

КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ, ОБОГАЩЕННЫЙ ХИТОЗАНОМ, С ПРОДЛЕННЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Иван Алексеевич Евдокимов¹, д-р техн. наук, чл.-корр. РАН, профессор, заведующий кафедрой
Владимир Петрович Курченко², канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией
Людмила Руслановна Алиева¹, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник
Алексей Дмитриевич Лодыгин¹, д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой
Роза Эмировна Григорян¹, аспирант
Валентин Иванович Шипулин¹, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

¹Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Введение полисахарида хитозана в рецептуру кисломолочных продуктов обогащает их нерастворимыми пищевыми волокнами, а также способствует увеличению их хранимостности. Исследования, проведенные в лабораториях Северо-Кавказского федерального университета и Белорусского государственного университета, показали, что введение хитозана в молоко перед сквашиванием, благодаря его влагоудерживающей способности, повышает устойчивость системы к синерезису. При этом воздействие хитозана на молочнокислую микрофлору носит неоднозначный характер. Проведенные эксперименты показали видимый бактериостатический эффект в случае применения культуры *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и стимулирование развития молочных стрептококков культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Сочетание данных стартовых культур в соотношении 1:3 позволило получить кисломолочный продукт с хитозаном, обладающий приятным кисломолочным вкусом, с продленным сроком хранения.

Ключевые слова: пищевые волокна, хитозан, молочнокислые микроорганизмы, срок хранения, кисломолочный пробиотический продукт

Для цитирования: Кисломолочный продукт, обогащенный хитозаном, с продленным сроком хранения / И. А. Евдокимов, В. П. Курченко, Л. Р. Алиева [и др.] // Молочная промышленность. 2024. № 4. С. 22–25. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-4-3>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из направлений повышения ценности продуктов питания для поддержания и укрепления здоровья человека является обогащение пищевыми волокнами. Физиологическая роль нерастворимых пищевых волокон в питании многообразна: она состоит не только в выведении вредных метаболитов и загрязняющих веществ, но и в регуляции биохимических процессов в желудочно-кишечном тракте [1]. Одним из наиболее перспективных компонентов, применяющихся для обогащения продуктов питания пищевым волокном, является полисахарид природного происхождения хитозан. Набухая в соляной кислоте желудка, хитозан выполняет роль мощного энтеросорбента [2]. Обладая широким спектром биологической активности, хитозан способствует ускорению заживления ран [3, 4]; нормализации фракций триглицеридов, холестерина и желчных кислот в организме [5, 6]; повышает неспецифическую резистентность организма к действию неблагоприятных факторов среды [7]; индуцирует устойчивость к вирусным заболеваниям [8]. Научное подтверждение получили его противоопухолевые свойства [9].

В технологиях молочных продуктов хитозан может применяться как для придания продуктам расширенных физиологических свойств, так и для фрак-

ционирования отдельных компонентов молочных систем [10], а также для пролонгирования сроков хранения [11, 12, 13]. Особый интерес представляет получение кисломолочных пробиотических продуктов с регулируемым составом и свойствами.

Воздействие хитозана на систему при производстве кисломолочных продуктов имеет многогранный характер. Исследования, проведенные в лабораториях Северо-Кавказского федерального университета и Белорусского государственного университета, показали, что введение хитозана в молоко перед сквашиванием, благодаря его влагоудерживающей способности, повышает устойчивость системы к синерезису. Варьируя технологические параметры, например, концентрацию хитозана, можно направленно регулировать характер взаимодействия данного полисахарида с белками молока. При понижении pH в результате сквашивания хитозан способен активизировать межмолекулярное взаимодействие белковых молекул, обеспечивая образование более прочного геля [10].

Однако характер взаимодействия и параметры продуктов в значительной мере различаются в зависимости от применяемых заквасочных культур. Исследования влияния хитозана и его олигосахаридов на развитие

*Работа выполняется при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках мега-гранта (соглашение №075-15-2022-1129 от 01.07.2022 г.)

монокультур микроорганизмов *Lactobacillus acidophilus* [14], *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*¹ показали возможность направленного регулирования средней скорости синтеза молочной кислоты и повышения хранимоспособности получаемых продуктов.

Цель работы – исследование воздействия хитозана на культуры молочнокислых микроорганизмов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (*Str. Thermophilus*) и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* с последующей разработкой кисломолочного продукта с продленным сроком хранения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования использовали бактериальные концентраты (ФГУП Экспериментальная биофабрика», г. Углич, Ярославская область) и хитозан пищевой кислоторастворимый молекулярной массой 350 кДа (ООО «Биопрогресс», г. Щелково, Московская область).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований были проведены эксперименты с чистыми культурами *Streptococcus thermophilus*. Для исследования были приготовлены образцы с дозировкой закваски 4,0 % и содержанием хитозана от 0 до 0,01 %. Закваска термофильного стрептококка и 1 % раствор хитозана, приготовленный в молочной кислоте, вносились в обезжиренное молоко кислотностью 18 °Т. Процесс сквашивания образцов проводили при температуре 42,0 °С. Нарастание кислотности определяли каждый час. Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Результаты изменения кислотности при сквашивании представлены в таблице 1.

По результатам, представленным в таблице 1, видно, что хитозан в указанных концентрациях стимулирует развитие *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (*Str. Thermophilus*). Это подтвердила и микроскопия представленных образцов: на микроскопических препаратах установлено увеличение длины цепочек стрептококка.

На втором этапе проведен эксперимент по влиянию хитозана на культуру *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Закваска и 1 % раствор хитозана, приготовлен-

ный в 1 % молочной кислоте, вносились в обезжиренное молоко кислотностью 18 °Т. Концентрацию хитозана по отношению к обезжиренному молоку варьировали: 0; 0,0050; 0,0075 и 0,0100 %. Процесс сквашивания образцов проводили при температуре 42,0 °С. Нарастание кислотности определяли в течение 17 суток. Эксперименты проводили в трехкратной повторности. Результаты изменения кислотности представлены на рисунке 1.

Как видно на рисунке, внесение высокомолекулярного хитозана приводит к значительному замедлению нарастания титруемой кислотности. Пороговым значением титруемой кислотности для *L. bulgaricus* является 140 °Т. На 17 сутки хранения эта норма в контроле была превышена на 145 %. В опытных образцах с увеличением содержания 0,005; 0,0075 и 0,0100 % наилучшие показатели, соответствующие требованиям к кисломолочным продуктам, были достигнуты на 7, 9, 13 и 17 день хранения соответственно.

Таблица 1
Изменение титруемой кислотности в процессе сквашивания культурой *Streptococcus thermophilus*

| Концентрация хитозана, % | Кислотность во время сквашивания, °Т | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|------|------|------|
| | 1 ч | 2 ч | 3 ч | 4 ч |
| 0 (контроль) | 23,7 | 33,0 | 66,3 | 77,0 |
| 0,0050 | 25,0 | 39,7 | 68,3 | 79,3 |
| 0,0075 | 26,3 | 40,7 | 71,0 | 80,7 |
| 0,0100 | 28,0 | 47,3 | 74,0 | 84,0 |

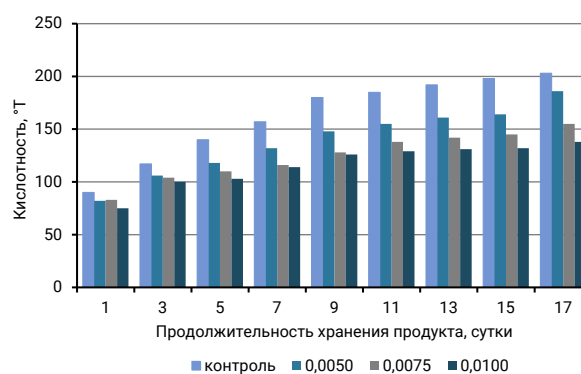


Рисунок 1. Изменение титруемой кислотности в процессе хранения продукта, сквашенного культурой *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*

¹Курченко, В. П. Использование хитозана при производстве кисломолочных продуктов на основе *Lactobacillus bulgaricus* / В. П. Курченко, Т. Н. Головач, Н. В. Сушинская [и др.] // Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию института. Щелково: ФГБНУ ВНИТИБП, 2019. С. 241–245. <https://elibrary.ru/nkysqt>

Внесение хитозана в концентрации 0,0100 % позволяет сохранить титруемую кислотность кисломоочного продукта до 138 °Т на 17 сутки хранения. При этой концентрации срок хранения кисломоочного продукта увеличивается в 3 раза по сравнению с контролем.

На третьем этапе изучено влияние хитозана на сквашивание молока комбинированной закваской, содержащей культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (культура 1) и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (культура 2) в разном соотношении (таблица 2):

- образец 1 – 3 % культуры 1 и 1 % культуры 2;
- образец 2 – 2 % культуры 1 и 2 % культуры 2;
- образец 3 – 1 % культуры 1 и 3 % культуры 2.

Сквашивание образцов проводили при температуре 42,0 °С. Продолжительность сквашивания 4 часа. В каждом случае в молоко перед сквашиванием внесли раствор хитозана, приготовленный в молочной кислоте. Концентрация хитозана в конечном продукте составляла 0,01 %. Кислотность измеряли сразу после завершения процесса сквашивания (1 сутки в табл. 2) и в процессе хранения (2–6 сутки в табл. 2).

По физико-химическим и органолептическим показателям для производства кисломоочного продукта с хитозаном выбрали образец 1, содержащий 3 % культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и 1 % культуры *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Для определения влияния хитозана на хранимособность провели следующую серию экспериментов. Для сравнения интенсивности накопления кислотности в образец 1 внесли перед сквашиванием раствор хитозана в количестве 0,01 %. Образцы хранили при температуре 5 °С в течение 28 дней (рис. 2).

Результаты экспериментов подтвердили замедление нарастания титруемой кислотности в присутствии хитозана. Помимо этого, в контрольных

образцах на 21 сутки отмечено развитие плесени, появление постороннего запаха и разжижение консистенции. В образцах с хитозаном на протяжении всего периода наблюдений плесени не обнаруживаются. Продукт сохраняет кисломоочный запах и вкус, характерную вязкую однородную консистенцию без отделения сыворотки.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения кисломоочного продукта с продленным сроком хранения, обогащенного пищевым волокном хитозаном. В продукте данный полисахарид, помимо повышения биологической ценности, выполняет роль гидроколлоида. Набухая в кислой среде, хитозан образует пространственную сетку с белками молока и, как следствие, стабилизирует консистенцию кисломоочного продукта. Благодаря своей водосвязывающей способности, хитозан снижает активность воды, тем самым увеличивая хранимособность продукта.

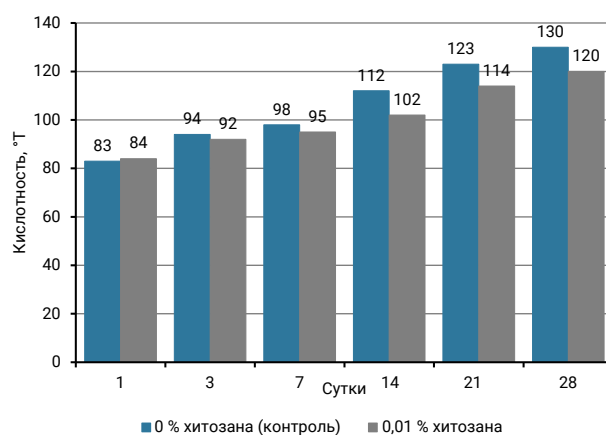


Рисунок 2. Изменение титруемой кислотности в процессе хранения продукта, сквашенного культурами *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* и *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*

Таблица 2

Влияние состава закваски на параметры кисломоочного продукта с хитозаном

| № образца | Кислотность °Т, сутки | | | | | | Изменение кислотности за 6 суток, % | Органолептическая оценка | |
|-----------|-----------------------|----|----|----|----|----|-------------------------------------|--------------------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | Вкус и запах | Консистенция |
| 1 | 86 | 88 | 88 | 89 | 92 | 94 | 109,3 | Приятный кисломоочный | Сгусток плотный, однородный; консистенция вязкая |
| 2 | 79 | 81 | 87 | 93 | 95 | 97 | 122,78 | Приятный кисломоочный | Сгусток достаточно плотный, однородный; консистенция тягучая |
| 3 | 70 | 86 | 89 | 92 | 93 | 96 | 137,14 | Приятный кисломоочный | Сгусток мягкий, неплотный; легкий дренаж сыворотки |

Воздействие хитозана на молочнокислую микрофлору носит неоднозначный характер. Проведенные эксперименты показали видимый бактериостатический эффект в случае применения культуры *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и стимулирование развития молочных стрептококков культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Сочетание данных стартовых культур в соотношении 1:3 позволило получить кисломолочный продукт с хитозаном, обладающий приятным кисломолочным вкусом (без вяжущего привкуса хитозана) и густой гладкой консистенцией. Для расширения ассортимента в продукт вносили традиционные фруктовые наполнители

(малина, вишня, клубника). Продукт по органолептическим характеристикам соответствовал требованиям.

Предложенная технология производства обогащенного хитозаном продукта может быть реализована на существующих линиях кисломолочных напитков, характерных для российских молочных предприятий. Производственная линия должна быть доукомплектована резервуаром для подготовки раствора хитозана, приготовленного в молочной кислоте или в молочной сыворотке. Предложенные технические решения в полной мере соответствуют наилучшим доступным технологиям. ■

CHITOSAN-FORTIFIED FERMENTED DAIRY PRODUCT WITH EXTENDED SHELF-LIFE

Ivan A. Evdokimov¹, Vladimir P. Kurchenko², Lyudmila R. Alieva¹, Aleksey D. Lodygin¹, Roza E. Grigorian¹, Valentin I. Shipulin¹

¹North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

²Belarusian State University, Minsk, Belarus

ORIGINAL ARTICLE

If added to fermented dairy products, polysaccharide chitosan fortifies them with insoluble dietary fibers and increases their storage capacity. This research was conducted in the laboratories of the North Caucasus Federal University and the Belarusian State University. It showed that chitosan, when introduced into milk before fermentation, increases the system's resistance to syneresis due to its moisture-retaining ability. However, the effect of chitosan on the lactic acid microflora is controversial. In this study, chitosan had an obvious bacteriostatic effect on *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* but stimulated *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. The combination of these starter cultures in a ratio of 1:3 made it possible to obtain a chitosan-fortified fermented dairy product with a pleasant taste and extended shelf-life.

Keywords: dietary fiber, chitosan, lactic acid microorganisms, shelf-life, fermented milk probiotic product

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Elleuch, M. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review / M. Elleuch [et al.] // Food Chemistry. 2011. № 124 (2). P. 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
2. Dutta, P. K. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications / P. K. Dutta, J. Dutta, V. S. Tripathi // Journal of Scientific & Industrial Research. 2004. Vol. 63. P. 20–31.
3. Budkevich, R. O. Dairy products supplemented with chitosan and sodium alginate protect the stomachs of rats with aspirin-induced lesions / R. O. Budkevich [et al.] // Agro Food Industry Hi Tech. 2015. № 26 (1). P. 42–44.
4. Biranje, S. S. Hemostasis and anti-necrotic activity of wound-healing dressing containing chitosan nanoparticles / S. S. Biranje [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2019. Vol. 121. P. 936–946. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.125>
5. Pittler, M. H. Randomized, double-blind trial of chitosan for body weight reduction / M. H. Pittler [et al.] // European Journal of Clinical Nutrition. 1999. № 5 (53). P. 379–381. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600733>
6. Domard, A. Chitosan: Structure–Properties Relationship and Biomedical Applications / A. Domard, M. Domard // Polymeric Biomaterials, Revised and Expanded. 2001. P. 201–226. <http://doi.org/10.1201/9780203904671.ch9>
7. Shahidi, F. Chitin, Chitosan, and Co-Products: Chemistry, Production, Applications, and Health Effects / F. Shahidi, R. Abuzaytoun // Advances in Food and Nutrition Research. 2005. Vol. 49. P. 93–135. [https://doi.org/10.1016/s1043-4526\(05\)49003-8](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(05)49003-8)
8. Fong, D. Chitosan immunomodulatory properties: Perspectives on the impact of structural properties and dosage / D. Fong, C. D. Hoemann // Future Science OA. 2018. Vol. 4, № 1. <https://doi.org/10.4155%2Ffsoa-2017-0064>
9. Adhikari, H. S. Anticancer Activity of Chitosan, Chitosan Derivatives, and Their Mechanism of Action / H. S. Adhikari, P. N. Yadav // International Journal of Biomaterials. 2018. 2952085. <https://doi.org/10.1155/2018/2952085>
10. Курченко, В. П. Использование хитозана для увеличения срока годности кисломолочных продуктов / В. П. Курченко, Т. Н. Головач, Н. В. Сушинская [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 58–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10030>; <https://elibrary.ru/dbesar>
11. Dutta, J. Progress in antimicrobial activities of chitin, chitosan and its oligosaccharides: A systematic study needs for food applications / J. Dutta, S. Tripathi, P. K. Dutta // Food Science and Technology International. 2012. № 1 (18). P. 3–34. <https://doi.org/10.1177/1082013211399195>
12. Evdokimov, I. A. Usage of chitosan in dairy products production / I. A. Evdokimov [et al.] // Foods and Raw Materials. 2015. № 2 (3). P. 29–39. <http://doi.org/10.12737/13117>
13. Кучеренко, В. П. Хитозан в биотехнологиях функциональных молочных продуктов / В. П. Курченко, Л. П. Алиев, И. А. Евдокимов. – СПб: Профессия, 2023, 224 с.
14. Курченко, В. П. Зависимость свойств кисломолочного напитка с *Lactobacillus acidophilus* от концентраций и молекулярной массы хитозанов / В. П. Курченко, Т. Н. Головач, С. М. Денищик [и др.] // Пищевая промышленность. 2022. № 11. С. 45–49. <https://doi.org/10.52653/PPI.2022.11.11.011>; <https://elibrary.ru/bymsnp>