

Прикладная биохимия и биотехнологии

УДК 637.03+637.13

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

Н.В. Попова, И.Ю. Потороко

Высокая социальная значимость молокоперерабатывающей промышленности и зависимость ее от сырьевого фактора определяет необходимость разработки инновационных технологий восстановления сухого молока, обеспечивающих выработку требуемого ассортимента молочных продуктов и уровень их качества в соответствии с требованиями потребителей и нормативных документов. Предлагаемое нами внедрение ультразвуковой обработки способствует достижению цели в части обеспечения ресурсосберегающих технологий переработки молочного сырья и формирования качества восстановленных продуктов переработки молока.

Ключевые слова: сухое молоко, восстановление, молочный напиток, кислomолочный продукт, ультразвуковая обработка, восстановленные продукты переработки молока.

Стратегическая цель, стоящая перед пищевой и перерабатывающей промышленностью, заключается в обеспечении гарантированного и устойчивого снабжения населения страны безопасным и качественным продовольствием. Гарантией ее достижения является стабильность внутренних источников продовольственных и сырьевых ресурсов.

Это в свою очередь выдвигает необходимость разработки нового товароведческого подхода к целенаправленному формированию широкого спектра потребительских свойств продуктов питания массового спроса, к числу которых, безусловно, относится молочная продукция.

В связи с необходимостью ежедневного присутствия молочной продукции в рационах питания населения вопросы создания требуемых резервов молочного сырья и разработка ресурсосберегающих технологий его восстановления приобретают безусловную значимость.

В «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года» основным приоритетом закреплено использование инновационных технологий, направленных на формирование заданного качества продуктов, и нацеленных на импортозамещение и ресурсосберегающую переработку сырья. В качестве одного из путей решения данной проблемы рекомендуется использование современных

физико-химических и электрофизических методов воздействия, в том числе способов ультразвукового кавитационного воздействия.

К основным свойствам сухого молока относятся его смачиваемость, то есть способность смачиваться водой без перемешивания, пенетрабельность (способность пропитываться водой), диспергируемость (способность распределяться в воде без образования комочков) и погружаемость (способность оседать на дно), значения которых, безусловно, влияют на процесс восстановления [3], но их достаточно трудно прогнозировать, в связи с чем нами предложена возможность УЗ-воздействия на воду, используемую для восстановления сухого молока. Наиболее важными показателями для воды, с точки зрения полноты восстановления сухого молока, является ее жесткость, уровень активной кислотности и температура.

Для изучения влияния ультразвукового воздействия на показатели качества воды, пробы воды обрабатывались ультразвуком в режимах разной мощности – 120, 180 и 240 Вт и продолжительности воздействия – 1, 3 и 5 минут в различных вариациях. В результате установлено, что под воздействием ультразвука снижается активная кислотность воды (на 0,43...4,39 % по отношению к контролю) и общая жесткость (на 3,9...8,09 %), повышается температура воды в среднем на 10...15 °С. В качестве оптимального на осно-

ве математической обработки данных был определен режим воздействия – обработка ультразвуком мощностью 120 Вт и длительностью воздействия не более 5 минут.

Согласно рабочей гипотезе исследования, определенной с учетом теории УЗ воздействия и возможности его встраивания в технологический процесс на этапах водоподготовки и восстановления при получении восстановленного молока [1, 3], были определены алгоритм процессов и вариации технологий, представленные на рис. 1.

уровня регламента (для контроля необходимо 3...4 часа), что указывает на возможность применения УЗ воздействия как интенсифицирующего фактора в технологии восстановления сухих молочных продуктов [1, 3, 6].

Результаты оценки дисперсного состава образцов восстановленного молока показали, что под влиянием УЗ воздействия наблюдается значительное выравнивание системы продукта – преобладают частицы с размерами в диапазоне 202,2...243,1 нм, в то время как контрольный образец характеризуется нали-

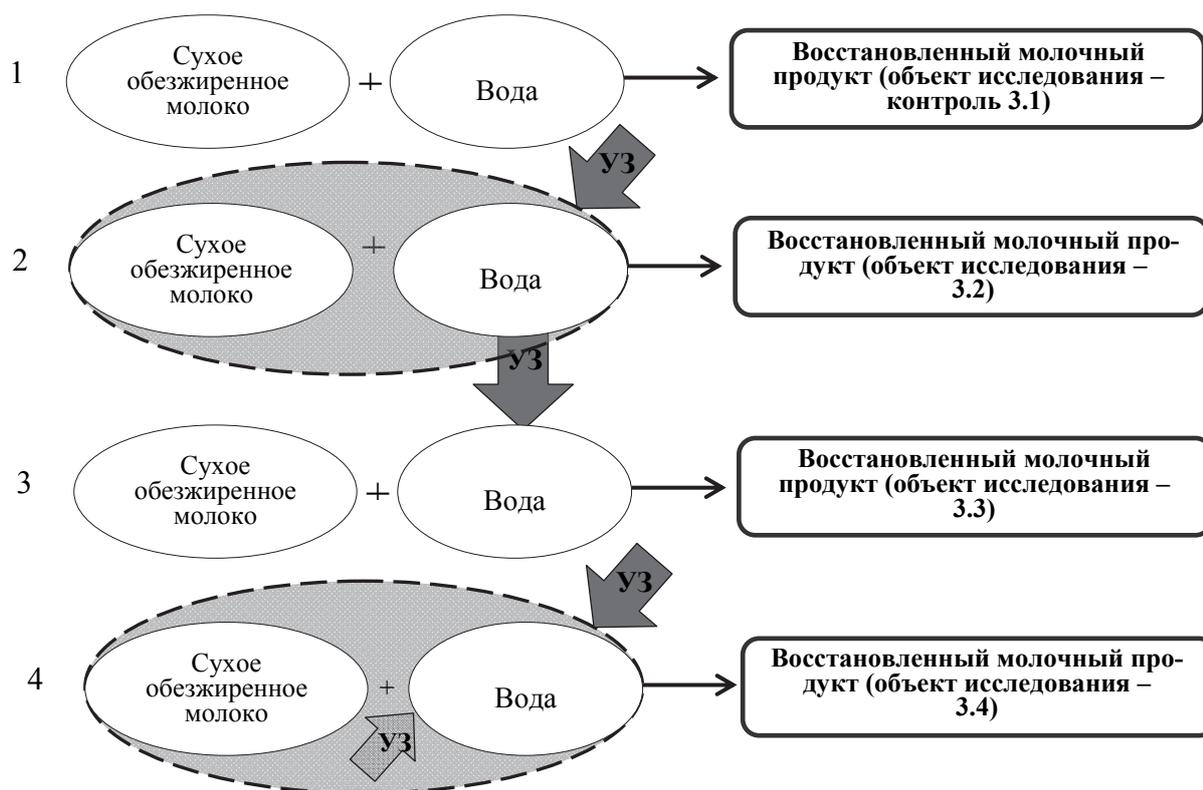


Рис. 1. Алгоритмы внедрения ультразвуковой обработки и кодировка объектов исследования

Модификация традиционной технологии восстановления сухого молока включением ультразвуковой обработки показала: увеличение относительной скорости растворения (до 39,8 % по отношению к контролю) и снижение индекса растворимости (до 75 %) в зависимости от длительности воздействия.

Более полное восстановление сухого молока отмечено в продукте, прошедшем двухэтапную УЗ-обработку (объект 3.4), а также в образце одноэтапной обработки УЗ механической смеси воды и СОМ (объект 3.2).

В опытных образцах показатели качества уже по истечению 1...1,5 часов достигали

цием частиц двух размерных фракций (около 41 % частиц размером в среднем $(409,5 \pm 10)$ нм, 53 % – $(174,0 \pm 10)$ нм). Обработка ультразвуком механической смеси (СОМ + вода) дает наименьший размер частиц: в пределах $(202,1 \pm 30)$ нм.

Важным фактором, определяющим скорость восстановления сухого молока и пищевую ценность восстановленных молочных продуктов, является скорость гидратации белков.

Гидратационные свойства белков молока могут быть утрачены на различных этапах подготовки сырья и при ведении технологи-

ческого процесса (высокие и низкие температуры, механико-динамические воздействия).

Ультразвуковая кавитация посредством внутренних взрывов [6] способствует набуханию белков за счет разрушения агломератов сухого молока, что в свою очередь приводит к изменению соотношения свободной и связанной воды в образцах восстановленного молока. Количество связанной воды (водоудерживающей способности белков восстановленного молока) увеличивается в диапазоне от 63,6 до 69,1% (рис. 2), что согласуется с результатами термогравиметрического анализа.

Термограммы образцов, полученных по различным технологиям, позволяют выявить разницу в температурных интервалах эндотермических пиков и максимумов выделения воды. Смещение в область повышенных температур свидетельствует о более сильных связях компонентов молока с молекулами воды, и по указанным параметрам более сильные водоудерживающие свойства формируются при совместной ультразвуковой обработке сухого молока и воды.

Полученные данные хорошо согласуются с теорией надтепловой кавитационной дезинтеграции воды в составе восстановленного молока, за счет чего увеличивается энергия связи ее диполей с полярными центрами молекул аминокислот. Следовательно, происходит увеличение энергии связи и форми-

руется прочная гидратная оболочка.

Так как выраженное влияние ультразвуковой кавитации проявляется уже при обработке в течение 3 минут, о чем свидетельствуют результаты по всем исследованным показателям, то для производства молочных продуктов было определено сырье – восстановленное молоко, полученное при УЗ обработке мощностью 120 Вт, длительностью воздействия 3 минуты.

На основании результатов по предпочтениям потребителей в выборку объектов для последующих исследований были определены: молоко питьевое и кефир, предметом исследований являлась возможность производства молочной продукции из сухого молока с высокими потребительскими свойствами, соответствующими критериям важности для потребителей.

Учитывая взаимосвязь потребительских свойств молочных продуктов с показателями качества, для прогнозирования возможности интенсификации их производства, восстановленные молочные продукты оценивались по расширенной номенклатуре показателей.

Обобщение результатов органолептической оценки качества молочных напитков указывает на выраженное влияние ультразвукового воздействия на их органолептические показатели, и в большей степени на вкус и запах (рис. 3) [7].

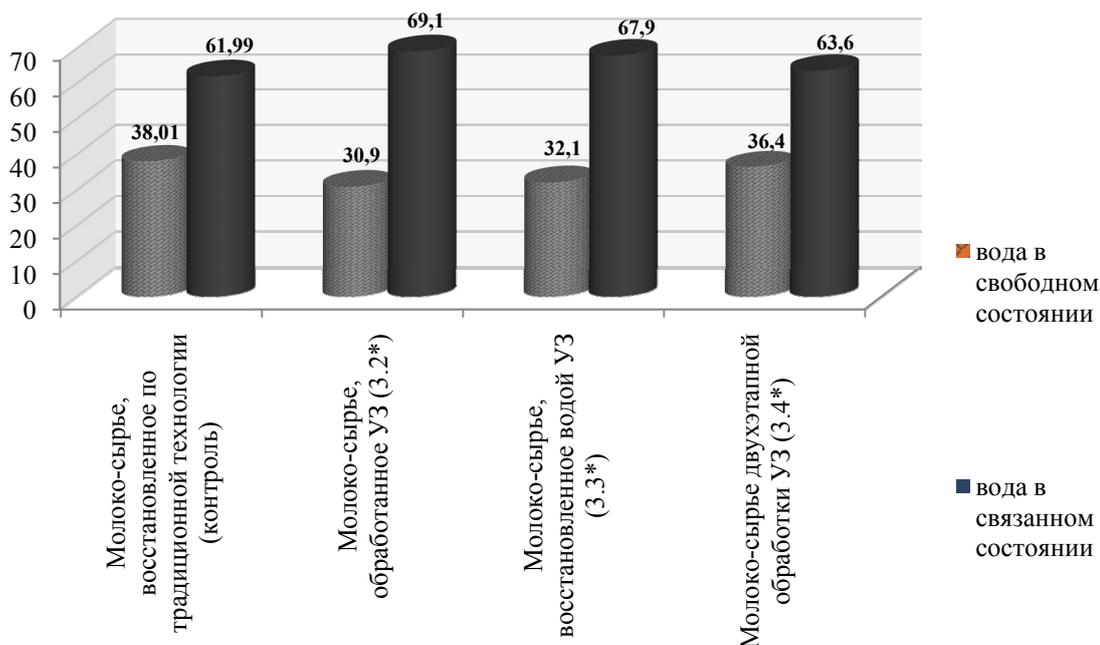


Рис. 2. Соотношение свободной и связанной воды в образцах восстановленного молока-сырья, %

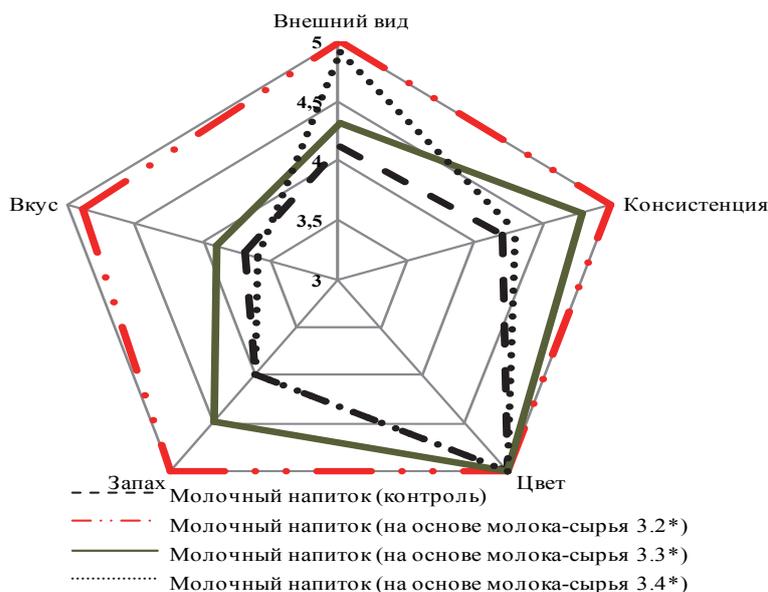


Рис. 3. Профилограмма органолептических показателей молочных напитков (по усредненным значениям показателей)

Наилучшие результаты были отмечены у образцов молочного напитка, полученных с использованием одноэтапной УЗ-обработки: как воды, так и механической смеси СОМ и воды. Суммарные оценки: $(22,5 \pm 0,2)$ балла и $(24,9 \pm 0,2)$ балла соответственного относят указанные образцы к высшей градации качества (25–22 балла). Фактически установлено, что ультразвуковое воздействие дает положительную кинетику экстракции вкусоароматических веществ и при правильном выборе режима обработки позволяет регулировать органолептические характеристики молочного продукта.

Кавитационно обработанная вода молочных напитков является гидратационно связанной с белками, которые в большей степени адсорбируют ароматические и вкусовые вещества. Оценка массовых долей белка и лактозы в образцах молочных напитков показала, что при УЗ обработке увеличиваются массовые доли белка и лактозы в молочных напитках – в пределах от 3,3 до 4,8 и от 0,9 до 6,5 % соответственно по отношению к контролю (2,695), что может быть связано с низкой степенью восстановления сухого молока в контрольном образце (рис. 4) [2, 4, 5].

Результаты оценки массовых долей белка и лактозы коррелируют с результатами оценки индекса растворимости в части того, что индекс растворимости снижается в пределах 62,5...75 % относительно контрольного образца.

Также установлено увеличение СОМО (на 11...14,8 %) и плотности (на 0,07...0,32 %), снижение температуры замерзания экспериментальных образцов молочного напитка в среднем на 7,5 %.

В целом это определяет повышение энергетической ценности молочных напитков, полученных на основе УЗ воздействия, которая увеличивается на 2,5...3 % (рис. 5).

Для установления возможности встраивания УЗ воздействия в технологический процесс производства в качестве замены процесса пастеризации была проведена оценка общей бактериальной обсемененности.

Согласно проведенной оценке была установлена возможность сокращения времени пастеризации, однако значения КМАФАнМ для образцов молочного напитка, полученного по традиционной технологии, и восстановленного обработанной водой в пределах $(5,1–8,7) \times 10^5$ КОЕ/г, и образца, обработанного ультразвуком на этапе механической смеси СОМ и воды – $(2,2–4,7) \times 10^5$ КОЕ/г, не позволили от нее полностью отказаться. Таким образом, ультразвуковое воздействие может выступать в качестве регулятора общей бактериальной обсемененности.

На следующем этапе исследований оценивали качество кисломолочных продуктов, произведенных на основе восстановленного по предложенным технологиям молока-сырья.

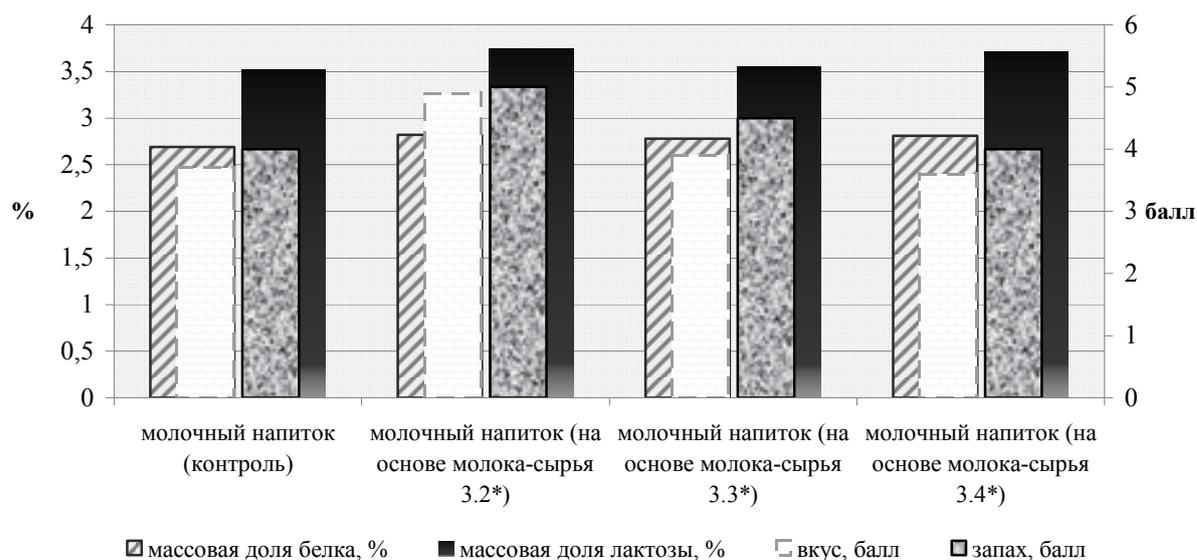


Рис. 4. Сопоставление результатов балловой оценки показателей вкуса и запаха с массовыми долями белка и лактозы

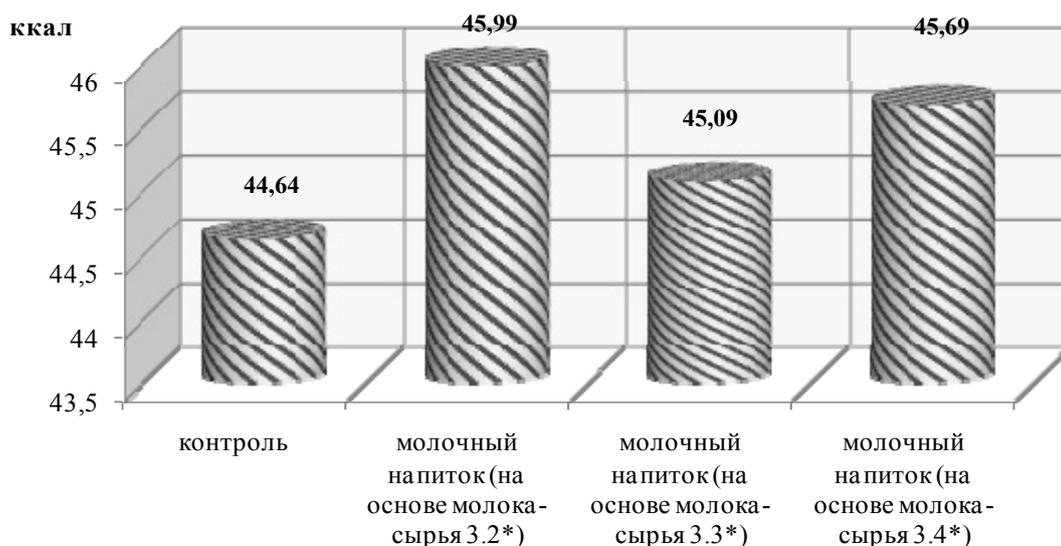


Рис. 5. Расчетная энергетическая ценность молочных напитков, ккал

Оценка качества кисломолочных напитков показала, что под влиянием ультразвукового воздействия активизируется заквасочная микрофлора и уже через 5 часов сквашивания наблюдается активное развитие мезофильных гомо- и гетероферментативных лактококков в объектах, полученных из сырья одноэтапной ультразвуковой обработки, а через 10 часов в образце, полученном при обработке ультразвуком на этапе смеси СОМ и воды были идентифицированы дрожжи и уксуснокислые бактерии, характерные для симбиотической закваски кефирного грибка.

Активизация сквашивания молочного сырья наглядно отражается в результатах оценки титруемой кислотности, которые свидетельствуют, что уже через 6 часов сквашивания некоторые экспериментальные образцы достигают требуемого минимума (75...85 °Т) (рис. 6).

Данные по изменению титруемой кислотности образцов согласовываются с изменениями их значений рН (рис. 7). Через 10 часов во всех образцах отмечается излишне низкий уровень рН, что в совокупности позволяет сократить технологический цикл выработки кисломолочного продукта до 6...8 часов.

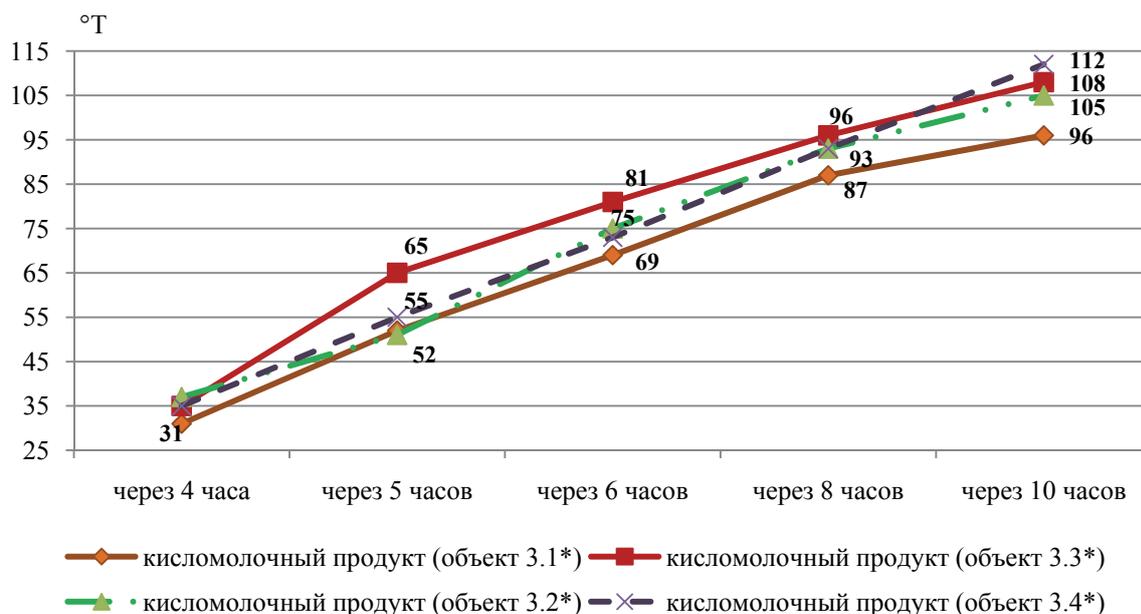


Рис. 6. Динамика изменения титруемой кислотности кисломолочного продукта при сквашивании закваской кефирного грибка, °Т

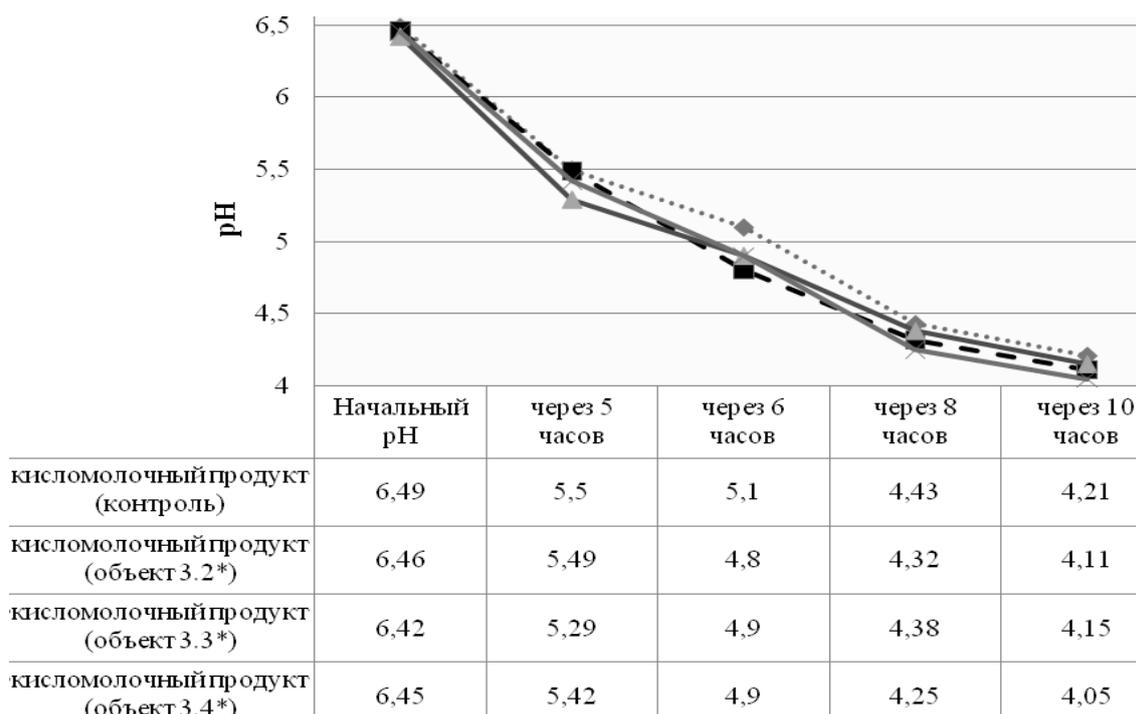


Рис. 7. Значения активной кислотности образцов кисломолочного продукта, рН

Различия по образцам установлены также в вязкости и степени синерезиса кисломолочных продуктов. Снижение значений по указанным показателям в экспериментальных образцах определяет формирование более жидкой консистенции с одновременным по-

вышением прочности формирующегося сгустка и водосвязывающей способности белковой фракции (рис. 8).

Наиболее выраженные тенденции по указанным показателям установлены в образцах, полученных при одноэтапной ультразвуковой обработке.

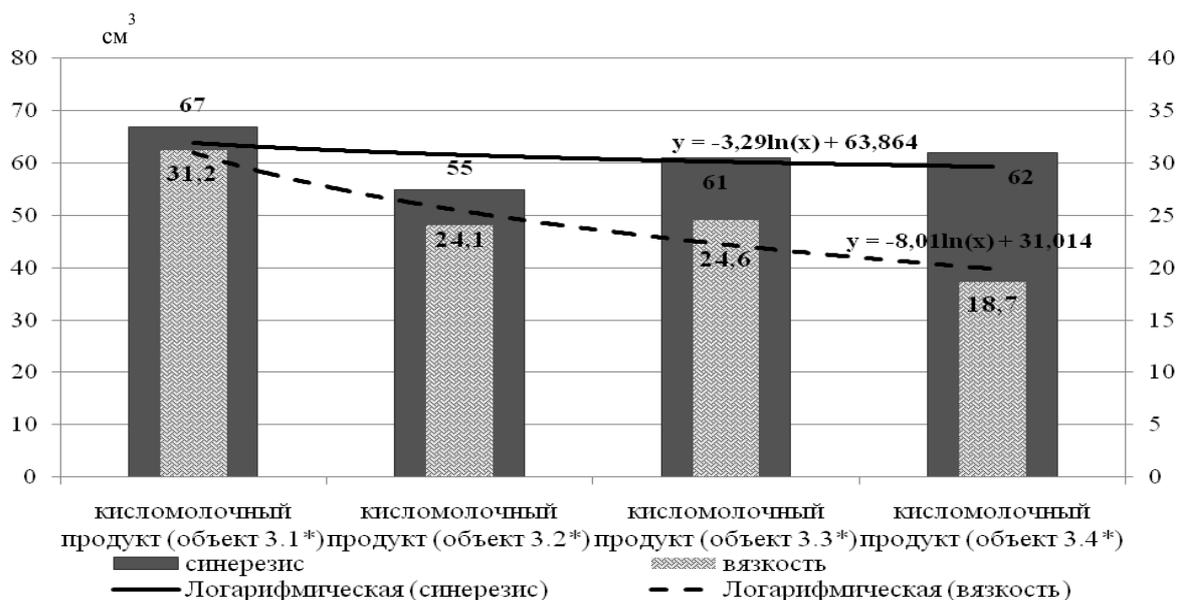


Рис. 8. Синерезис и вязкость сгустков образцов кисломолочного продукта, полученных на основе восстановленного при различных условиях молока-сырья

Завершающим этапом исследования явилась оценка хранимоспособности молочных продуктов, произведенных по модифицированным технологиям. Согласно МУК «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» для молочных продуктов установлены сроки хранения для оценки качества – 10 суток (сроки годности, указанные в нормативно-технической документации, на время, определяемое так называемым коэффициентом резерва 1,5) при двух режимах: $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ и $(9 \pm 1)^\circ\text{C}$ (согласно принципу аггравации температур хранения, позволяющего учесть возможные перерывы или нарушения в холодной цепи на пути доставки продукции к потребителю).

Оценка качества восстановленных продуктов переработки молока при хранении свидетельствовала о протекании во всех образцах типичных процессов сквашивания продукта, с появлением кислотных оттенков во вкусе и запахе, что отражается и на показателях консистенции и внешнего вида.

Между образцами отмечена разница в интенсивности протекания внутренних процессов (см. таблицу), что обуславливает степень изменения органолептических показателей на конец хранения, и подтверждается тенденциями изменения титруемой кислотности во время хранения (рис. 9, 10).

Наиболее выраженные изменения произошли в молочном напитке, полученном по традиционной технологии (контроль) и по технологии, в которую введена двухэтапная ультразвуковая обработка (3.4*), снижение уровня качества в них составило 1,3 балла. При втором режиме хранения скорость биохимических процессов была выше и способствовала снижению качества всех образцов в пределах 1,3...1,8 балла, его резкие изменения установлены в контрольном образце молочного напитка и образце 3.4*, и в кисломолочных продуктах 3.2* и 3.4* (рис. 11).

Проведенные исследования доказали возможность использования ультразвуковой кавитации в производстве восстановленной продукции переработки молока (рис. 12), причем этап обработки необходимо варьировать с учетом вида вырабатываемой продукции.

Предложена ультразвуковая обработка смеси сухого молока и воды при производстве молочного напитка, так как оно характеризуется более высокими вкусовыми характеристиками, оптимальной консистенцией, однородным дисперсным составом, энергетической ценностью готового продукта. Ультразвуковая обработка воды перед внесением в нее сухого молока способствует активизации процессов сквашивания, что может использоваться при выработке кисломолочной продукции. Двухэтапная обработка ультразвуком по многим показателям

Изображения микрофлоры исследуемых продуктов в начале, середине и конце хранения

Образец	Начало хранения	Через семь суток хранения	Через 10 суток хранения
Кисломолочный продукт (контрольный образец) (3.1*)			
Кисломолочный продукт (объект 3.2*)			
Кисломолочный продукт (объект 3.3*)			
Кисломолочный продукт (объект 3.4*)			

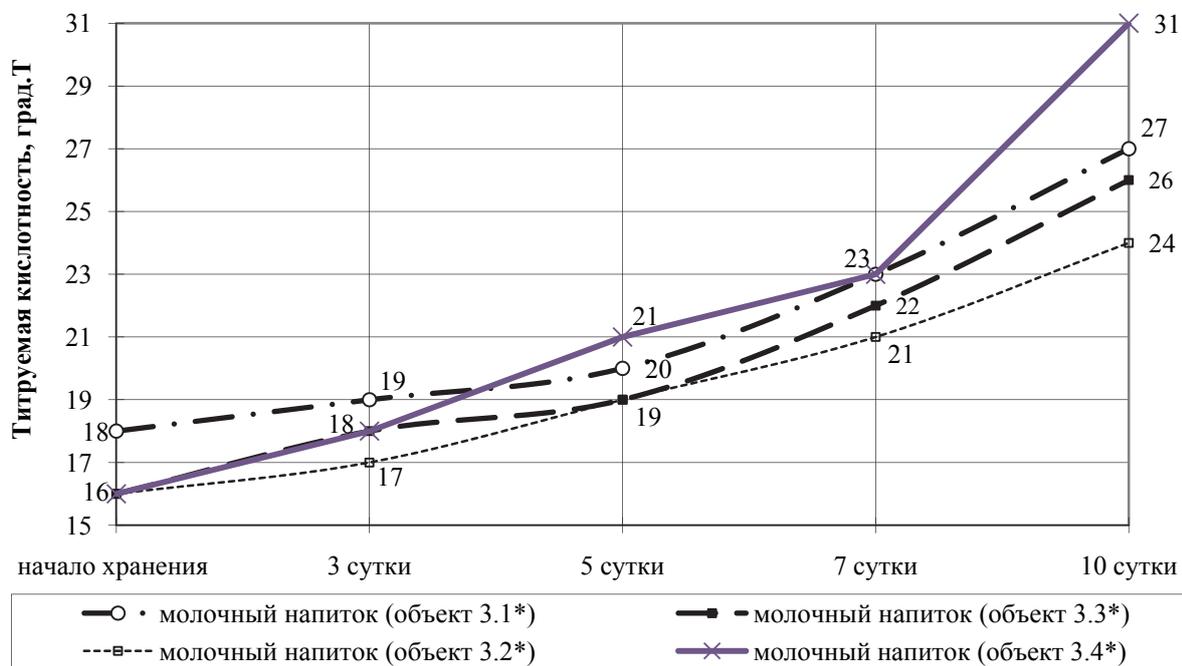


Рис. 9. Тенденции изменения титруемой кислотности исследуемых образцов молочного напитка в процессе хранения при I режиме – (4 ± 2) °С

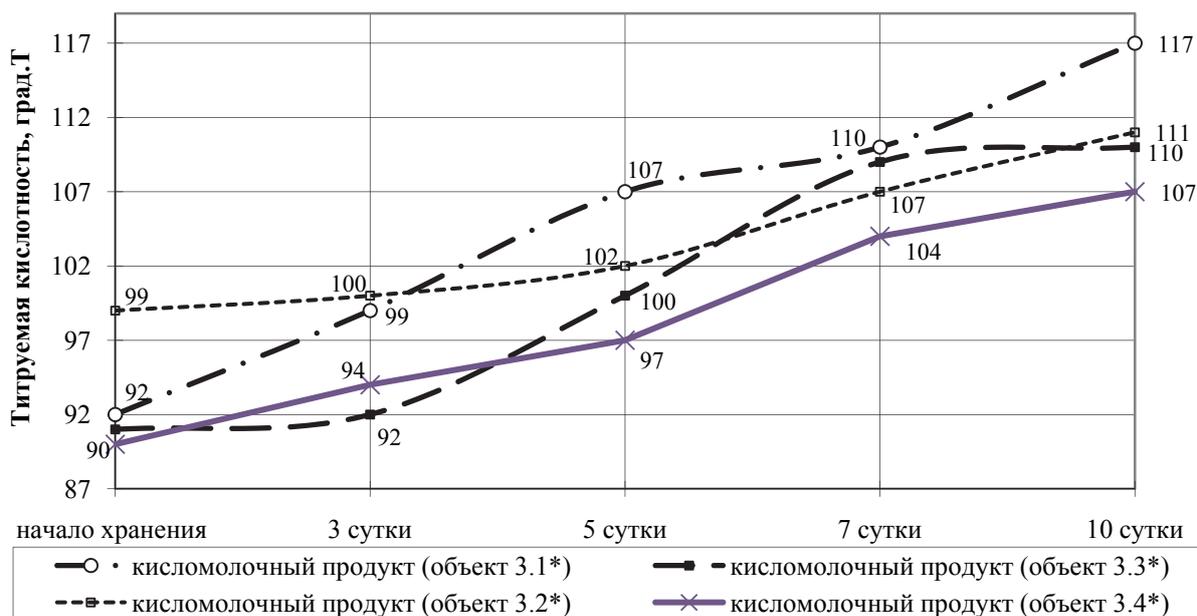


Рис. 10. Тенденции изменения титруемой кислотности исследуемых образцов кисломолочного продукта в процессе хранения при I режиме – (4 ± 2) °С

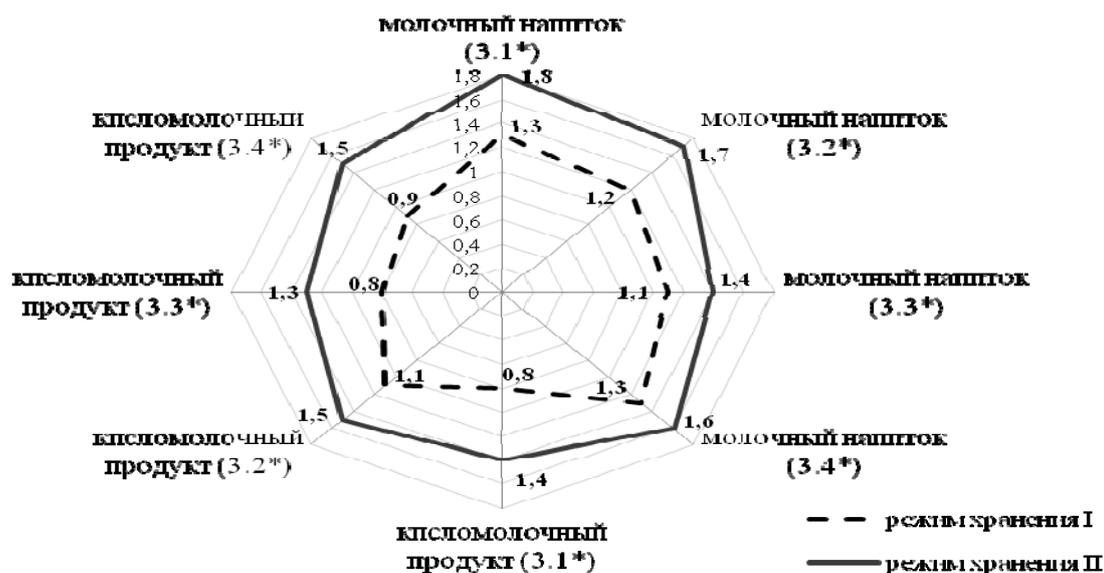


Рис. 11. Отклонения качества образцов восстановленной молочной продукции на конец хранения, балл

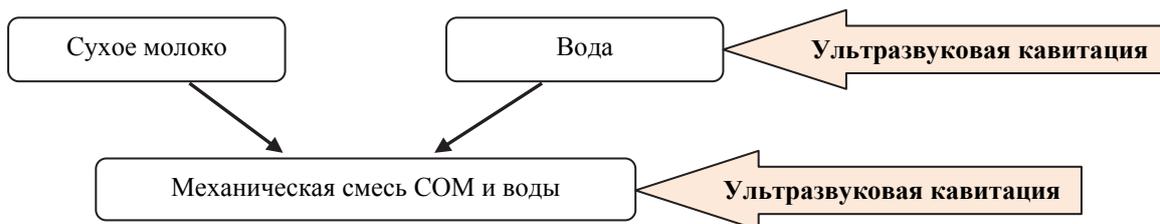


Рис. 12. Точки ультразвукового воздействия при восстановлении сухого молока

характеризуется как излишняя, вследствие излишней активизации внутренних процессов, с потерей равномерности их протекания.

Ультразвуковая обработка в предлагаемых схемах позволяет сократить время выдержки для растворения сухого молока в воде (до 1...1,5 часов), позволяет отказаться от этапа гомогенизации в технологии А и сократить длительность пастеризации восстановленного продукта переработки молока в два – три раза, что способствует снижению отрицательного воздействия на нетермостойкие компоненты молока при его переработке, повышая тем самым питательную ценность и полезность вырабатываемой молочной продукции.

Таким образом, доказана возможность использования ультразвуковой обработки в качестве фактора интенсификации процесса производства восстановленных продуктов переработки молока, обеспечивая при этом повышение их качества и стойкость в хранении.

Литература

1. Голубева, Л.В. *Справочник технолога*

молочного производства / Л.В. Голубева. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 272 с.: ил.

2. ГОСТ Р 52090–2003. *Молоко питьевое и напитки молочный. Технические условия.* – Введ. 2004-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 15 с.

3. Липатов, Н.Н. (ст.). *Восстановленное молоко (теория и практика производства восстановленных молочных продуктов)* / Н.Н. Липатов (ст.) – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

4. Твердохлеб, Г.В. *Химия и физика молока и молочных продуктов* / Г.В. Твердохлеб, Р.И. Раманаскас. – М. ДеЛи принт, 2006. – 360 с.

5. Тёпел, А. *Химия и физика молока* / А.Тёпел. – Пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. С.А. Фильчаковой. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.

6. Эльпинер, И.Е. *Биофизика ультразвука* / И.Е. Эльпинер. – М.: Наука, 1973. – 384 с.
Шидловская, В.П. *Органолептические свойства молока и молочных продуктов* / В.П. Шидловская. – М.: Колос, 2000. – 360 с.

Попова Наталия Викторовна. Старший преподаватель кафедры «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, tef_porova@mail.ru.

Потороко Ирина Юрьевна. Доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Товароведение и экспертиза потребительских товаров», зам. директора Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, irina_potoroko@mail.ru.

Поступила в редакцию 21 апреля 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Food and Biotechnology"
2014, vol. 2, no. 2, pp. 16–26**

INNOVATION TECHNOLOGY RECONSTITUTED PRODUCTS QUALITY FORMATION AFTER MILK PROCESSING

N.V. Popova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

I.Yu. Potoroko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The high social importance of the milk processing industry and its dependence on raw materials determines the need to develop innovation technologies for reconstitution of dried milk that ensure the production of a required range of milk products and their quality level according to consumer preferences and regulations. The proposed introduction of ultrasonic treatment contributes to the goal achievement, namely recourse-saving technology for processing milk raw materials and the reconstituted products quality formation after milk processing.

Keywords: dried milk, reconstitution, milk beverage, fermented milk product, ultrasonic treatment, reconstituted products after milk processing.

References

1. Golubeva L.V. *Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva* [Handbook for Technologists in Milk Industry]. St. Petersburg, GIORD Publ., 2005. 272 p.
2. GOST R 52090–2003. *Moloko pit'evoe i napitok molochnyy. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard R 52090–2003 Drinking Milk and Milk Beverage. Technical Conditions. Introduced on 2004-07-01]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 15 p.
3. Lipatov N.N. *Vosstanovlennoe moloko (teoriya i praktika proizvodstva vosstanovlennykh molochnykh produktov)* [Reconstituted Milk (Theory and Practice of Reconstituted Milk Products Production)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 256 p.
4. Tverdokhleб G.V., Ramanauskas R.I. *Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov* [Chemistry and Physics of Milk and Milk Products]. Moscow, DeLi print Publ., 2006. – 360 s.
5. Tepel A. *Khimiya i fizika moloka* [Chemistry and Physics of Milk]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2012. 832 p.
6. El'piner I.E. *Biofizika ul'trazvuka* [Biophysics of Ultrasound]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 384 p.
7. Shidlovskaya V.P. *Organolepticheskie svoystva moloka i molochnykh produktov* [Organoleptic Properties of Milk and Milk Products]. Moscow, Kolos Publ., 2000. 360 p.

Popova Natalia Viktorovna, senior lecturer, Department of Merchandising and Examination of Consumer Goods, South Ural State University, Chelyabinsk, tef_popova@mail.ru.

Potoroko Irina Yurievna, Doctor of Science (Engineering), associate professor, head of the Department of Merchandising and Examination of Consumer Goods, deputy director of the Institute of Economics, Trade and Technologies, South Ural State University, Chelyabinsk, irina_potoroko@mail.ru

Received 21 April 2014