

**Невский Андрей Александрович**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

**Дремучева Галина Федоровна**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

ФГАНУ «Научно-исследовательский

институт хлебопекарной промышленности»

г. Москва

DOI 10.21661/r-470198

## **БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ХЛЕБА С ЗЕРНОВЫМИ ПРОДУКТАМИ**

*Аннотация: в настоящее время ферментные препараты широко используются для улучшения хлебопекарных свойств муки и качества хлеба. Хлебобулочные изделия с зерновыми продуктами относятся к диетическим хлебобулочным изделиям. Наличие в рецептуре этих изделий распределённой в мякише пшеничной крупки обуславливает грубый на ощупь мякиш, недостаточно развитую пористость, что ограничивает употребление данных сортов хлеба. Разработан биотехнологический способ повышения качества хлеба с зерновыми продуктами, предусматривающий применение ферментных препаратов с различной активностью. Установлено влияние ферментных препаратов с различной активностью в составе мультэнзимных композиций на органолептические и физико-химические показатели качества и срок сохранения свежести хлеба из пшеничной муки с зерновыми продуктами.*

*Ключевые слова: ферментный препарат, мультэнзимная композиция, фитаза, фитин, способ приготовления теста, хлебобулочные изделия.*

*Работа проведена в рамках государственного задания по плану ФАНО России №0593–2014–0009 «Разработать способ повышения биодоступности фосфора и кальция в хлебобулочных изделиях на основе применения ферментных препаратов с фитазной активностью».*

## *Введение*

В настоящее время ферментные препараты (ФП) широко используют для улучшения хлебопекарных свойств муки и качества хлеба, в производстве изделий с увеличенным сроком годности, а также в качестве ингредиентов хлебопекарных улучшителей, мучных и зерновых смесей и др.

Многочисленными исследованиями подтвержден синергетический эффект и высокая эффективность комбинаций ферментных препаратов [1–6]. Известны композиции ферментных препаратов, включающие ферменты, обладающие пентозаназной, амилолитической, липазной, липоксигеназной или глюкозооксидазной активностью [7].

Немалую роль в ежесуточное потребление незаменимых факторов питания вносят хлебобулочные изделия, являющиеся, кроме того, наиболее доступным их источником. Однако биодоступность фосфора, кальция, магния и других минеральных веществ в продуктах из зерновых культур, в том числе, в хлебобулочных изделиях, зависит от содержания фитиновой кислоты, снижающей их пищевую ценность [8–16].

Фитиновая кислота образует с минеральными веществами комплексные нерастворимые соли – хелаты, затрудняющие их усвоение в организме человека и животных [9; 13; 15]. Фитиновая кислота содержится в семенах злаковых, бобовых и масличных культур, причем на периферии, т.е. в оболочке ее больше, чем в эндосперме. Высвобождение минеральных веществ может происходить в результате гидролитического расщепления эфирных связей фитиновой кислоты фитазами животного, растительного или микробного происхождения.

Фитаза способствует высвобождению фосфатов из фитатов – соединений, являющихся аккумуляторами фосфора в растительных продуктах. При полном гидролизе фитата образуются одна молекула инозита (шестиатомный спирт) и шесть молекул фосфата [8–10].

Фитаты негативно влияют на усвоение фосфора человеком, поскольку образуют различные соли или минерально-фитатные комплексы катионами металлов – цинком, кальцием, магнием и др. Они нерастворимы и не усваиваются

---

желудочно-кишечным трактом человека при физиологических показателях рН, так как в тонком кишечнике человека отсутствуют фитазы.

Соли фитиновой кислоты способны связывать также растительные белки и аминокислоты, формируя фитатно-белковые комплексы, которые не гидролизуются в процессе пищеварения и, следовательно, тоже не усваиваются организмом. Гидролиз эфирных связей фитиновой кислоты заметно повысит усвоемость и питательную ценность продуктов из зерновых.

Работами исследователей [8; 15–16] показано, что в процессе производства пищевых продуктов, в т.ч. хлебобулочных изделий, гидролиз фитиновой кислоты повышает содержание свободного фосфора, кальция, магния, цинка и других минеральных веществ.

Известны данные отечественных исследователей о влиянии фитаз на качество и минеральную ценность хлеба из целого зерна и смеси ржаной муки и цельных зерен ржи. Применение ферментного препарата с фитазной активностью способствует лучшему диспергированию зерна и приводит к увеличению пористости и удельного объема зернового хлеба на 1,6 и 18,8% соответственно [17]. Однако область применения технологии хлеба из диспергированного зерна ограничена.

Для оптимизации гидролиза фитатов предлагаются различные способы:

- повышение активности фитазы путем замачивания и проращивания зерна, создание оптимальных рН и температуры для действия фермента и др.;
- применение сырья, содержащего активные фитазы (хлебопекарные дрожжи, семена растений и др.);
- разработка технологий переработки сырья, обеспечивающих повышение активности фитазы;
- использование ФП с фитазной активностью.

Повышение спроса на хлебобулочные изделия с высоким содержанием зерновых продуктов и отрубей, относящихся к продуктам здорового питания, во многих развитых странах явилось фактором разработки и изучения ФП с фитазной активностью, в том числе в составе мультиэнзимных композиций.

Хлебобулочные изделия с пшеничной дроблённой крупкой (хлеб барвихинский и зерновой) относятся к диетическим хлебобулочным изделиям и производятся во многих регионах нашей страны. Наличие в рецептуре этих изделий распределённой в мякише пшеничной крупки обуславливает грубый на ощупь мякиш, недостаточно развитую пористость, что ограничивает употребление данных сортов хлеба, к примеру, лицам с заболеваниями желудочно-кишечного тракта.

Исследование влияния ферментного препарата с фитазной активностью на качество хлеба с отрубями показало, что применение ФП в оптимальной дозировке обеспечивает формирование мякиша с мелкой пористостью и хорошей эластичностью, более выраженным запахом; повышает удельный объем хлеба на 12,1–31,8%, пористость мякиша – на 1–4%, формоустойчивость хлеба с отрубями из пшеничной муки высшего сорта – на 9,5–11,9%, из муки первого сорта – на 2,8–5,7 по сравнению с контролем [18].

Как показали результаты исследований, применение ФП с фитазной активностью при приготовлении хлеба с отрубями, обусловливает:

- формирование более нежного мякиша,
- увеличение срока сохранения свежести хлеба,
- повышение содержания свободного фосфора в изделиях.

Предполагается, что сочетание ФП с фитазной, альфа-амилазной, гемицеллюлазной и эндо-ксиланазной активностями окажет комплексное воздействие на структурные компоненты муки – углеводы, пентозаны и пищевые волокна.

Использование альфа-амилазы ускоряет образование диоксида углерода, повышает сахаро- и газообразующую способность теста, объем хлебобулочных изделий, улучшает структуру пористости мякиша, вкус и запах хлеба.

Добавление ФП с эндо-ксиланазной активностью обеспечивает больший объем тестовых заготовок в начальный период выпечки, и, что соответственно, повышает объем изделий, улучшает структурно-механические свойства мякиша, формирует тонкостенную, мелкую, однородную пористость.

В связи с чем, актуальны исследования по разработке полифункциональных мультэнзимных композиций (МЭК), обеспечивающих улучшение качества и повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий с зерновыми продуктами.

Целью работы являлось исследование мультэнзимной композиции (МЭК-1), включающей ФП с альфа-амилазной, эндо-ксиланазной и экзо-пептидазной и активностями в сочетании с ФП с фитазной активностью на качество хлеба с зерновыми продуктами и содержание в нем свободного фосфора.

### *Материалы и методы*

Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта характеризовалась следующими показателями: массовая доля влаги – 14,5%; белизна – 58 ед. прибора РЗ-БПЛ; содержание клейковины – 28%; ИДК – 50 усл. ед. прибора ИДК; характеристика клейковины – II группа качества; число падения – 330 с.

Ферментный препарат Агрофит (ФПФ) с фитазной активностью (ФитА)  $5000\pm500$  ед./г (Россия).

МЭК-1 – мультэнзимная композиция, содержащая ФП с альфа-амилазной, эндо-ксиланазной и другими активностями (Россия).

Тесто готовили по рецептуре хлеба зернового (ГОСТ 25832–89) по [19], согласно которой предусмотрено использование крупки пшеничной дробленой в количестве соответственно 60,0% от общей массы крупки и муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Крупку перед замесом теста замачивали в воде температурой 50 – 55 °С в течение 120 мин при соотношении крупки и воды – 1:1. Тесто готовили однофазным способом, замес осуществляли в течение 5 мин, МЭК-1, состав которого был разработан по результатам ранее проведенных исследований, и ФПФ вносили при замесе теста в количестве 0,003% от массы муки и от 100 до 400 ед. ФитА на 100 г муки соответственно, продолжительность брожения теста составляла 50 мин при температуре  $30\pm2$  °С, окончательную расстойку тестовых заготовок осуществляли при температуре 36–38 °С и относительной влажности воздуха 76–78%. Выпечку хлеба зернового формового массой 0,3 кг проводили при температуре пекарной камеры

200–210 °С в течение 70 мин. Контрольными пробами являлись: контроль 1 – без ФПФ и МЭК-1, контроль 2 – с МЭК-1.

Хлеб анализировали через 16–18 ч после выпечки по следующим физико-химическим показателям: влажность и кислотность мякиша. Влажность определяли по ГОСТ 21094–75, кислотность – ГОСТ 5670–96. Органолептическую оценку изделий проводили общепринятыми методами.

При определении влияния ФПФ и МЭК-1 на качество хлеба при хранении, образцы после остывания упаковывали в пакеты из пропиленовой пленки и хранили в течение трех суток при температуре  $23,0 \pm 0,5$  °С без доступа света.

### *Результаты и обсуждение*

Определяли влияние количества ФПФ (100–400 ед. активности фитазы на 100 г муки) на показатели качества хлеба зернового. Полученные результаты приведены в табл. 1. Применение МЭК-1 снижает продолжительность расстойки тестовых заготовок на 10,3%, повышает эластичность мякиша по сравнению с контролем 1, но не изменяет содержание свободного фосфора. Введение МЭК-1 совместно с ФПФ влияет на продолжительность расстойки тестовых заготовок тестовых заготовок и показатели качества хлеба. Степень влияния зависит расхода ФПФ: с увеличением расхода ФПФ продолжительность расстойки тестовых заготовок сокращается на 10,3–12,1%, снижается грубость мякиша, содержание свободного фосфора возрастает на 4,2–11,4% по сравнению с контролем 1.

Однако, при введении ФПФ в количестве 300 и 400 ед. ФитА на 100 г муки снижается эластичность мякиша, возможно, вследствие понижения водопоглотительной способности теста из-за чрезмерного гидролиза фитатов. Показано, что совместное применение МЭК-1 и ФПФ способствует формированию более выраженных вкуса и запаха хлеба.

По всем показателям качества наилучшим был хлеб, приготовленный с добавлением МЭК-1 и ФПФ в дозировке 200 ед. ФитА на 100 г муки.

Таблица 1

Влияние МЭК-1 и количества ФПФ на качество хлеба зернового

Наименование показателей	Показатели качества хлеба с добавлением МЭК-1 и ФПФ в количестве, ед. ФитА /100 г муки					
	Контроль 1 (без ФПФ и МЭК-1)	Кон- троль 2 (с МЭК- 1)	100	200	300	400
Продолжительность расстойки тестовых заготовок	58	52	52	50	51	51
Влажность мякиша, %	45,9	46,0	46,0	45,9	45,8	45,9
Кислотность мякиша, град	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5
Содержание свободного фосфора, мг/г с.в.	5,83	5,85	6,07	6,29	6,39	6,50
Изменение к контролю 1, %			+4,2	+7,9	+9,6	+11,4
Органолептическая оценка:						
Поверхность	Шероховатая с наличием пшеничной дробленой крупки					
Состояние мякиша: пропеченность	Не влажный, грубый на ощупь	Не влажный, менее грубый на ощупь				
цвет	Светло – коричневый с сероватым оттенком					
пористость	Недостаточно развитая, в мякише распределена пшеничная дробленая крупка	Более развитая, в мякише распределена пшеничная дробленая крупка				
эластичность	Менее эластичный	Более эластичный			Эластичный	Менее эластичный
Вкус	Свойственный данному виду хлеба	Свойственный данному виду хлеба, более выраженный				
Запах	Свойственный данному виду хлеба	Свойственный данному виду хлеба, более выраженный				
Крошковатость мякиша	Несколько крошковатый	Менее крошковатый	Менее крошковатый	Не крошковатый	Не крошковатый	Не крошковатый
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует					

Определили, что совместное применение Агрофита и МЭК-1 при приготовлении хлеба зернового способствует улучшению качества хлеба: повышает объём хлеба, формирует менее крошащийся и более эластичный мякиш, а также увеличивает содержание свободного фосфора.

В табл. 2 приведены результаты исследования влияния совместного применения ФПФ и МЭК-1 на качество хлеба зернового при хранении в течение трех суток. Полученные данные показывают, что ФПФ в сочетании с МЭК-1 влияет на изменение органолептических и физико-химических показателей качества хлеба в процессе хранения. Так, влажность контроля через двое суток хранения снизилась на 1,7%, через трое – на 2,4%, опытного образца – на 0,6 и 1,5% соответственно. При этом через двое и трое суток хранения мякиш опытного образца характеризовался более высокой эластичностью, меньшей крошковатостью и более выраженным вкусом и запахом, по сравнению с контролем. Признаки «картофельной» болезни в течение трех суток хранения у всех исследуемых образцов отсутствовали.

Таблица 2

Влияние совместного применения ФПФ в количестве 200 ед. активности/100 г муки и МЭК-1 на изменение показателей качества хлеба зернового при хранении

Наименование показателей	Показатели качества хлеба зернового с добавлением ФП в количестве, 200 ед. ФитА/100 г муки, при хранении в течение сут.					
	1	2	3	1	2	3
	Контроль			Хлеб, приготовленный с ФПФ и МЭК-1		
Кислотность мякиша, град	2,3	2,5	2,5	2,3	2,5	2,5
Влажность мякиша, %	45,8	45,0	44,7	45,8	45,5	45,1
Изменение к 1 суткам, %	-	-1,7	-2,4	-	-0,6	-1,5
Органолептическая оценка:						
Состояние мякиша: пропеченность	Не влажный, грубый на ощупь			Не влажный, менее грубый на ощупь		
цвет	Светло – коричневый с сероватым оттенком					

Наименование показателей	Показатели качества хлеба зернового с добавлением ФП в количестве, 200 ед. ФитА/100 г муки, при хранении в течение сут.					
	1	2	3	1	2	3
	Контроль			Хлеб, приготовленный с ФПФ и МЭК-1		
пористость	Недостаточно развитая, в мякише распределена пшеничная дробленая крупка				Более развитая, в мякише распределена пшеничная дробленая крупка	
эластичность	Менее эластичный	Менее эластичный	Не эластичный	Более эластичный	Более эластичный	Эластичный
Вкус	Свойственный данному виду хлеба	Свойственный данному виду хлеба	Свойственный данному виду хлеба, менее выраженный	Свойственный данному виду хлеба, более выраженный	Свойственный данному виду хлеба, более выраженный	Свойственный данному виду хлеба
Запах	Свойственный данному виду хлеба	Свойственный данному виду хлеба	Несвойственный данному виду хлеба, менее выраженный	Свойственный данному виду хлеба, более выраженный	Свойственный данному виду хлеба, более выраженный	Свойственный данному виду хлеба
Крошковатость мякиша	Несколько крошковатый	Крошковатый	Более крошковатый	Не крошковатый	Не крошковатый	Не крошковатый
Комкуемость мякиша при разжевывании	Отсутствует					
Наличие признаков «картофельной» болезни хлеба	Отсутствуют					

Таким образом, установили, что применение ФПФ в количестве 200 ед. ФитА на 100 г муки совместно с МЭК-1, содержащей ФП с альфа-амилазной, эндо-ксиланазной и другими активностями, при изготовлении хлеба из пшеничной муки с зерновыми продуктами, способствует повышению качества и сохранению свежести хлеба при хранении в течение трех суток.

На основании проведенных исследований разработан состав мультэнзимной композиции (МЭК-2) (патент РФ RU №2643712) для повышения качества хлеба из пшеничной муки первого сорта с зерновыми продуктами.

### **Список литературы**

1. Courtin C.M. The use of two endoxyianases with different substrate selectivity provides insight into the role of endoxyianases in bread making / C. M. Courtin, A.S. Roelants, J.A. Delcour // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – V. 47. – P. 1870–1877.
2. Blaszcak W. Structural changes in the wheat dough and bread with the addition of alpha-amylase / W. Blaszcak, J. Sadowska, C.M. Rosell, J. Formal // European Food Research and Technology. – 2004. – V. 219 (4). – P. 348–354.
3. Butt M.S. Xylanases and their applications in baking industry / M.S. Butt, M. Tahir-Nadeem, Z. Ahmad, M.T. Sultan // Food Technol. Biotechnol. – 2008. – V. 46 (1). – P. 22–31.
4. Courtin C.M. Arabinoxylans and endoxyianases in wheat flour bread-making / C.M. Courtin, J.A. Delcour // Journal of Cereal Science. – 2002. – V. 35. – P. 225– 243.
5. Caballero P.A. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination / P.A. Caballero, M. Gomez, C.M. Rosell // Journal of Food Engineering. – 2007. – V. 81 (1). – P. 42–53.
6. Qi Si J. Synergistic effect of enzymes for breadbaking / J. Qi Si // Cereal Foods World. – Vol. 42. – 1997. – №10. – P. 802–807.
7. Матвеева И.В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская. – М., 2001. – 115 с.
8. Casey A. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest / A. Casey, G. Walsh // Journal of Biotechnology. – 2004. – V. 110. – P. 313–322.
9. Greiner R. Phytate – an undesirable constituent of plant-based food / R. Greiner, U. Konietzny, K.D. Jany // Journal für Ernährungsmedizin. – 2006. – V. 8 (3). – P. 18–28.
10. Henrik B.P. Increased understanding of the cereal phytase complement for better mineral bio-activity and resource management / B.P. Henrik, Claus K. M., Inger B.H., Giuseppe D. // J. of Cereal Science. – 2014. – V. 59. – Issue 3. – P. 373–381.

- 
11. Cristina M. Rosell Wholemeal wheat bread: A composition of diffirent bread-making process and fungal phytase addition / Cristina M. Rosell, E. Santos, J.M. Sanz Penella, M. Haros // *J. of Cereal Science.* – 2009. – V. 50. – Issue 2. – P. 272–277.
  12. Afinah S. Phytase: application in food industry / A.M. Yazid, M.H. Anis Shobirin, M. Shuhaimi // *International Food research Journal.* – 2010. – V. 17. – P. 13– 21.
  13. Vikas Kumar Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review / Vikas Kumar, Amit K. Sinha, Harinder P.S. Makkar, Klaus Becker // *Food Chemistry*, 2010. – V. 120. – Issue 4. – P. 945–959.
  14. Greiner R., Konietzny U. Phytase for food application / R. Greiner, U. Konietzny // *Food Technol. Biotechnol.* – 2006. – V. 44 (2). – P. 125–140.
  15. Oliver Buddrick The influence of fermentation process and cereal grains in wholegrain bread on reducing phytate content / Oliver Buddrick, Oliver A.H. Jones, Hugh J. Cornell, Darryl M. Small. // *J. of Cereal Science.* – 2014. – V. 59. – Issue 1. – P. 3–8.
  16. Rosa Ma Garcia-Estepa Phytic acid content in milled cereal product and breads / Rosa Ma Garcia-Estepa, Eduardo Guerra-Hernandez, Belen Garcia-Villanova. // *Food Research International*, 1999. – V. 32. – Issue 3. – P. 217–221.
  17. Корячкина С. Роль биокатализаторов на основе целлюлаз в формировании качества хлеба из целого зерна / С. Корячкина, Е. Кузнецова, Л. Черепнина, А. Козлов // *Хлебопродукты.* – 2011. – №12. – С. 52–53.
  18. Дремучева Г.Ф. Влияние ферментного препарата с фитазной активностью на качество пшеничного хлеба / Г.Ф. Дремучева, А.А. Невский, А.П. Косован, О.А. Синицына // Научно-практическая конференция с международным участием «Усиление конкурентного потенциала пищевых предприятий путем развития эффективных биотехнологий»: Сборник материалов конференции // Отв. ред., к.т.н. Костюченко М.Н. – М.: Издательский комплекс «Буки веди», 2016. – С. 34–38.

19. Сборник рецептур и технологических инструкций по производству диетических хлебобулочных изделий, вырабатываемых по национальным стандартам. – М.: ФГУП «Типография Россельхозакадемии», 2012. – 72 с.