

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МОЛОКА

Н.В. Яковченко¹, *nviakovchenko@itmo.ru*

Н.В. Попова², *nvrolova@susu.ru*

¹ *Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

² *Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

Аннотация. Законодательные нормативные документы и Программы развития биотехнологии Российской Федерации указывают на необходимость разработки и внедрения в производство продуктов нового поколения с заданными характеристиками качества, соответствующих принципам здорового питания. Для решения данной проблемы необходимо провести оценку использования растительного молока как альтернативы коровьего, которое в дальнейшем может послужить базой для создания линейки функциональных продуктов питания. Вышесказанное подтверждает целесообразность изучения свойств растительного сырья. Целью данного исследования являлось изучение влияния предварительной обработки сырья на функционально-технологические свойства растительного молока. В качестве объекта исследования были использованы виды растительного молока, полученные из тыквенных семечек, зеленой гречихи, чечевицы, сои, гороха, овса. Для проведения экспериментальной части работы использовались стандартные методы: физико-химические показатели экспериментальных образцов (рН, массовая доля жира, белка, углеводов, массовая доля сухих веществ), определение пенообразующей способности и стабильности пены. Исходя из полученных данных, сделаны выводы о значительном влиянии предварительной обработки растительного сырья на физико-химические показатели растительных дисперсий. Полученные результаты исследований объединяют данные о свойствах пенообразования и стойкости пены различных видов растительных дисперсий, позволяя учитывать этот фактор при работе с данным видом сырья. Сделаны выводы по влиянию методов предварительной обработки растительного сырья (предварительного обжаривания, заморозки, воздействия ультразвуком) на физико-химические показатели растительных дисперсий. Изучение процессов пенообразования позволяет спрогнозировать поведение дисперсий как самостоятельного продукта, так и компонента различных смесей, а также получить высококачественный продукт с необходимыми характеристиками.

Ключевые слова: растительное сырье, растительные дисперсии, пенообразование, стойкость пены

Благодарности. Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 22-26-00288.

Для цитирования: Яковченко Н.В., Попова Н.В. Влияние предварительной обработки сырья на функционально-технологические свойства растительного молока // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 1. С. 46–54. DOI: 10.14529/food230105

Original article

DOI: 10.14529/food230105

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT OF RAW MATERIALS ON THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PLANT MILK

N.V. Iakovchenko¹, *nviakovchenko@itmo.ru***N.V. Popova**², *nvpopova@susu.ru*¹ National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Technical regulations and development programs of biotechnology in Russian Federation indicate the need of obtaining new generation products with specified quality characteristics that comply to the principles of healthy nutrition. To solve this problem, it is necessary to evaluate the use of alternatives of plant origin to cow's milk - in the future, this can serve as a basis for creating a line of functional foods. These facts confirm the need of expediency of studying the properties of plant materials and plant-based milk. The purpose of this study was to evaluate the effect of pre-treatment of raw materials on the functional and technological properties of plant-based milk. Various types of plant-based milk obtained from pumpkin seeds, green buckwheat, lentils, soybeans, peas, and oats were used as an object of study. For the experimental part of the work, standard methods were used: physicochemical parameters of experimental samples (pH, mass fraction of fat, protein, carbohydrates, mass fraction of solids), determination of foamability and foam stability. Based on the data obtained, conclusions were drawn about the significant effect of pre-treatment of plant materials on the physicochemical parameters of plant dispersions. The obtained research results combine data on the foaming properties and foam stability of various types of plant dispersions, allowing this factor to be taken into consideration while working with this type of raw material. Conclusions are drawn on the influence of such methods of pre-treatment of plant materials as pre-roasting, freezing, exposure to ultrasound in two modes on the physicochemical parameters of plant dispersions. The study of foaming processes makes it possible to predict the behavior of dispersions of both as an authentic product and a component of various mixtures, as well as to obtain a high-quality product with the required characteristics.

Keywords: plant raw materials, plant-based milk alternatives, foamability, foam stability

Acknowledgments. This research was partially supported by the grant from Russian Science Foundation 22-26-00288.

For citation: Iakovchenko N.V., Popova N.V. Influence of pre-treatment of raw materials on the functional and technological properties of plant milk. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 46–54. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230105

Введение

Разработка продуктов функциональной и специальной направленности полностью на растительной основе является быстрорастущим сегментом пищевой отрасли во всем мире. В настоящее время аллергия на коровье молоко, непереносимость лактозы, озабоченность потребителей калорийностью и распространенность гиперхолестеринемии, большее предпочтение веганской диеты повлияли на потребителей в выборе альтернатив коровьему молоку.

Актуальность научной проблемы, решаемой в рамках наших исследований, заключается в необходимости вывода на рынок новых

сбалансированных по физико-химическому, органолептическому составу напитков из растительных видов молока, что, в свою очередь, обуславливает необходимость поиска и разработки новых технологических приемов и решений, которые позволят создать продукты с высокими потребительскими свойствами [5–7, 16].

Законодательные нормативные документы и составленные программы развития биотехнологии Российской Федерации указывают на необходимость разработки и внедрения продуктов нового поколения с заданными характеристиками качества, соответствующих принципам здорового питания. Для решения

данной проблемы необходимо провести оценку использования растительного молока как альтернативы коровьего, которое в дальнейшем может послужить базой для создания линейки функциональных продуктов питания [2, 4, 6, 14, 16].

Целью данного исследования являлось изучение влияния предварительной обработки сырья на функционально-технологические свойства растительного молока.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования были использованы виды растительного молока, полученные из тыквенных семечек, зеленой гречихи, чечевицы, сои.

Общая схема производства растительных дисперсий с использованием различных способов предварительной обработки представлена на рис. 1.

Для приготовления дисперсий растительное сырье замачивали на 12–13 часов, затем воду сливали. Замачивание позволяет удалить ингибиторы ферментов, улучшить усвое-

мость питательных веществ, а также размягчить клеточные стенки растительного сырья, чтобы облегчить дальнейшую обработку.

Далее добавляли воду для сохранения первоначального соотношения растительного сырья к воде и измельчали с помощью электрического блендера (Philco®, модель PH900). Перед замачиванием применяли предварительную обработку для части растительного сырья: замораживание при температуре $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ и обжаривание при температуре $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 3 мин. Предварительную ультразвуковую обработку части растительного сырья проводили на установке GRAD (частота 35 Гц, ООО «Град-Технолоджи») после добавления порции фильтрованной воды.

Полученную измельченную смесь фильтровали через лавсановую ткань (140 г/м^2). Для отжима использовали чистые резиновые перчатки. Тепловую обработку дисперсий проводили с использованием Термомикса® на скорости 2.

Для проведения экспериментальной части

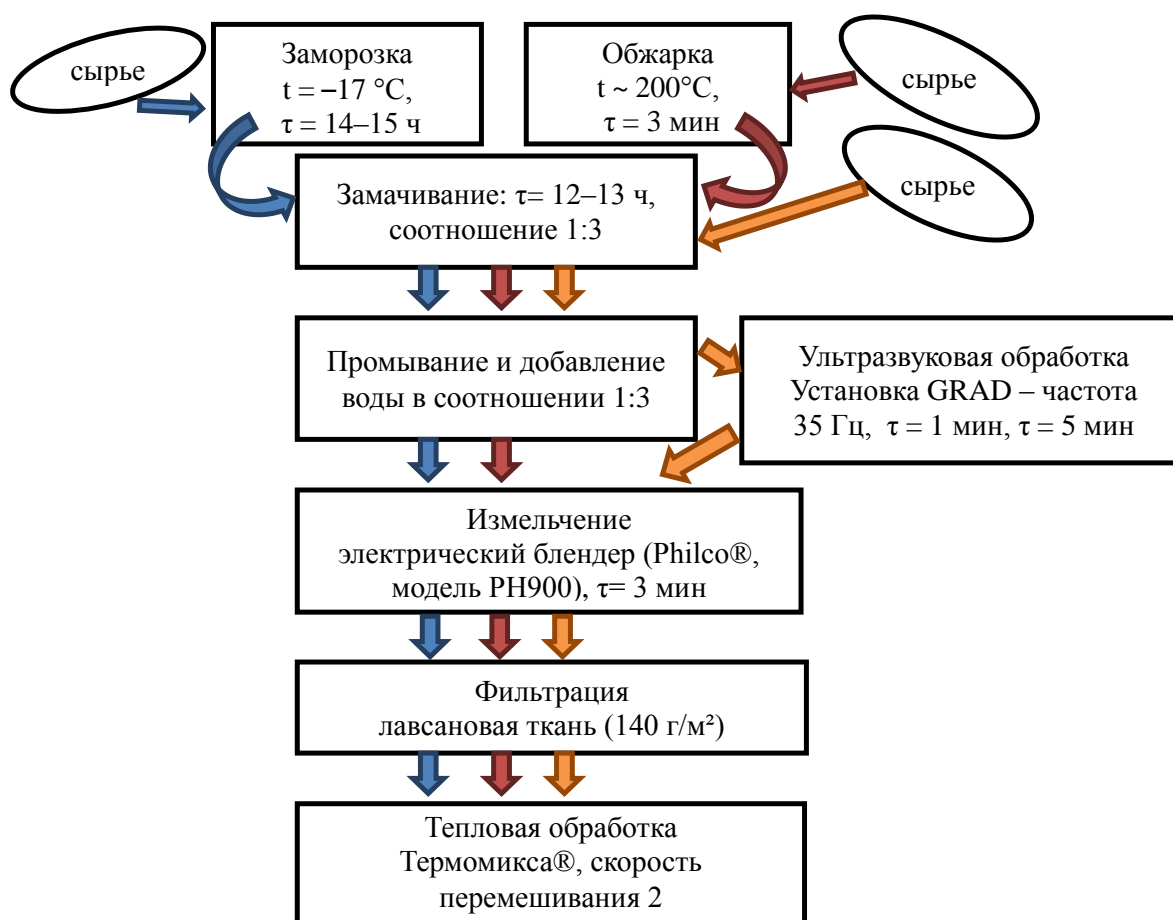


Рис. 1. Структурная схема получения растительных дисперсий

работы использовались стандартные методы:

- физико-химические показатели экспериментальных образцов (рН, массовая доля жира, белка, углеводов, массовая доля сухих веществ);

- определение пенообразующей способности и стабильности пены.

рН определяли электрометрически на рН-метре Sevev Compact (Mettler Toledo, США) по рекомендациям производителя. Белок – методом Кьельдаля по ГОСТ 23327-98, жиры – методом Сокслета по ГОСТ 15113.9-77, углеводы – расчетным путем, массовую долю сухих веществ – по ГОСТ 6687.2-90.

Пенообразующую способность и стабильность пены определяли по ГОСТ 23409.26-78.

Вспениваемость выражали как коэффициент пенообразования, который представляет собой отношение объема пены (мл) и объем пробы растительного молока, используемый для вспенивания (250 мл).

Стабильность пены при комнатной температуре (25 °С) измеряли по времени (мин), затраченному на осаждение. Выражали стабильность пены в процентах уменьшения объема пены через 15 (30) мин (%), которое рассчитывали по уравнению:

$$\% \text{осаждения } V_{(F)} \text{ после } 15 \text{ мин (30 мин)} = \frac{((V_{F0} - V_{F15(30)}))}{V_{F0}} * 100,$$

где V_{F0} и V_{F15} – объем пены при времени = 0 и времени = 15 или 30 мин.

Эксперименты проводились по полностью рандомизированному плану с тремя повторениями с тремя разными партиями растительного молока и двумя измерениями для каждого образца. Экспериментальные данные были подвергнуты дисперсионному анализу (ANOVA) при уровне погрешности $p = 0,05$ с использованием статистической программы Minitab 16.0. Статистический анализ проводили для каждого вида молока.

Результаты и их обсуждение

Контролируемыми показателями были определены физико-химические показатели качества экспериментальных образцов: массовая доля сухих веществ, массовая доля жира, белка, углеводов, рН.

Полученные результаты исследований представлены в таблице.

Исходя из полученных данных, можно сделать выводы о значительном влиянии предварительной обработки растительного

сырья на физико-химические показатели растительных дисперсий.

Предварительная обработка в виде обжарки сырья приводит к ряду биохимических реакций, изменяющих его свойства: увеличивается выход белка при снижении доли жиров, углеводов, сухих веществ. Снижение массовой доли углеводов можно объяснить разрушением сложных полисахаридов, которыми богато растительное сырье. Также, исходя из полученных данных, окислительные реакции, происходящие при обжарке, снижают уровень выхода липидов [1, 3, 15].

Ультразвуковая обработка сырья увеличила выход белка для гречихи, чечевицы, что, предположительно, связано с изменением конформации белковых молекул сырья. Изменение дисперсных свойств белка приводит к их снижению, из-за чего белковая фаза эффективнее переносится в раствор. Конформационные изменения вторичной и третичной структуры белка способствуют более активному протеканию данного процесса, что и обуславливает увеличенный выход белка [9–11].

Увеличенное время воздействия ультразвуком приводит к снижению выхода углеводов и сухих веществ. Данные результаты можно интерпретировать разрушением полисахаридов из-за сил кавитации ультразвука [13].

Предварительное замораживание сырья с последующей разморозкой предположительно способствует облегченному разрушению клеточных стенок растительного сырья и высвобождению содержимого клеток. По полученным экспериментальным данным можно судить о том, что предварительная заморозка не оказала ожидаемого эффекта на различные виды растительного сырья. Кристаллизация воды в клетках нарушена из-за высокого содержания полисахаридов в растительном сырье, что предотвращает разрушение клеточных стенок и освобождение их содержимого [1, 8].

Процесс пенообразования

Пена – двухфазная коллоидная система, в которой пузырьки газа диспергированы в непрерывной жидкой фазе. В молочной промышленности пенообразующие свойства молока важны для многих продуктов и влияют на его органолептические свойства.

Примером могут служить напитки типа капучино. Для данной категории продукции

Физико-химические параметры образцов растительного молока

Образец растительного молока	pH	Сухие вещества, %	Белок, %	Жир, %	Углеводы, г/100 г
Семечки тыквы контроль	7,00 ± 0,03	14,32 ± 0,01	3,45 ± 0,06	8,31 ± 0,95	2,11 ± 0,49
Семечки тыквы УЗ 1 мин	6,99 ± 0,02	13,75 ± 0,02	2,47 ± 0,06	8,32 ± 0,86	2,46 ± 0,36
Семечки тыквы УЗ5 мин	6,99 ± 0,03	12,68 ± 0,02	2,64 ± 0,08	8,71 ± 0,68	1,03 ± 0,21
Семечки тыквы обжарка	7,07 ± 0,01	13,56 ± 0,02	2,45 ± 0,08	8,14 ± 0,57	1,95 ± 0,27
Семечки тыквы заморозка -17 °С	6,97 ± 0,03	12,98 ± 0,03	2,71 ± 0,08	8,63 ± 0,92	1,21 ± 0,26
Гречиха контроль	6,74 ± 0,03	6,79 ± 0,54	1,71 ± 0,03	0,31 ± 0,03	4,49 ± 0,34
Гречиха УЗ 1 мин	6,70 ± 0,01	6,48 ± 0,23	1,99 ± 0,03	0,33 ± 0,02	3,69 ± 0,29
Гречиха УЗ 5 мин	6,81 ± 0,02	6,11 ± 0,32	2,59 ± 0,05	0,32 ± 0,01	2,86 ± 0,32
Гречиха обжарка	6,79 ± 0,02	4,60 ± 0,21	1,65 ± 0,02	0,30 ± 0,02	2,61 ± 0,27
Гречиха заморозка -17 °С	6,79 ± 0,03	6,23 ± 0,29	2,73 ± 0,02	0,28 ± 0,02	2,96 ± 0,21
Чечевица контроль	6,61 ± 0,02	10,78 ± 0,15	1,82 ± 0,03	0,21 ± 0,01	8,29 ± 1,23
Чечевица ультразвук 1 мин	6,62 ± 0,02	10,16 ± 0,13	1,91 ± 0,01	0,22 ± 0,02	7,87 ± 0,89
Чечевица ультразвук 5 мин	6,64 ± 0,01	9,63 ± 0,13	2,52 ± 0,02	0,3 ± 0,04	6,41 ± 0,87
Чечевица обжарка	6,61 ± 0,02	4,5 ± 0,10	1,72 ± 0,03	0,2 ± 0,02	2,31 ± 0,24
Чечевица заморозка -17 °С	6,6 ± 0,03	6,36 ± 0,11	2,14 ± 0,03	0,21 ± 0,03	3,49 ± 0,45
Соя контроль	6,90 ± 0,01	6,16 ± 0,12	2,83 ± 0,02	1,63 ± 0,12	1,41 ± 0,11
Соя ультразвук 1 мин	6,87 ± 0,02	6,12 ± 0,11	2,28 ± 0,01	1,74 ± 0,11	1,81 ± 0,10
Соя ультразвук 5 мин	6,93 ± 0,01	5,42 ± 0,11	1,77 ± 0,01	1,91 ± 0,24	1,47 ± 0,10
Соя обжарка	6,94 ± 0,02	4,67 ± 0,13	0,63 ± 0,02	0,64 ± 0,13	3,21 ± 0,24
Соя заморозка -17 °С	6,86 ± 0,01	5,96 ± 0,11	1,59 ± 0,03	1,88 ± 0,21	2,21 ± 0,18
Горох контроль	6,59 ± 0,03	5,73 ± 0,18	1,58 ± 0,08	0,12 ± 0,02	3,73 ± 0,37
Горох ультразвук 1 мин	6,63 ± 0,04	5,64 ± 0,28	1,59 ± 0,08	0,19 ± 0,02	3,58 ± 0,34
Горох ультразвук 5 мин	6,67 ± 0,04	5,42 ± 0,27	1,78 ± 0,09	0,15 ± 0,01	3,21 ± 0,29
Горох обжарка	6,73 ± 0,03	5,34 ± 0,17	0,89 ± 0,03	0,12 ± 0,01	4,16 ± 0,31
Горох заморозка -17 °С	6,68 ± 0,04	5,59 ± 0,28	1,04 ± 0,05	0,17 ± 0,03	4,06 ± 0,64
Овес контроль	5,98 ± 0,02	14,83 ± 0,73	1,89 ± 0,05	1,23 ± 0,13	11,32 ± 1,21
Овес УЗ 1 мин	5,97 ± 0,02	14,96 ± 0,73	1,46 ± 0,08	1,15 ± 0,11	12,09 ± 1,11
Овес УЗ 5 мин	5,91 ± 0,03	15,33 ± 0,73	1,01 ± 0,04	0,95 ± 0,21	13,14 ± 1,03
Овес обжарка	5,95 ± 0,04	14,67 ± 0,73	1,04 ± 0,06	0,92 ± 0,12	12,446 ± 1,06
Овес заморозка -17 °С	6,07 ± 0,04	14,21 ± 0,73	0,83 ± 0,04	0,52 ± 0,12	12,59 ± 1,36

характеристики верхнего слоя пены определяют качество всего продукта, отвечая за привлечение потребителей из-за существенного вклада во внешний вид (объем, текстура), органолептические характеристики, а также скорость выделения кофейного аромата.

Тем не менее, контроль над процессом вспенивания для создания пены с заданными характеристиками чрезвычайно сложен и до сих пор является проблемой для исследователей и молочной промышленности, хотя многие исследования по вспениванию молока ведутся с начала 20 века. Это обусловлено присущей пене нестабильности, которая и приводит к трудностям в определении её свойств, а также высокой зависимостью поведения пены от множества факторов, таких как качество и состав молока, условия его обработки и хранения. Существует обширное количество исследований влияния состава молока (например, содержание липидов, свободных жирных кислот, концентрации белка) и условий обработки (например, pH, гомогенизации, термообработки перед вспениванием, температуры вспенивания) на вспенивание, а также работ по воздействию различных добавок на пенообразующие свойства коровьего молока [12, 17].

Изменениям пенообразующих свойств растительного молока при этом посвящено лишь несколько исследовательских работ. Таким образом, пенообразование и стабильность пены являются важными характеристиками конечного продукта, которые, в зависимости от требуемых свойств, можно придать тому или иному виду напитка на растительной основе. Эти свойства также могут быть приняты как нежелательные – в зависимости от целей разработки, что, в свою очередь, поднимает проблематику дальнейшего изучения и проведения экспериментов по корректировке пенообразующих свойств, позволяющих получить на выходе высококачественные продукты. Понимание динамики данных процессов расширяет область знаний о растительных напитках и их свойствах, позволяет задуматься о корректировке технологий, применимых к данному виду сырья [17].

Пенообразование и стабильность пены

Полученные экспериментальные данные представили в виде сравнительных графиков. Типичный вид диаграммы с результатами по пенообразующей способности и стабильности пены через 15 и 30 минут по всем видам ис-

следуемого растительного молока приведен на рис. 2.

По экспериментальным данным можно сделать следующие выводы.

Предварительная обработка растительного сырья в виде обжарки значительно повлияла на снижение пенообразования и стойкости пены для растительных дисперсий из сои, гороха, овса, не повлияла на свойства дисперсий из тыквы, чечевицы, усилила данные свойства у дисперсии зелёной гречихи. Это можно объяснить различным содержанием липидов у разных видов сырья и влиянием окислительных реакций и образующихся при этом продуктов на пенообразование.

Воздействие ультразвуком на сырьё привело к увеличению пенообразующей способности у зелёной гречихи и овса (почти в 2 и 1,5 раза соответственно по сравнению с контролем). Это можно объяснить большей восприимчивостью клеточных стенок данных видов сырья к механическому воздействию кавитацией ультразвука, что подтверждают и результаты по увеличению в них массовой доли углеводов (данные таблицы).

Предварительная заморозка сырья оказывает влияние на пенообразование тыквенной и гороховой дисперсий, способствуя его увеличению. Это можно объяснить влиянием процессов заморозки-оттаивания на размягчение оболочек растительного сырья, что облегчает переход поверхностно-активных веществ в водную фазу дисперсий и увеличивает пенообразование.

Заключение

Таким образом, исследования показали значительное влияние процессов предварительной обработки сырья на массовые доли сухих веществ, белков, жиров, углеводов в различных видах растительного молока и пенообразующую способность и пеностойкость готового продукта. Причем изменения по исследуемым показателям зависят от вида предварительной обработки и специфичны для различных видов растительного сырья.

Предварительная обработка в виде обжарки сырья приводит к увеличению выхода белка при снижении доли жиров, углеводов, сухих веществ. Снижение массовой доли углеводов можно объяснить разрушением сложных полисахаридов, которыми богато растительное сырьё. Также, исходя из полученных данных, окислительные реакции, про-

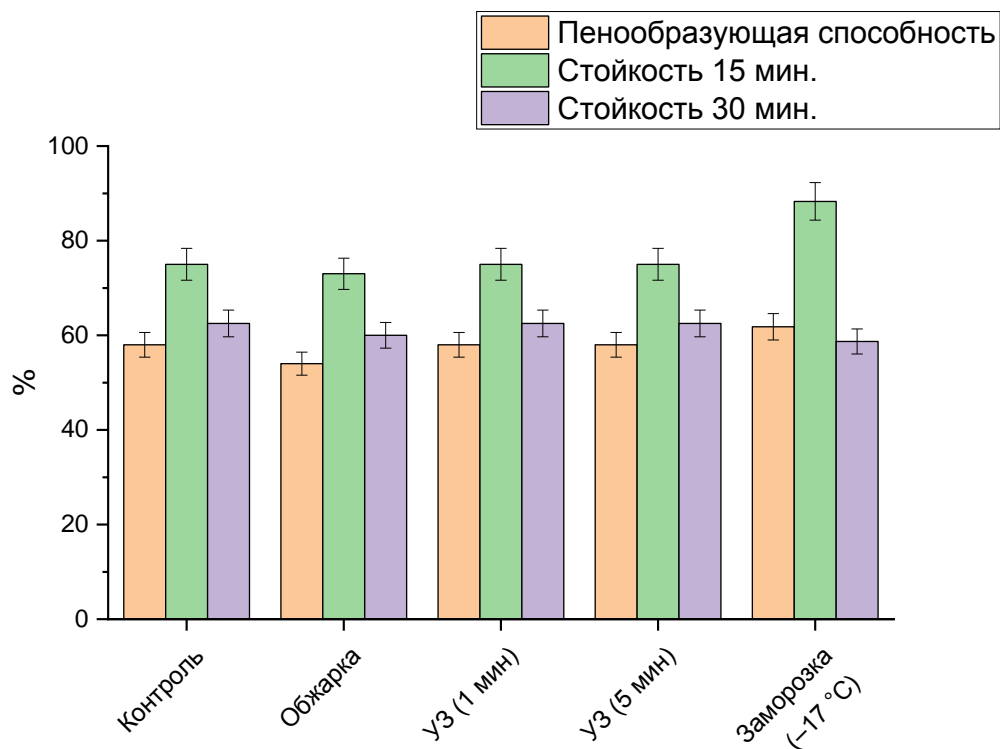


Рис. 2. Пенообразующая способность и стойкость пены дисперсии из тыквенных семечек

исходящие при обжарке, снижают уровень выхода липидов.

Ультразвуковая обработка сырья увеличила выход белка для гречихи, чечевицы. Увеличенное время воздействия ультразвуком приводит к снижению выхода углеводов и сухих веществ.

Также полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о положительном влиянии изученных видов предвари-

тельной обработки сырья на процессы пенообразования и пеностойкости.

Следовательно, подбор видов предварительной обработки сырья с учётом всех приведенных особенностей будет способствовать изменению технологических параметров растительного сырья и требуемому варьированию пищевой ценности готового продукта на растительной основе.

Список литературы

1. Быков А.В. и др. Перспективы использования каталитического гидролиза некрахмальных полисахаридов / А.В. Быков, Л.В. Межуева, С.А. Мирошников, Л.А. Быкова, В.М. Тыщенко // Вестник ОГУ. 2011. №4 (123). URL: <https://cyberleninka.ru>.
2. Егорова Е.Ю. «Немолочное молоко»: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. С. 25–34. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.005
3. Егорова Е.Ю. и др. Производство растительного «молока» из жмыхов с использованием ультразвуковой кавитации / Е.Ю. Егорова, В.Н. Хмелев, Ю.В. Мороженко, И.Ю. Резниченко // Продукты питания и сырье 2017. V. 5. № 2. Р. 24–35, DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-24-35.
4. Захарова Л.М., Мазаева И.А., Пушмина И.Н. Растительное сырье для производства молкосодержащих продуктов // Пищевая промышленность. 2008. № 9. С. 69–70.
5. Калюта Е.В., Маркин В.И., Мальцев М.И. Влияние условий хранения на свойства водных растворов карбоксиметилированного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2018. № 4. С. 309–317.

6. Крючкова К.В., Забодалова Л.А. Исследование возможности применения злаковой и молочно-злаковой дисперсий в производстве пресных и ферментированных напитков // Пищевая промышленность. 2018. № 9. С. 64–68.
7. Лаврова Л.Ю. Разработка технологии и рецептур биопродуктов на основе растительного молока // Food Industry. 2019. Т. 4, № 2. С. 43–50. DOI: 10.29141/2500-1922-2019-4-2-6
8. Сязин И.Е. Особенности криоконсервирования и криосепарации пищевого сырья // Научный журнал КубГАУ. 2011. № 66. С. 1–12.
9. Тупольских Т.И., Вифлянцева Т.А. Анализ влияния химических способов замачивания зерна кукурузы на растворимость белков // Молодой исследователь Дона. 2018. № 2 (11). С. 102–106.
10. Briviba K. Ultra high pressure homogenisation of almond milk: physico-chemical and physiological effects / K. Briviba, V. Gräf, E. Walz, B. Guamis, P. Butz // Food Chemistry. 2015. V. 192. P. 82–89. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.063
11. Deswal A., Deora N.S., Mishra H.N. Optimization of enzymatic production process of oat milk using response surface methodology // Food and Bioprocess Technology. 2014. V. 7 (2). P. 610–618. DOI: 10.1007/s11947-013-1144-2
12. Huppertz T. Foaming properties of milk: A review of the influence of composition and processing // International Journal of Dairy Technology. 63 (2010): 477–488.
13. Iswarin S.J., Permadi B. Coconut milk's fat breaking by means of ultrasound // International Journal of Basic & Applied Sciences. 2012. V. 12, № 1. P. 1–5.
14. Diarra K., Zhang G.N., Chen J. Peanut milk and peanut milk based products production: a review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2005. V. 45 (5). P. 405–423. DOI: 10.1080/10408390590967685
15. Plant-based milk alternatives // Food Standards Australia New Zealand. June 2016.
16. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review // J Food Sci Technol. 2016 Sep;53(9):3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3. Epub 2016 Sep 2. PMID: 27777447; PMCID: PMC5069255.
17. Thao M. Ho, Thi Huynh Anh Le. Foaming properties and foam structure of milk during storage // Food Research International. Volume 116. 2019. P. 379–386. ISSN 0963-9969. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.08.051

References

1. Bykov A.V., Mezhujeva L.V., Miroshnikov S.A., Bykova L. A., Tyshchenko V.M. Prospects for the use of cavitation hydrolysis of non-starch polysaccharides. *Bulletin of OSU*, 2011, no. 4 (123). (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru> .
2. Egorova E.Yu. “Non-dairy milk”: review of raw materials and technologies. *Polzunovsky Bulletin*, 2018, no. 3, pp. 25–34. (In Russ.) DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.005
3. Egorova E.Yu., Khmelev V.N., Morozhenko Yu.V., Reznichenko I.Yu. Production of vegetable “milk” from cakes using ultrasonic cavitation. *Food and raw materials*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 24–35. (In Russ.) DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-24-35
4. Zakharova L.M., Mazaeva I.A., Pushmina I.N. Vegetable raw materials for the production of dairy products // Food industry. 2008, no. 9, pp. 69–70. (In Russ.)
5. Kalyuta E.V., Markin V.I., Maltsev M.I. Influence of storage conditions on the properties of aqueous solutions of carboxymethylated vegetable raw materials. *Chemistry of vegetable raw materials*, 2018, no. 4, pp. 309–317. (In Russ.)
6. Kryuchkova K.V., Zabodalova L.A. Investigation of the possibility of using cereal and dairy-cereal dispersions in the production of fresh and fermented beverages. *Food industry*, 2018, no. 9, pp. 64–68. (In Russ.)
7. Lavrova L.Yu. Development of technology and formulations of bio-products based on vegetable milk. *Food Industry*, 2019, vol. 4, no. 2, pp. 43–50. (In Russ.) DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-2-6
8. Syazin I.E. Features of cryopreservation and cryoseparation of food raw materials. *Scientific Journal KubGAU*, 2011, no. 66, pp. 1–12. (In Russ.)

9. Tupolskikh T.I., Viflyantseva T.A. Analysis of the influence of chemical methods of soaking corn grain on protein solubility. *Young researcher of the Don*, 2018, no. 2 (11), pp. 102–106. (In Russ.)
10. Briviba K., Gräf V., Walz E., Guamis B., Butz P. Ultra high pressure homogenisation of almond milk: physico-chemical and physiological effects. *Food Chemistry*, 2015, vol. 192, pp. 82–89. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.063
11. Deswal A., Deora N.S., Mishra H.N. Optimization of enzymatic production process of oat milk using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 2014, vol. 7 (2), pp. 610–618. DOI: 10.1007/s11947-013-1144-2
12. Huppertz T. Foaming properties of milk: A review of the influence of composition and processing. *International Journal of Dairy Technology*, 63 (2010): 477–488.
13. Iswarin S.J., Permadi B. Coconut milk's fat breaking by means of ultrasound. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 1–5.
14. Diarra K., Zhang G.N., Chen J. Peanut milk and peanut milk based products production: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2005, vol. 45 (5), pp. 405–423. DOI: 10.1080/10408390590967685
15. Plant-based milk alternatives. *Food Standards Australia New Zealand*. June 2016.
16. Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J Food Sci Technol.*, 2016 Sep;53(9):3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3. Epub 2016 Sep 2. PMID: 27777447; PMCID: PMC5069255.
17. Thao M. Ho, Thi Huynh Anh Le. Foaming properties and foam structure of milk during storage. *Food Research International*, 2019, vol. 116, pp. 379–386. ISSN 0963-9969. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.08.051

Информация об авторах

Яковченко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент факультета биотехнологий, Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, nviakovchenko@itmo.ru

Попова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, nvpopova@susu.ru

Information about the authors

Natalia V. Iakovchenko, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Faculty of Biotechnology, National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia, nviakovchenko@itmo.ru

Natalia V. Popova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, nvpopova@susu.ru

Статья поступила в редакцию 17.12.2022

The article was submitted 17.12.2022