

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ И ПРЕПАРАТОВ КЛАССА ТРАНСФЕРАЗ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ СВЕЖЕСТИ ХЛЕБА**

**Степычева Н.В.<sup>1</sup>, Степанова А.А.<sup>1</sup>, Кучеренко П.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново,  
e-mail: [angelinastepanova2013@yandex.ru](mailto:angelinastepanova2013@yandex.ru)*

---

### **Аннотация**

В настоящей работе представлен обзор литературных данных, посвященных проблеме черствения хлеба. Выявлено, что в процессе черствения хлеба, помимо ретроградации крахмала, имеет определенное значение белковая составляющая и при изменении количества и качества клейковины можно добиться более длительного сохранения свежести. Рассмотрены различные аспекты применения и механизмы воздействия протеолитических ферментных препаратов и препаратов класса трансфераз на пшеничный белок для замедления процессов черствения хлеба.

---

Ключевые слова: Протеолитические ферменты, протеазы, протеиназы, пептидазы, хлебобулочное изделие, черствение, срок хранения.

## **THE USE OF PROTEOLYTIC ENZYMES AND DRUGS OF THE TRANSFERASE CLASS TO PRESERVE THE FRESHNESS OF BREAD**

**Stepycheva N.V.<sup>1</sup>, Stepanova A.A.<sup>1</sup>, Kucherenko P.N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, e-mail: [angelinastepanova2013@yandex.ru](mailto:angelinastepanova2013@yandex.ru)*

---

### **Summary**

This paper presents a review of the literature data on the problem of bread staling. It was revealed that in the process of staling bread, in addition to starch retrogradation, the protein component has a certain value and with a change in the quantity and quality of gluten, it is possible to achieve a longer preservation of freshness. Various aspects of the application and mechanisms of the effect of proteolytic enzyme preparations and transferase class preparations on wheat protein to slow down the processes of staling of bread are considered.

---

Keywords: Proteolytic enzymes, proteases, proteinases, peptidases, bakery product, staling, shelf life.

### **Введение**

В настоящее время для сохранения свежести хлеба могут быть использованы амилолитические, липолитические и гемицеллюлазные препараты. Доказано, что в процессе

черствения хлеба, помимо ретроградации крахмала [1, с. 4], имеет определенное значение белковая составляющая [2, с. 22]. Изменением количества и качества клейковины можно добиться более длительного сохранения свежести изделий не только за счет возможного увеличения их удельного объема, но и снижения скорости черствения [3, с. 251]. В ряде работ высказывается предположение, что воздействие на белки муки при помощи ферментов может способствовать сохранению свежести хлеба. В этом отношении интерес представляют ферменты протеаза и трансглутаминаза.

## Цель исследования

Целью данной работы является обзор литературных источников, посвященных вопросам черствения хлеба, а так же рассмотрение механизма действия протеолитических ферментов и препаратов класса трансфераз на пшеничный белок для сохранения свежести хлеба.

## Результаты исследования и их обсуждение

### Протеолитические ферментные препараты

Протеолитические ферменты (*протеазы*) – группа ферментов, гидролизующих белок, представленный на рисунке 1. Основной катализируемой реакцией является гидролиз пептидной связи в молекуле белков и пептидов. В результате действия эндо-ферментов – *протеиназ* (КФ 3.4.11...3.4.15) белковая молекула распадается на пептиды. В присутствии экзо-ферментов – *пептидаз* (КФ 3.4.21...3.4.24) от нее отщепляется индивидуальная аминокислота [4, с.11].

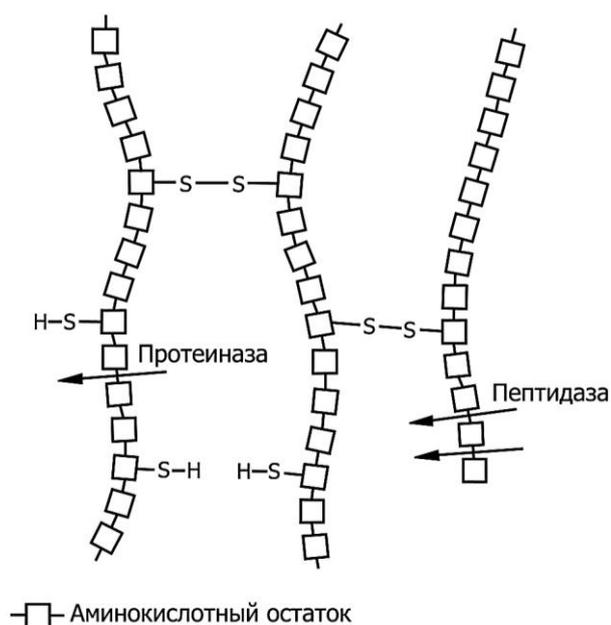


Рисунок 1. Схема гидролиза пшеничного белка протеолитическими ферментами.

Протеолитические ферменты применяют для регулирования структурно-механических свойств клейковины с целью понижения силы муки. Их использование позволяет уменьшить вязкость теста, сделать его более пластичным и эластичным, сократить время замеса, необходимое для формирования в тесте оптимальной газодерживающей способности [5, с.248]. Протеолитические ферменты применяются при производстве хлебобулочных изделий, технология которых требует особенно легкого, подвижного и растяжимого теста [6, с.6].

Эффективность использования ферментов данного типа для сохранения свежести хлеба не столь ярко выражена, как в случае  $\alpha$ -амилаз или ксиланаз. При правильной дозировке фермента и соответствующем качестве муки (сильная мука) протеиназы способствуют увеличению удельного объема изделий (за счет достижения оптимальных реологических характеристик теста) и улучшению пористости, таким образом, положительно влияя на сжимаемость мякиша [7, с.51]. В то время как снижение скорости черствения при использовании протеиназ можно объяснить нарушением связей между крахмалом и белком, которые образуются при хранении и делают структуру мякиша более жесткой [8, с. 521].

В технологии хлеба используют протеазы грибного и бактериального происхождения, из них бактериальная протеаза дает более удовлетворительные результаты. Это связано с тем, что в бактериальных препаратах преобладают протеазы эндо-типа, необходимые для быстрого расщепления белка [9, с.231]. В качестве препаратов нейтральной бактериальной протеазы могут применяться препараты Протосубтилин Г10Х и Г20Х, Нейтраза (Novozymes).

Однако слишком интенсивный гидролиз белков на стадиях брожения и расстойки может привести к тому, что тесто станет липким и мягким, а изделия получатся низкого объема с грубой пористостью [10, с. 342]. В связи с этим предложено использовать препараты термостабильной протеазы, максимальная активность которой наблюдается при повышенной температуре, что снижает риск чрезмерного разжижения теста. Проведенные исследования показали, что в этом случае полученные образцы хлеба отличаются более эластичным мякишем и дольше сохраняют свежесть по сравнению с контрольными образцами [6, с. 125].

Многими исследователями отмечается, что совместное использование препаратов  $\alpha$ -амилазы и протеазы существенно увеличивает их эффективность [1, с. 8]. При попытке разделения активностей препаратов путем избирательной инактивации ферментов способность  $\alpha$ -амилаз замедлять черствение хлеба снижалась. Для сохранения свежести хлеба рекомендуется использовать комбинации ферментов  $\alpha$ -амилаза/протеаза, а также ксиланазы/протеаза [11, с. 246].

### **Ферментные препараты класса трансфераз**

Трансферазы – ферменты, катализирующие перенос различных группировок в молекулах. Из ферментов класса трансфераз в хлебопечении наиболее широко применяют *трансглутаминазу* (КФ 2.3.2.13). Ее действие приводит к внутри- и межмолекулярному кросс-связыванию в клейковинных белках за счет переноса карбоксиамидной группировки с образованием так называемой изопептидной связи между аминокислотными остатками белковой молекулы, представленной на рисунке 2. При этом образование связей происходит независимо от окислительно-восстановительных процессов и без участия сульфгидрильных групп [12, с. 138].



Рисунок 2. Механизм действия трансглутаминазы

Таким образом, используя трансглутаминазу (в том числе и взамен улучшителей окислительного действия), можно добиться существенного укрепления клейковины, повысить стабильность теста, несколько увеличить объем изделий [13, с. 490]. Особенно эффективен фермент при использовании слабой муки, а также для восстановления белковой структуры в муке, пораженной клопом-черепашкой [14, с.788].

Хотя трансглутаминазу можно найти в тканях многих растений и животных, коммерчески доступных препаратов существует не так много, что затрудняет ее использование в промышленности. Наиболее распространены бактериальные препараты, полученные из культуры *Streptomyces mobaraensis* [15, с. 291]. К ним относится препарат Activa WM фирмы Ajinomoto (Япония), а также трансглутаминазный ферментный препарат Veron TG, выпускаемый компанией AB Enzymes [8, с. 527].

Несмотря на то, что фермент трансглутаминаза используется во многих отраслях промышленности [16, с. 64], в хлебопечении фермент применяется относительно недавно.

В ряде работ сообщается о положительном воздействии ферментных препаратов трансглутаминазы на скорость черствения хлеба. Отмечается, что в малых дозах препараты трансглутаминазы приводят к улучшению реологических свойств теста и увеличению объема хлеба, что способствует сохранению показателей сжимаемости мякиша на высоком уровне [17, с. 370]. Другими исследователями положительного эффекта трансглутаминазы на скорость черствения не обнаружено, но ее использование совместно с амилолитическими и ксиланазными ферментными препаратами значительно повышало их эффективность для

сохранения свежести изделий [18, с 177]. Полученные образцы были лишены липкости и избыточной влажности, вызванной действием амилазы и ксиланазы, и имели более высокие показатели, характеризующие их свежесть как по сравнению с контрольными образцами, так и по сравнению с образцами без трансглутаминазы, что позволяет говорить о синергетическом действии этих ферментов [8, с. 43].

### **Выводы**

Обзор литературных данных подтверждает, что воздействие на пшеничный белок ферментов протеаз и трансглутаминаз способствует сохранению свежести хлеба.

### **Список литературы**

1. Степычева, Н.В., Кучеренко, П.Н. Использование амилалитических ферментных препаратов для замедления ретроградации крахмала // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2013. №8 – стр.3-10
2. Goesaert, H. et. al / Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality // Trends in Food Science and Technology. – Vol. 16 (2005). – № 1-3. – P. 12-30.
3. Jemli S., Ayadi-Zouari D., Hlima H. B., Bejar S. Biocatalysts: application and engineering for industrial purposes // Crit. Rev. Biotechnol. 2016. Vol. 36. P. 246-258.
4. Грачева, И. М. Технология ферментных препаратов / И. М. Грачева, А. Ю. Кривова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Элевар, 2000. – 512 с. : ил. – ISBN 5-89311-003-X.
5. Романов А. С. и др./ Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность : Учеб.-справ. пособие / Под общ. ред. В. М. Позняковского. – 2-е изд., испр. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2007. – 278 с. : ил. – ISBN 5-379-00186-6.
6. Fernandes P. Enzymes in Fish and Seafood Processing // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2016. Vol. 4. P. 1-14.
7. Caballero, P.A. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination / P.A. Caballero, M. Gomez, C.M. Rosel // Journal of Food Engineering. – Vol. 81 (2007). – № 1. – P. 42-53.
8. Caballero, P. A. Bread quality and dough rheology of enzyme-supplemented wheat flour / P. A. Caballero, M. Gomez, C. M. Rosell // European Food Research and Technology. – Vol. 224 (2007). – № 5. – P. 525-534.
9. Кислухина, О. В. Ферменты в производстве пищи и кормов / О. В. Кислухина. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 336 с. – ISBN 5-94343-021-0.

10. Goesaert H. [et. al] *Enzymes in Breadmaking /// Bakery Products : Science and Technology / Ed. by Y. H. Hui. – Oxford : Blackwell Publishing, 2006. – P. 337-364. – ISBN-10: 0-8138-0187-7.*
11. Moreno H., Herranz B., Pérez-Mateos M. et al. *New alternatives in seafood restructured product // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56(2). P. 237-248.*
12. Van Oort, M. *Enzymes in bread making / M. van Oort // Enzymes in food technology / Ed. by R. J. Whitehurst, M. van Oort. – 2nd ed. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2009. – P. 103-143. – ISBN 978-1-4051-8366-6.*
13. Сульдина Т.И., Гусева Т.В. Роль фермента трансглютаминазы в приготовлении блюд в качестве пищевого ингредиента В книге: *Актуальные проблемы социально-экономического развития общества. Материалы Национальной научно-практической конференции научно-педагогических работников. 2019. С. 488-493.*
14. Bauer, N. et. Al / *Studies on effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat. II. Rheological properties / Cereal Chemistry. – Vol. 80 (2003). – № 6. – P. 787-790*
15. Dube, M. et. Al / *Texturisation and modification of vegetable proteins for food applications using microbial transglutaminase // European Food Research and Technology. – Vol. 225 (2007). – № 2. – P. 287-299.*
16. Римарева Л.В., Серба Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А. *Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вопр. питания. 2017. Т. 86, № 5. С. 63.*
17. Steffolania, M. E. [et. al] / *Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality // Journal of Cereal Science. – Vol. 51 (2010). – № 3. – P. 366-373.*
18. Кудзиева Ф.Л., Касаева С.Ф. *Применение пищевых добавок при производстве хлебобулочных изделий с целью улучшения потребительских характеристик в сборнике: перспективы развития АПК в современных условиях. Материалы 7-й международной научно-практической конференции. 2017. с. 176-178.*