

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБНОГО КОНСОРЦИУМА МОЛОЧНОКИСЛЫХ И ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ПАХТЫ

Е. Д. Батухтина, студентка 1-го курса магистратуры,
e-mail: batuhtinaelizaveta325@gmail.com
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»



О. В. Анистратова, канд. техн. наук,
e-mail: oksana.anistratova@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»
ФГБОУ ВО «Западный филиал
Российской академии народного хозяйства
и государственной службы
при Президенте Российской Федерации»

В статье рассматривается перспективность использования пахты в производстве кисломолочных продуктов вместо традиционного коровьего молока, поскольку она является ценным источником молочного белка, фосфолипидов и других эссенциальных компонентов. Результаты полученных исследований показывают, что для производства обогащенного кисломолочного продукта из смеси, состоящей из пахты, инулина (1 %) и молочного белка (2 %), заквашивание необходимо проводить консорциумом закваски, состоящей из 1/2 части молочнокислых микроорганизмов (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) и 1/2 части пропионовокислых микроорганизмов (*Propionibacterium schermanii* KM-186), что обеспечивает наилучшие органолептические и реологические характеристики готового кисломолочного продукта.

Ключевые слова: пахта, кисломолочный продукт, молочнокислые и пропионовокислые микроорганизмы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время кисломолочные продукты про- и пребиотической направленности производятся из коровьего молока. Существующие на сегодняшний день подходы к применению ресурсосберегающих технологий в молочной промышленности предполагают комплексное использование продуктов переработки молока, в том числе пахты, которая является ценным источником белка, фосфолипидов, минеральных веществ и других эссенциальных компонентов [1, 2].

В Калининградской области ежегодно выпускают более 2 500 т сливочного масла, при этом полученная пахта не перерабатывается, а утилизируется. На рынке молочной продукции отсутствует линейка продуктов из пахты.

Современные обогащенные кисломолочные продукты производятся путем их ферментации консорциумами штаммов бифидо- и лактобактерий (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* и др.), применение которых в адекватных количествах позволяет улучшить состояние здоровья организма [3, 4].

Разработанные штаммы пропионовокислых микроорганизмов (*Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* – КМ 186) обладают высоким биопотенциалом для производства кисломолочных продуктов [5, 6].

В данном исследовании при разработке кисломолочного продукта из пахты используется инулин в качестве биологически активной добавки к пище – как пребиотик. Инулин относится к растворимым пищевым волокнам, является субстратом для микробиоты человеческого организма, способствует увеличению численности бифидобактерий [7]. Он используется в технологии молочных продуктов в качестве наполнителя (благодаря его хорошей растворимости), заменителя сахара и позволяет получать кисломолочные продукты с функциональной направленностью.

Целью работы является исследование физико-химических, органолептических показателей сгустков, ферментируемых консорциумом молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов, полученных из смеси на основе пахты.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве сырья для производства опытных образцов использована пахта (производитель ООО «Гусевмолоко»), инулин (производитель «ФитПарад»), молочный белок (производитель «Союзснаб»), закваски прямого внесения («Пропионикст», производитель ООО «Малое предприятие "Бифивит"») (Россия), культура пропионовокислых бактерий составляет не менее 10^{10} КОЕ/г; Teos, производитель ОАО «Савушкин Продукт» (Беларусь), культура молочнокислых бактерий составляет не менее 10^9 КОЕ/г).

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является исследование возможности использования микробного консорциума молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов в технологии производства кисломолочных продуктов из пахты.

Для этого были поставлены следующие задачи:

- Изучение влияния консорциума микроорганизмов (*Streptococcus salivarius* sp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*, *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* КМ-186) на процесс ферментации смесей на основе пахты.
- Исследование органолептических, физико-химических и структурно-механических свойств сгустка при производстве кисломолочных продуктов на основе пахты.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбор и подготовку проб для исследований проводили согласно единой методике в соответствии с требованиями ГОСТ 26809.1-2014. Органолептическую оценку выполняли по ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011.

Показатель кислотности определяли титриметрическим методом с добавлением индикатора фенолфталеина по ГОСТ 3624-92. Массовую долю жира в пахте определяли согласно ГОСТ 5867-90. Плотность сырья и готовой смеси определяли в соответствии с ГОСТ 3625-84.

Реологические характеристики сгустков определяли при помощи ротационного вискозиметра Brookfield DV-II+Pro с использованием шпинделя RV-3 при скоростях 5-100с-1 [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что пропионовокислые бактерии обладают слабой кислотообразующей способностью, поэтому их используют при изготовлении кисломолочных продуктов только в сочетании с молочнокислыми бактериями.

Для оценивания влияния наполнителей и соотношения молочнокислых и пропионовокислых микроорганизмов в составе закваски были приготовлены образцы (таблица 1). Монокультуры пропионовокислых микроорганизмов в технологии кисломолочных напитков не используются, поскольку образуют непрочные сгустки, склонные к синерезису. В качестве

контрольного рассматривался образец пахты без пропионовокислых микроорганизмов, растительного и молочного компонента.

Таблица 1 – Опытные образцы

Наименование образца	Соотношение микроорганизмов заквасочных культур		Массовая доля молочного белка, %		
	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Propionibacterium Schermanii KM-186</i>	1,0	2,0	3,0
Контроль	1	0	-	-	-
№ 1	1	1	+		
№ 2	1	2	+		
№ 3	1	3	+		
№ 4	1	1		+	
№ 5	1	2		+	
№ 6	1	3		+	
№ 7	1	1			+
№ 8	1	2			+
№ 9	1	3			+

В процессе исследований были получены образцы кисломолочных сгустков, состоящих из смеси пахты с инулином и включающих молочный белок в различной концентрации. В пахту при температуре 35 °С вносили порошок инулина в количестве 1 % и молочный белок от 1 до 3 % к массе смеси, смесь перемешивали до полного растворения сухих компонентов и выдерживали в течение 1 ч. Полученная смесь подвергалась термической обработке (80–85 °С, с выдержкой 1–3 мин), охлаждалась и ферментировалась (37±2) °С закваской в количестве 3–5 % к массе смеси, состоящей из молочнокислых (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) и пропионовокислых микроорганизмов (*Propionibacterium schermanii KM-186*) до достижения кислотности сгустка 80–85 °Т.

Очень важно правильно оценить свойства сгустка и точно определить момент его готовности при производстве кисломолочного напитка. Обычно готовность сгустка определяют визуально по его прочности, вязкости и кислотности. С кислотообразующей способностью микроорганизмов закваски непосредственно связан процесс структурообразования, так как момент образования кисломолочного сгустка зависит от времени достижения изоэлектрической точки для казеина, равной 4,6–4,7 рН. Результаты исследований органолептических и физико-химических показателей ферментируемых сгустков представлены в таблице 2, на рисунке 1.

Результаты исследований показывают, что кисломолочные сгустки с содержанием молочного белка 2 % являются плотными сгустками, что характерно для данной группы молочных продуктов.

Изменение физико-химических показателей образцов представлено на рисунке 1. Установлено, что в образцах № 1, 4, 7 (при соотношении заквасочных культур 1:1) процесс ферментации происходил более интенсивно, что и демонстрируют значения показателей степени кислотообразования (0,28–0,36 %) и средней скорости (0,06–0,08 ΔТ/ч). Самые низкие значения отмечены в контрольном образце (0,23 %; 0,05 ΔТ/ч соответственно).

В технологическом процессе производства кисломолочных продуктов необходимо осуществлять объективную оценку их консистенции, которая выражается реологическими

характеристиками, изменяющимися в зависимости от химического состава, физических свойств, процессов обработки рассматриваемого образца кисломолочного продукта.

Таблица 2 – Органолептические показатели

Наименование образца	Органолептические показатели
Контроль	Запах кисломолочный, привкус сливочного масла. Цвет белый. Сгусток неплотный, однородный
№ 1	Запах, вкус чистые кисломолочные. Цвет белый. Сгусток менее плотный, однородный
№ 2	
№ 3	
№ 4	Запах, вкус чистые кисломолочные. Цвет белый. Сгусток плотный, однородный
№ 5	
№ 6	
№ 7	Запах, вкус чистые кисломолочные. Цвет белый. Сгусток очень плотный, однородный
№ 8	
№ 9	

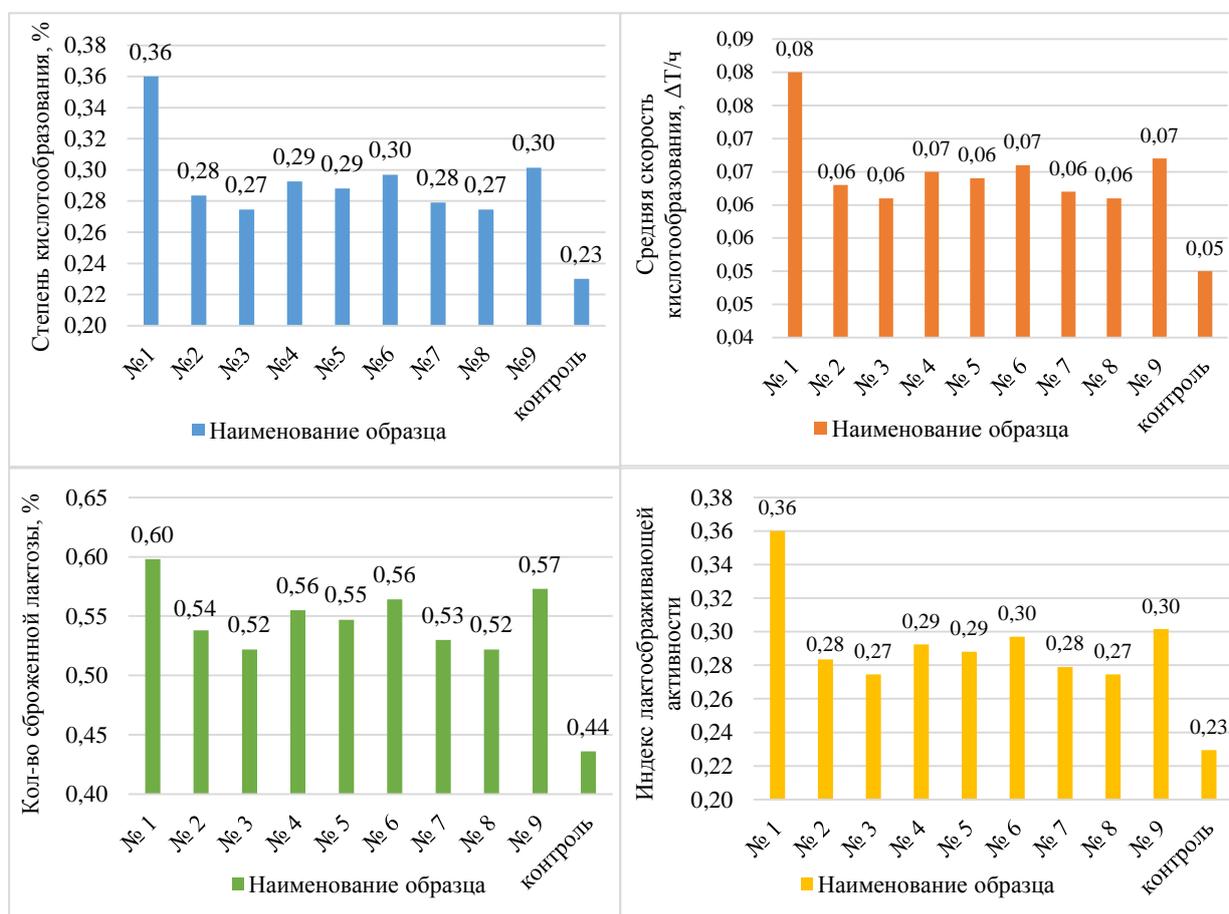


Рисунок 1 – Изменение физико-химических показателей образцов

Исследование реологических характеристик необходимо для оценки процесса синерезиса при механическом воздействии и хранении кисломолочного продукта [9].

В дальнейшем были изучены реологические характеристики образцов, включая изменение вязкости в зависимости от скорости вращения шпинделя при механическом воздействии (см. рисунок 2).

График «вязкость – скорость сдвига» отражает способность системы восстанавливать свои свойства после механического воздействия. Кривые течения, представленные в виде

петель гистерезиса, не пересекались, за исключением контрольного образца, что указывает на тиксотропное поведение системы при использовании всех трех вариантов соотношения микроорганизмов. Было замечено, что у образцов с содержанием 2 % молочного белка петли гистерезиса были более удалены друг от друга по сравнению с образцами, содержащими 1 и 3 % молочного белка, что свидетельствует о более выраженном тиксотропном поведении системы.

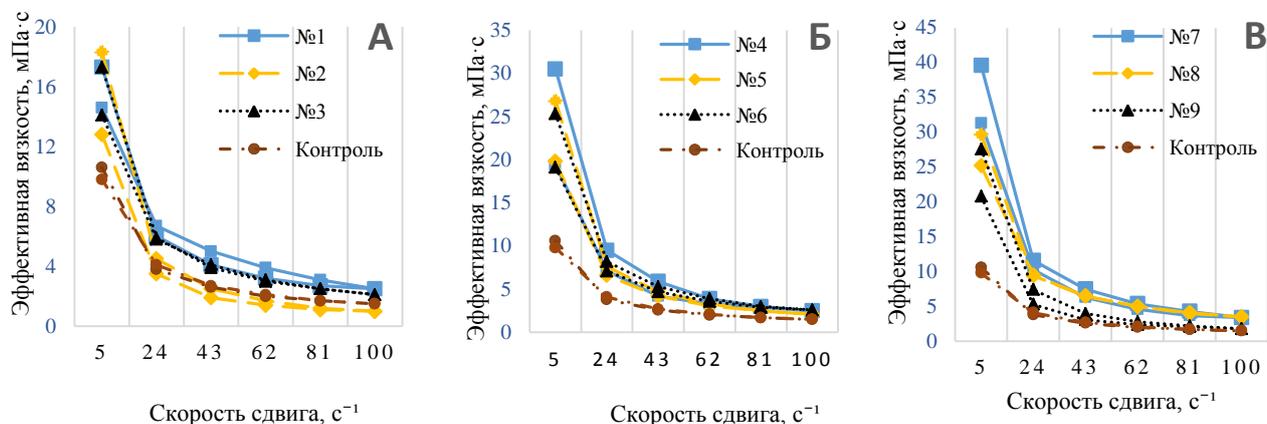


Рисунок 2 – Кривые течения образцов: А) содержание молочного белка в смеси 1 %; Б) содержание молочного белка в смеси 2 %; В) содержание молочного белка в смеси 3 %

В дальнейших исследованиях изучали тиксотропный индекс, или коэффициент эффективной вязкости при нагрузке и разгрузке (таблица 3) [10].

Таблица 3 – Структурно-реологические характеристики

Наименование образца	Тиксотропный индекс		Степень восстановления структуры
	при нагрузке	при разгрузке	
Контроль	7,1	6,5	1,1
№ 1	6,9	5,8	1,2
№ 2	18,3	12,8	1,4
№ 3	8,2	6,7	1,2
№ 4	12,2	7,7	1,6
№ 5	12,7	9,4	1,4
№ 6	9,7	7,3	1,3
№ 7	11,6	9,2	1,2
№ 8	8,5	7,2	1,2
№ 9	15,3	11,5	1,3

Из анализа представленных данных таблицы можно сделать вывод, что все исследуемые образцы кисломолочных сгустков имеют тиксотропно-обратимые связи. Установлено, что в образцах № 4–6 (с содержанием молочного белка в смеси 2 %) степень восстановления структуры характеризовалась более высокими значениями (1,3–1,6), при этом большее значение было в образце № 4 с соотношением микроорганизмов закваски 1:1, что характеризует восстановление структуры в белковой системе и способствует предотвращению синерезиса в процессе транспортировки и хранения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты исследований свидетельствуют, что использование консорциума закваски, состоящей из одной части молочнокислых микроорганизмов (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) и одной части пропионовокислых микроорганизмов

(*Propionibacterium schermanii* KM-186), позволяет получить ферментируемые молочные сгустки с требуемыми физико-химическими показателями.

Установлено, что кисломолочные сгустки с содержанием молочного белка 2 % в смеси представляют собой сгусток, характерный для данной группы молочных продуктов.

Исследования показали, что при добавлении 2 % молочного белка и соотношении микроорганизмов 1:1 наблюдается большая степень восстановления структуры в белковой системе с молочным белком.

Выявлено, что структурно-механические характеристики полученных сгустков в большей степени зависят от количества добавленного молочного белка, чем от соотношения между молочнокислыми и пропионовокислыми микроорганизмами. Было определено, что оптимальное количество вносимого молочного белка в продукт – 2 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанова, Т. В. Влияние состава закваски на физико-химические показатели кисломолочных продуктов на основе пахты / Т. В. Кабанова, Е. И. Дементьева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции (Йошкар-Ола, 16-17 марта 2022 г.). – Вып. XXIV. – ЙОШКАР-ОЛА: Марийский государственный университет, 2022. – С. 220–223. – EDN TOFYGX.

2. Вышемирский, Ф. А. Пахта: минимум калорий – максимум биологической ценности / Ф. А. Вышемирский // Молочная промышленность. – 2011. – № 9. – С. 43–45.

3. Хамагаева, И. С. Исследование пробиотических свойств комбинированной закваски / И. С. Хамагаева, И. В. Бояринева, Н. Ю. Потапчук // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 1 (28). – С. 54–58. – EDN PWPUFR.

4. Молочнокислые и пропионовокислые бактерии: формирование сообщества для получения функциональных продуктов с бифидогенными и гипотензивными свойствами / А. В. Бегунова, И. В. Рожкова, Е. А. Зверева [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55, № 6. – С. 566–577. – EDN CUNWLD.

5. Использование при ферментации закваски чистых культур *Propionibacterium schermanii* // Закваска пропионовокислых бактерий «ПРОПИОНИКС» [Электронный ресурс]. URL: <https://propionix.ru/zakvaska-propionovokislykh-bakteriy-propioniks> (дата обращения: 27.04.2024).

6. Воробьева, Л. И. Пропионовокислые бактерии / Л. И. Воробьева. – Москва: Изд-во МГУ, 1995. – 288 с.

7. Надежкина, М. С. Инулин: свойства, применение. Мировой рынок инулина / М. С. Надежкина, О. А. Сагина // Modern Science. – 2020. – № 1-2. – С. 76–80. – EDN MWAPWP.

8. Крупенникова, В. Е. Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II Pro: метод. указания / В. Е. Крупенникова, В. Д. Раднаева, Б. Б. Танганов. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2011. – 48 с.

9. Абабкова, А. А. Исследование реологических характеристик кисломолочных сгустков, обогащенных гидролизатом сывороточных белков / А. А. Абабкова, Е. Ю. Неронова, А. Л. Новокшанова // Молочнохозяйственный вестник. – 2016. – № 3 (23). – С. 37–45. – EDN WXHCYL.

10. Замбалова, Н. А. Влияние пищевых волокон на формирование функциональных свойств биопродукта / Н. А. Замбалова, А. Г. Хантургаев, И. С. Хамагаева // Вестник ВСГУТУ. – 2017. – № 1 (64). – С. 26–32. – EDN YHSTSX.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING A MICROBIAL
CONSORTIUM OF LACTIC ACID AND PROPIONIC ACID MICROORGANISMS
IN THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF FERMENTED MILK PRODUCTS
FROM BUTTERMILK

E. D. Batukhtina, 1st year graduate student,
e-mail: batuhtinaelizaveta325@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

O. V. Anistratova, Candidate of Technical Sciences,
e-mail: oksana.anistratova@klgtu.ru
Kaliningrad State Technical University
Western Branch of the Russian Academy
of National Economy and Public Administration
under the President of the Russian Federation

The article discusses the prospects of using buttermilk in the production of fermented dairy products instead of traditional cow's milk, since it is a valuable source of milk protein, phospholipids and other essential components.

The results of the studies show that for the production of an enriched fermented milk product from a mixture consisting of buttermilk, inulin (1 %) and milk protein (2 %), fermentation must be carried out by a consortium of starter cultures consisting of one part of lactic acid microorganisms (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*) and one part of propionic acid microorganisms (*Propionibacterium Schermanii* KM-186), which provides the best organoleptic and rheological characteristics of the finished fermented milk product.

Keywords: *buttermilk, fermented milk product, lactic acid and propionic acid microorganisms.*