток)

Результаты исследования показывают, что применение ферментной композиции, содержащей препараты Пентопан 500 BG, Новамил 1500 MG и Нейтраза 1,5 MG (в соотношении 6:2,5:1) в концентрации 8,5 % к массе муки позволяет стабилизировать реологические свойства дефростированного полуфабрикатов, увеличить газообразующую и газодерживающую способность теста, улучшить органолептические и физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба на основе замороженных полуфабрикатов.

Литература

1. Китаевская, С.В. Влияние низкотемпературной обработки на активность протеолитических ферментов различных видов муки / С.В. Китаевская, О.А. Решетник // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – № 10 (3). – С. 439–449
2. Матвеева, И.В. Биотехнологические решения для замороженных полуфабрикатов и хлебобулочных изделий / И.В. Матвеева, Д. Гаццолла, С. Страхан // Хлебопродукты. – 2011. – №9. – С. 30–32.
3. Wang, X. Effects of enzymes to improve sensory quality of frozen dough bread and analysis on its mechanism / X. Wang, D. Pei, Y. Teng, J. Liang // Journal Food Science & Technology. – 2018. – Vol. 55 (1). – P. 389–398.

УДК 66.047

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФАГОКОНТРОЛЯ БАКТЕРИОЗОВ РАСТЕНИЙ

К.А. Мирошников¹, А.А. Лукьянова^{1,2}, Р.И. Тараканов², П.В. Евсеев¹

¹ФГБУН «Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН», Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия

Фитопатогенные бактерии наносят значительный ущерб ключевым сельскохозяйственным культурам, вызывая заболевания растений и порчу семенного материала и урожая. С учетом современных требований биологической безопасности широкомасштабное применение традиционных средств химической защиты зачастую оказывается экономически нецелесообразным. Среди методов биологической защиты растений от бактериозов перспективным считается фагоконтроль, или использование бактериофагов (вирусов бактерий). Однако, в силу высокой специфичности действия бактериофагов, их применение требует точной диагностики целевого патогена и разработки оптимизированных методов приложения.

В представленном докладе рассмотрены успешные случаи комплексной разработки и практического применения фаговых препаратов для контроля поверхностных и сосудистых бактериозов картофеля и бобовых, вызванных *Pectobacterium*, *Pseudomonas* и *Curtobacterium* spp. Обсуждаются принципы поиска, характеристики и формирования коллекций бактериофагов, компоновки препаратов, а также их использование в различных биологических моделях. При наличии коллекций предварительно охарактеризованных фагов и информации о превалирующих видах и штаммовых группах целевых патогенов представляется возможным создание фаговых препаратов для профилактической и терапевтической обработки растений. Во всех рассмотренных случаях обработка бактериофагами посевного материала, вегетирующих растений и урожая приводит к существенному снижению популяции бактерий, уменьшению частоты проявления и интенсивности симптомов заболеваний.

Проект был поддержан грантом РФФИ № 21-16-00047