

УДК 664

Е. В. Никитина, З. В. Галимова, Н. Н. Абдуллина,  
Ф. К. Алимова, Ю. А. Морозова

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПШЕНИЧНЫХ КРАХМАЛОВ

*Ключевые слова:* пшеничный биомодифицированный крахмал, амилаза *Bacillus licheniformis*, физико-химическая резистентность.

*Сравнительный анализ показал, что биомодифицированный крахмал, прошедший одночасовую обработку амилазным препаратом *Bacillus licheniformis*, более устойчив к воздействию минеральных кислот и высоких температур. Увеличение времени биомодификации крахмалов используемым ферментом до двух и более часов привело к сильному изменению физико-химических свойств, что сказалось на кислото- и терморезистентности.*

*Keywords:* wheat fermented starch, amylase *Bacillus licheniformis*, physical and chemical resistance.

*The comparative analysis showed that a biomodified starch, fermented of *Bacillus licheniformis* amylase during one-hour is more resistant to mineral acid and high temperature. The increase of processing time of biomodification starches to two hours or more led to fatal change of physicochemical properties, which affected to acid- and thermoresistance.*

### Введение

Большое распространение в современной пищевой промышленности получили пищевые добавки для улучшения функционально-технологических свойств пищевых продуктов. Среди их большого разнообразия можно выделить крахмал, который очень часто используется в качестве загустителя, а также стабилизатора пищевой массы. Существует большое количество разновидностей крахмалов: рисовый, кукурузный, пшеничный, саговый, тапиоковый, очень большой популярностью пользуется картофельный крахмал из-за низкой температуры клейстеризации [1].

В связи с нестабильным поведением нативного крахмала, проводят его модификацию. Одним из наиболее безопасных способов является модификация с помощью амилолитических ферментов.

Биомодифицированные крахмалы получили широкое применение в изготовлении майонезов средней калорийности. Применение в технологии изготовления майонезов модифицированного пшеничного крахмала снижает его калорийность с 80 до 50% [2]. А также он используется в технологии производства хлебобулочной продукции, для снижения калорийности, придания пористости продукта [3].

Доказано действие пшеничного крахмала на реологические свойства восстановленного гранулированного продукта на основе облепихи [4]. Выявлено, что добавление пшеничного крахмала приводит к увеличению объема тортов, удельного объема пирогов. Кроме того, замедляется процесс черствления, увеличиваются сроки хранения, внесение 10% к массе сырья прежелатинизированного крахмала оказало положительное влияние на качество мучных кондитерских изделий [5].

Модификация заключается в изменении физико-химических свойств нативного крахмала для улучшения его характеристик. Это приобретает особое значение при использовании модифицированных крахма-

лов в повышенных дозах, в этом случае обеспечивается его утолщение; улучшаются желирующие свойства, адгезия, пленкообразующие характеристики [6].

В настоящее время активно исследуется возможность применения амилолитических ферментов для модификации крахмалов с целью улучшения их технологических характеристик [7, 8, 9].

Большинство ферментов, которые способны воздействовать на крахмал принадлежат к одному семейству, объединенному по гомологии аминокислотной последовательности:  $\alpha$ -амилазное семейство или семейство 13 гликозилгидролаз согласно классификации Henrissat [10].

В связи с поиском новых ферментных препаратов бактериального происхождения, целью работы было изучить перспективу применения амилазного препарата *Bacillus licheniformis* для биомодификации пшеничного крахмала.

### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выступали пшеничный крахмалы: нативный (ГОСТ Р 53501-2009) и ферментированные амилазой *Bacillus licheniformis*. Ферментацию проводили в течение от 1 до 4 часов, в зависимости от продолжительности ферментации биомодифицированные крахмалы были названы: B1-1, B1-2, B1-3 и B1-4, время ферментации 1, 2, 3 и 4 часа, соответственно.

Модификацию осуществляли в дистиллированной воде при pH=7,5. Концентрация крахмала в реакционной смеси 30 г/100 мл. Активность используемой амилазы в реакционной смеси была 8,3 U/г крахмала (для этого добавляли 1 мл к. ж. *Bacillus licheniformis*/100 мл реакционной смеси).

Реакцию гидролиза останавливали путем добавления концентрированной серной кислоты до

pH=2. Затем крахмал отделяли от жидкости фильтрованием и высушивали при 40 °С.

Для дальнейших исследований готовили клейстеры крахмалов в концентрации 1% с предварительным завариванием и выдерживанием при 90 °С, 5 мин.

**Определение вязкости крахмалов.** В коническую колбу отобрали 20 мл дистиллированной воды, в части воды (5 мл) развели крахмал массой 0,2 г, а затем оставшиеся 15 мл довели до кипения. Разведенный крахмал осторожно влили в кипяток. После чего смесь остужается до комнатной температуры. Отобрали 5 мл каждого образца крахмального клейстера и измерили массу на аналитических весах, затем на вискозиметре измеряли время истечения крахмального клейстера. Расчет производили по общепринятой формуле.

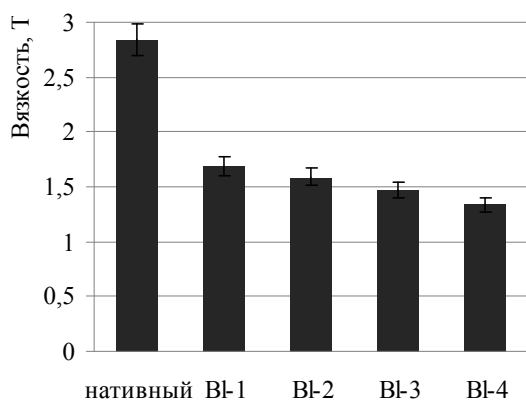
**Исследование устойчивости крахмалов к кислотному гидролизу.** Для определения устойчивости к кислотному гидролизу использовали 10 мл 1% крахмального клейстера с добавлением 1 мл концентрированной серной кислоты. Смесь инкубировали при 37°С, отбирали пробы на для определения содержания глюкозы в течение 1 ч.

**Исследование термостабильности крахмалов.** Для определения термостабильности крахмальных клейстеров (1% растворы) их подвергали обработки при 80, 100 и 150 °С в течении 30 мин. По окончании 30 мин растворы анализировали содержание глюкозы.

Во всех случаях определение количества выделившейся глюкозы проводили антроновым методом [11].

## Результаты исследований и обсуждение

В результате ферментной обработки показатель вязкости крахмальных клейстеров уменьшился (рис. 1). Причем, наибольшее снижение вязкости наблюдали уже после одночасовой экспозиции фермента с крахмальным раствором. Увеличение времени обработки приводило к дальнейшему снижению этого показателя, но уже с меньшей скоростью.

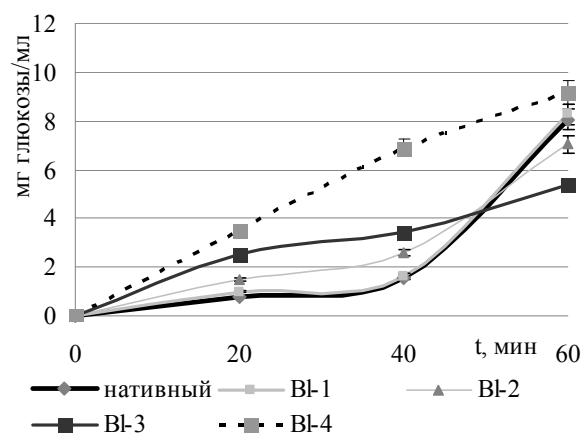


**Рис. 1 – Влияние времени ферментации на вязкость пшеничного крахмала**

После получения ферментно-обработанных крахмалов была изучена их устойчивость к физико-химическим факторам.

Исследование устойчивости пшеничных крахмалов к действию минеральной кислоты выявило

большую резистентность у крахмалов, прошедших ферментную обработку 1-2 часа. С увеличением времени ферментной обработки устойчивость снижалась, что выражается в большем накоплении глюкозы в процессе гидролиза (рис. 2).



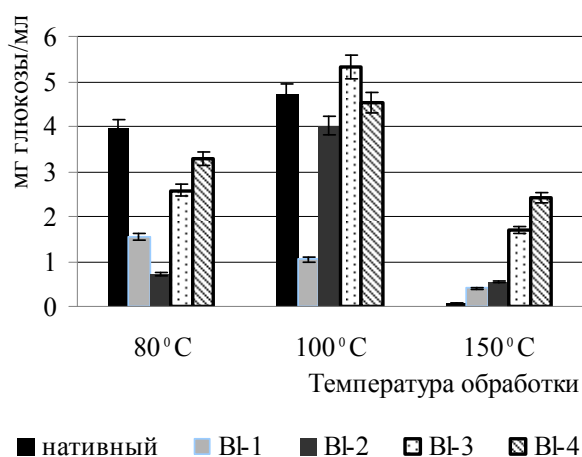
**Рис. 2 – Динамика накопления глюкозы при действии серной кислоты на пшеничные крахмалы**

В технологическом процессе при использовании крахмала большое значение имеет его поведение в стадии нагревания. В связи с этим была проведена проверка терморезистентности пшеничных крахмалов.

Наибольшая устойчивость к нагреванию при 80°С, так же как и к действию кислоты, была выявлена у образцов крахмальных клейстеров прошедших одно- и двух часовую ферментную обработку (рис. 3). Обработка при 100 °С повлекла за собой наибольшее выделение глюкозы из крахмалов ВЛ-2, 3 и 4, что может свидетельствовать о высокой степени набухания крахмальных гранул именно при этой температуре и разрыве связей с выделением моносахаридов. Что касается образца ВЛ-1, то выделение глюкозы при 100 °С было меньше, чем при 80 °С, что говорит о более низкой температуре разрыхления и набухания его крахмальных зерен.

Критическое увеличение температуры обработки до 150 °С привело к уменьшению концентрации глюкозы в крахмальных клейстерах. Наибольшая устойчивость к воздействию высокой температуры наблюдалось в случае крахмалов с меньшим временем ферментации амилазой. Интенсивное выделение глюкозы в случае крахмала ВЛ-3 и 4 может быть обусловлено более высокой температурой отжига полисахарида как следствие снижения молекулярной массы крахмальных цепей. Количество глюкозы в образце нативного крахмала в этом случае резко снизилось, что, скорее всего, было вызвано процессом отжига крахмальных зерен.

Таким образом, с увеличением температуры повышается устойчивость у крахмалов прошедших одно- и двухчасовую ферментную обработку.



**Рис. 3 – Изменения количества глюкозы после нагревания крахмалов при различных температурах**

Таким образом, полученные результаты по исследованию комплексной устойчивости модифицированных крахмалов к физико-химическим факторам показал, что по сравнению с нативным биомодифицированный крахмал, прошедший однократную обработку амилазным препаратом *Bacillus licheniformis*, более устойчив. При этом у него наблюдается пониженная температура набухания крахмального зерна. Увеличение времени обработки крахмалов используемым ферментом до 2 и более часов в концентрации 8,3 У/г крахмала приводит к сильному изменению физико-химических свойств, что фатально сказывается на кислото- и терморезистентности. Используемый фермент имеет высокую активность, поэтому будет целесообразно для получения крахмалов с измененными свойствами применять его в более низкой концентрации.

В перспективе, использование биомодифицированных крахмалов, полученных с помощью мультиферментных препаратов на основе альфа-амилаз, позволит получить безопасные крахмалы для пищевой промышленности.

## Литература

1. А. А. Соколов. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов. М.: Пищевая промышленность, 1965. 490 с.
2. Н. К. Романова, М. М. Фатхуллина. Вестник казанского технологического университета, 15, 11, 224-227 (2012).
3. Г. Цыбикова, С. Николаев, А. Охинова. Хлебопродукты, 7, 46-47, (2009).
4. А. М. Попов, А. Н. Пирогов, Е. И. Шилова. Процессы и аппараты пищевых производств. 2, 172-178 (2011).
5. М. М. Karaoglu, H. G. Kotancilar, I Celik. Starch, 53, 162-169, (2001).
6. M. Kaur, D. P. S. Oberoi, D. S. Sogi, B. S. Gill. J Food Sci Technol, 48, 460-465, (2011).
7. M. J. E. C. van der Maarel, I. Caprona, G.-J. W. Euverinka, H. Th. Bosa, T. Kaper, D. J. Binnema, P. A.M. Steeneken, Starch, 57, 465-472 (2005).
8. J.-H. Auh, H. Y. Chae, Y.-R. Kim, K.-H. Shim, S.-H. Yoo, K.-H. Park, J. Agric. Food Chem, 54, 2314-2319 (2006).
9. D. Li, Y. Ma, African J. of Biotechnology, 10, 17, 3430-3435 (2011).
10. B. A Henrissat, Biochem. J. 280, 309-316 (1991).
11. Е.В. Никитина, Л.З. Габдукаева. Вестник Казанского технологического университета, 19, 154-161 (2011).

© **Е. В. Никитина** – к.б.н., доц. каф. технологии пищевых производств КНИТУ, НОЦ «Фармацевтика» (К(П)ФУ), [ev-nikitina@inbox.ru](mailto:ev-nikitina@inbox.ru); **З. В. Галимова** – студ. каф. технологии пищевых производств КНИТУ; **Н. Н. Абдуллина** – студ. каф. технологии пищевых производств КНИТУ; **Ф. К. Алимova** – д.б.н., проф., зав. кафедры биохимии К(П)ФУ; **Ю. А. Морозова** – магистр, мл. науч. сотр. каф. биохимии К(П)ФУ.