

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-2-306-312>



Поступила 06.05.2025

Поступила после рецензирования 24.06.2025

Принята в печать 27.06.2025

© Тарасов А. В., Заворохина Н. В., Чугунова О. В., Вяткин А. В., 2025

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

КОРРЕЛЯЦИЯ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ НАПИТКОВ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ С ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ

Тарасов А. В., Заворохина Н. В.*, Чугунова О. В., Вяткин А. В.

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АННОТАЦИЯ

растительные альтернативы молоку, ультра-пастеризованное молоко, пена, инъекция пара, механическое перемешивание, жиры, стабилизаторы

Спрос на уникальные вкусы капучино и латте способствовал исследованию пенообразующих свойств напитков на растительной основе, среди которых наибольший потенциал применения на предприятиях общественного питания имеют напитки, предназначенные для профессионального использования бариста. В этой работе исследовались пенообразующие и физико-химические свойства напитков на растительной основе и коровьего молока для капучино с маркировкой Barista. Образцы вспенивали при температурах, характерных для приготовления горячих и холодных кофейных напитков, и оценивали пенообразующую способность (FC) и стабильность пены (FS). При обработке паром (65 °C) и перемешивании при температуре 65 °C и 10 °C растительные напитки демонстрировали FC в интервалах 93–202%, 15–262% и 0–196% соответственно, тогда как у коровьего молока эти показатели составляли 197%, 258% и 200%. Проанализированный кокосовый напиток вспенивался при 65 °C, но не вспенивался при 10 °C предположительно вследствие густой консистенции и повышенной вязкости. С точки зрения количества и стабильности пен все растительные напитки были жизнеспособными альтернативами молоку для капучино в случае впрыскивания пара, но не в случае механического перемешивания. Пенообразующие свойства растительных напитков не коррелировали с содержанием большинства питательных веществ и изученными физико-химическими показателями (рН, плотностью, общими сухими веществами и общим содержанием полифенолов). Однако была обнаружена отрицательная корреляция между содержанием жиров и FC растительных напитков при смешивании ($p < 0,05$), аналогичная тенденция наблюдалась и для инъекции пара ($p = 0,08$). Отсутствие корреляции с содержанием белков подчеркивает сложность контроля характеристик пен в профессиональных растительных напитках и может быть обусловлено синергетическими эффектами между белками и стабилизаторами в пенообразовании. Будущие работы должны стимулировать изучение эффектов камедей, каррагинанов и других стабилизаторов в пенообразовании.

Received 06.05.2025

Accepted in revised 24.06.2025

Accepted for publication 27.06.2025

© Tarasov A. V., Zavorokhina N. V., Chugunova O. V., Vyatkin A. V., 2025

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

CORRELATION OF FOAMING PROPERTIES OF PLANT-BASED BEVERAGES WITH PHYSICOCHEMICAL COMPOSITION

Aleksey V. Tarasov, Natalia V. Zavorokhina*, Olga V. Chugunova, Anton V. Vyatkin

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

KEY WORDS: plant-based milk alternatives, ultra-high-temperature milk, foam, steam injection, mechanical agitation, fats, stabilizers

ABSTRACT

Demand for unique cappuccino and latte flavors has led to research into the foaming properties of plant-based beverages, among which the greatest potential for use in catering organizations are drinks intended for professional use by baristas. This work investigated the foaming and physicochemical properties of plant-based beverages and cow's milk for cappuccino labeled "Barista". Samples were foamed at temperatures simulating the consumption of hot and cold coffee beverages and evaluated for foaming capacity (FC) and foam stability (FS). After steam treatment at 65 °C, agitation at 65 °C and 10 °C, the plant-based drinks showed FC in the ranges of 93–202%, 15–262% and 0–196%, respectively, whereas under similar conditions, the FC of milk was 197, 258 and 200%. The analyzed coconut drink foamed at 65 °C but did not froth at 10 °C, presumably due to its thick consistency and increased viscosity. In terms of foam quantity and stability, all plant-based drinks were viable alternatives to milk for cappuccino in the case of steam injection, but not in the case of mechanical agitation. Foaming properties of plant-based drinks were not correlated with most nutrients and the studied physicochemical parameters (pH, density, total solids and total polyphenol content). However, a negative correlation of fats with FC of plant-based drinks was found when stirred ($p < 0.05$), a similar trend was observed for steam injection ($p = 0.08$). The lack of correlation with proteins highlights the difficulty of controlling foam characteristics in professional plant-based beverages and may be due to synergistic effects between proteins and stabilizers in foaming. Future works should encourage the study of the effects of gums, carrageenans and other stabilizers on foaming.

1. Введение

По оценкам различных аналитических компаний, мировое потребление напитков типа капучино и латте характеризуется стабильным ростом, что во многом обусловлено усиливающейся урбанизацией, распространением кофейной культуры, современным образом жизни и увеличением располагаемых доходов потребителей. Однако под влиянием потребительских предпочтений эти отрасли испытывают трансформацию. Основным изменением в поведении потребителей стал растущий спрос на уникальные вкусы и более полезные

варианты напитков с использованием растительных альтернатив молока [1,2]. Напитки на растительной основе часто обогащаются функциональными компонентами, рекомендуются для веганского питания, а также при некоторых медицинских показаниях, включая аллергию на молочные белки, непереносимость лактозы и гиперхолестеринемию [3,4].

Важным технологическим процессом в приготовлении капучино и латте является вспенивание молока или напитков на растительной основе. Долгое время внимание профессионального сообщества

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Тарасов, А. В., Заворохина Н. В., Чугунова, О. В., Вяткин, А. В. (2025). Корреляция пенообразующих свойств напитков на растительной основе с физико-химическим составом. *Пищевые системы*, 8(2), 306–312. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-2-306-312>

FOR CITATION: Tarasov, A. V., Zavorokhina, N. V., Chugunova, O. V., Vyatkin, A. V. (2025). Correlation of foaming properties of plant-based beverages with physicochemical composition. *Food Systems*, 8(2), 306–312. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-2-306-312>

было сосредоточено на изучении пенообразующих свойств молока и было показано, что качество молочной пены зависит от некоторых композиционных и технологических факторов [5]. Белки являются хорошими пенообразователями. Адсорбируясь на границе раздела воздух–жидкость, они действуют как высокомолекулярные поверхностно-активные вещества и стабилизируют пузырьки пены за счет образования плотной вязкоупругой пленки [6]. Пенообразующие свойства молока могут зависеть от массовой доли белка, размера частиц казеина, соотношения казеина и сывороточных белков и от некоторых других композиционных параметров [5]. Жиры и продукты их распада считаются менее хорошими пенообразователями. Адсорбируясь на границе раздела воздух–жидкость, они действуют как низкомолекулярные поверхностно-активные вещества и образуют тонкую межфазную пленку, стабилизация которой может достигаться за счет т. н. «эффекта Марангони». Механизм последнего заключается в том, что при достаточной концентрации липиды могут диффундировать к самой тонкой области пленки, восстанавливая ее локальную толщину без дестабилизации пузырьков пены [6]. Пенообразующие свойства молока могут зависеть от массовой доли, агрегатного состояния и размера глобул молочного жира [5]. В смешанных пищевых системах белки и липиды могут взаимодействовать между собой и конкурировать за адсорбцию на границе раздела фаз, минеральные соли могут влиять на конформационную стабильность белков, а процессы протеолиза и липолиза могут интенсифицироваться при хранении и обработке. Кумулятивные эффекты этих явлений способны приводить к непредсказуемым результатам в пенообразовании [5,6]. Химический состав молока подвержен сезонным колебаниям, поэтому образцы молока, собранные летом и весной, могут производить пены различного качества [7]. Пенообразующие свойства молока зависят также от способа вспенивания, что обусловлено различиями в температуре, силе сдвига и давлении. В целом, коровье молоко обеспечивает хорошую производительность пены для капучино и латте, однако напитки на растительной основе становятся все более популярными альтернативами.

Некоторые недавние работы изучают пенообразующие свойства коровьего молока и напитков на растительной основе при температурах, характерных для приготовления горячих и холодных кофейных напитков [8–11]. После механического перемешивания при 4 °С и впрыскивания пара при 65 °С пенообразующие свойства водных экстрактов семян кунжута были хуже, чем у коровьего молока, но сопоставимы с пенообразующими свойствами соевого напитка. Предварительное обжаривание семян кунжута и добавление ксантановой камеди привело к улучшению пенообразующих свойств экстрактов, тогда как предварительное бланширование семян кунжута, добавление гуаровой камеди и йота-каррагинана не оказывало существенного влияния на пенообразующие свойства экстрактов, либо ухудшало их [8]. При холодном смешивании образцы молока показали лучшие пенообразующие свойства в сравнении с соевым, кокосовым и овсяным напитками, тогда как при паровой обработке пенообразующие свойства всех образцов были приблизительно схожими. Среди исследованных растительных напитков лучшие пенообразующие свойства продемонстрировал соевый напиток, однако с точки зрения органолептической приемлемости в напитках типа капучино он уступал всем проанализированным образцам [9]. В результате барботирования воздухом при комнатной температуре и при 60 °С пенообразующие свойства растительных напитков варьировались в широких пределах и могли превосходить таковые для коровьего молока. Содержание белков и фитиновой кислоты в растительных напитках было положительно связано с объемом пены при 60 °С, предположительно, вследствие способности фитиновой кислоты связываться с белками и влиять на их растворимость [10]. После механического перемешивания и барботирования воздухом с холодными настройками овсяный, соевый и миндальный напитки превосходили молоко по количеству и стабильности пены, тогда как при горячем смешивании молоко производило больший объем пены в сравнении с овсяным, гороховым и соевым напитками. Среди исследованных образцов овсяный напиток имел самую стабильную пену, а рисовый напиток показал наименьшее количество и устойчивость пены [11]. Различия в пенообразующих свойствах коровьего молока и напитков на растительной основе могут быть обусловлены разницей в размере частиц, профиле нутриентов и вязкости. Известно, что размер молочных белков [12], растительных белков [13] и небелковых умеренно-гидрофобных частиц [14] оказывает влияние на пенообразующие свойства дисперсий, однако в сравнении с коровьим молоком напитки на растительной основе демонстрируют более крупное распределение частиц по размеру [8–10]. Несмотря на присущую вариабельность, напитки на растительной основе являются

неэквивалентными коровьему молоку по питательным свойствам. Только соевый напиток считается лучшей альтернативой, поскольку его пищевой профиль ближе к коровьему молоку, однако содержание нутриентов в нем может варьироваться в широких пределах [4]. Помимо количественных различий в содержании питательных веществ, наблюдаются качественные особенности состава. В сравнении с животными белками растительные белки более гидрофобные и агрегированные [15], тогда как в сравнении с животными жирами растительные масла содержат большее количество ненасыщенных жирных кислот [16]. Представленные на рынке растительные напитки изготавливаются с большим количеством дополнительных ингредиентов, из которых камеди, каррагинаны, лецитины и сапонины могут участвовать в пенообразовании [17]. Кроме того, эти стабилизирующие и эмульгирующие добавки могут быть ответственны за более высокую вязкость растительных напитков в сравнении с коровьим молоком [3]. Сообщалось также, что вязкость напитков может зависеть от профиля и количества пищевых волокон [18], тогда как ионы кальция могут связываться с растительными белками и влиять на их свойства [19].

Среди напитков на растительной основе наиболее частое применение на предприятиях общественного питания имеют напитки, предназначенные для профессионального использования бариста [20]. В последние годы были приложены большие усилия по улучшению стабильности [21], функциональности [4], органолептической приемлемости [22] и срока годности [23] растительных альтернатив молока. Предполагается, что новые технические решения внедрялись в производство растительных напитков типа Barista или будут внедряться в производство следующих поколений напитков, достойных профессионального применения. Целью этой работы было определение пенообразующих свойств напитков на растительной основе типа Barista и изучение корреляционных взаимосвязей пенообразующих свойств с содержанием питательных веществ и с физико-химическими показателями.

2. Объекты и методы

В данной работе исследовались напитки на растительной основе и коровье молоко для капучино российского производства, именуемые маркировку Barista или Professional на упаковке. Всего в исследование было включено 10 растительных напитков, из которых пять были изготовлены с использованием одной растительной основы, а другие пять — с использованием смешанных растительных основ. С целью более удобного представления результатов образцы растительных напитков были промаркированы в соответствии с ингредиентами растительных основ. Пищевая и энергетическая ценность растительных напитков определялась по данным, указанным на упаковке (Таблица 1). Содержание пищевых волокон было рассчитано из предположения об их двухкалорийном вкладе в общую энергетическую ценность напитков. Коровье молоко, проанализированное в сравнительных целях, содержало 3,3 г белка, 3,2 г жиров и 4,7 г углеводов на 100 мл. Все напитки были ультрапастеризованными, упакованными в герметичную картонную тару и имели длительный срок хранения (9–12 месяцев для растительных напитков и 4 месяца для образца молока). Все образцы хранили в холодильной камере при температуре 4 °С и перед каждым отбором проб тщательно взбалтывали.

Показатель pH напитков измеряли при комнатной температуре (23±3 °С) при помощи pH-метра «ТА-Ион» (ООО «НПП «Томьяналит», Россия) и комбинированного pH-электрода ЭСК-10603 (ООО «Измерительная техника», Россия), которые предварительно калибровали по трем точкам с использованием эталонных буферных растворов. Плотность растительных напитков и молока измеряли при температуре 20 °С по ГОСТ Р 54758-2011¹ с использованием ареометров типа АОН-1 и АМТ соответственно. Общее содержание сухих веществ в растительных напитках и молоке измеряли термогравиметрическим методом по ГОСТ 33977-2016² и ГОСТ Р 54668-2011³ соответственно. Общее содержание полифенолов (ОСП) измеряли спектрофотометрическим методом Фолина-Чокальтеу с использованием галловой кислоты (ГК) в качестве стандарта [24]: 2,5 мл реагента Фолина-Чокальтеу (0,2 н) смешивали с 0,5 мл разбавленного образца (1:50) и выдерживали в течение 5 минут. Затем добавляли

¹ ГОСТ Р 54758-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности». М.: Стандартинформ, 2012. — 19 с.

² ГОСТ 33977-2016 «Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ». М.: Стандартинформ, 2019. — 18 с.

³ ГОСТ Р 54668-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества». М.: Стандартинформ, 2019. — 12 с.

Таблица 1. Характеристика исследованных напитков на растительной основе в соответствии с информацией на упаковке

Table 1. Characteristics of the studied plant-based beverages according to the information on the packaging

Образец	Содержание в г/100 г					Энергия, ккал/100 г	Стабилизаторы	Эмульгаторы
	Белки	Жиры	Углеводы	Волокна	Са			
Соя	2,0	1,0	4,0	1,0	0,12	35	E418	—
Овес	1,0	1,0	9,0	0,5	0,12	50	E418	—
Миндаль	0,4	1,2	3,0	0,3	0,12	25	E418, E412	E322
Фундук	0,5	1,9	4,6	0,25	0	38	E418, E412	—
Кокос	0,6	2,5	3,5	0,05	0	39	—	E322
Соя-миндаль	1,0	2,0	4,5	0	0	40	E412, E418	E471
Рис-фундук	0,7	2,0	5,0	0,1	0	41	E418, E407	E322
Кокос-соя	0,9	1,3	3,9	0,05	0,12	31	E418	—
Соя-банан	2,0	1,0	4,5	0	0	35	E418, E412	—
Рис-конопля	1,0	3,5	6,2	0	0,15	55,3	E412, E418	E322

Примечание: E322 — лецитины; E407 — каррагинаны; E412 — гуаровая камедь; E418 — желлановая камедь; E 471 — моно- и диглицериды жирных кислот; знак «—» означает отсутствие данных на упаковке.

Note: E322 — lecithins; E407 — carrageenans; E412 — guar gum; E418 — gellan gum; E471 — mono- and diglycerides of fatty acids; the «—» sign means no data on the packaging.

2,5 мл раствора карбоната натрия (7,5%), после чего полученную смесь повторно перемешивали и инкубировали в темноте в течение 2 часов. Поглощение образцов измеряли на спектрофотометре UV-1200 (Shanghai Mapada Instruments Co., Ltd., Китай) при 725 нм с использованием кювет с длиной оптического пути 10 мм. Полученные результаты выражали в миллиграмм-эквивалентов галловой кислоты на 100 миллилитров напитка (мг-экв ГК/100 мл).

Вспенивание напитков проводили с помощью двух распространенных способов вспенивания: впрыскивания пара (65 °С) и механического перемешивания (65 и 10 °С). Паровое вспенивание образцов было выполнено профессиональным бариста при помощи кофемашины 85 Practical E (La San Marco S.p.A., Италия) с откалиброванным давлением в бойлере на уровне 1 бар. Методика парового вспенивания была представлена в работе [25]. Отмеряли 150 мл образца, переносили в питчер из нержавеющей стали, опускали паропроводную трубку кофемашины и запускали процесс подачи пара до тех пор, пока температура образца не достигнет 65 °С (12–15 с). Для механического перемешивания образцов использовали электрический пеновзбиватель CASO Crema & Choco Inox (Braukmann GmbH, Германия) мощностью 500 Вт. Отбирали 150 мл образца и переносили в съемную чашу из нержавеющей стали. Чашу с образцом устанавливали на основание пеновзбивателя, оснащенное нагревательным элементом. В первом случае запускали программу горячего смешивания «Капучино» и перемешивали образец до тех пор, пока его температура не достигнет 65 °С (170–175 с). Во втором случае запускали программу холодного смешивания «Фраппе» и перемешивали образец до завершения программы (120 с). После завершения холодного смешивания конечная температура образцов не превышала 10 °С. Во всех случаях контроль температуры осуществляли с помощью термометра мультиметра Owon B41T (Fujian Lilliput Optoelectronics Technology Co., Ltd., Китай), помещенной непосредственно в емкость со вспениваемым образцом. Вспененные образцы незамедлительно переносили в мерный цилиндр объемом 500 мл и фиксировали начальный и конечный объем пены с учетом синерезиса (за вычетом мигрировавшей жидкой фазы). Пенообразующую способность (FC)

образцов характеризовали по нормализованному объему пены, тогда как стабильность пен (FS) оценивали по способности сохранять пенную структуру в течение 15 минут [13,26]:

$$FC(\%) = \frac{V_{F0}}{V_S} \cdot 100, \quad (1)$$

$$FS(\%) = \frac{V_{F15}}{V_{F0}} \cdot 100, \quad (2)$$

где V_S — объем образца для вспенивания, равный 150 мл; V_{F0} — начальный объем пены в мл, определяемый через 30 с после вспенивания образца; V_{F15} — конечный объем пены в мл, определяемый через 15 минут после вспенивания образца.

Временной интервал для оценивания стабильности пен соответствовал ранее опубликованным исследованиям и был выбран исходя из предположения, что напитки типа капучино и латте употребляются в течение не более 15 минут после приготовления [8,9].

Определение физико-химических показателей и приготовление пен были выполнены в трехкратной повторности ($n = 3$). Результаты представлены как среднее арифметическое значение с соответствующим стандартным отклонением. Статистическую обработку результатов выполняли в программе Statistica (StatSoft Inc., США). Различия между средними значениями переменных оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа с дополнительным тестом Тьюки. Взаимосвязь между изученными переменными анализировали с помощью парной линейной корреляции Пирсона с дополнительным тестом Стьюдента. Уровень значимости $\alpha = 0,05$ использовался для всех статистических расчетов.

3. Результаты и обсуждение

Физико-химические показатели напитков на растительной основе были определены с целью изучения их возможной взаимосвязи с пенообразующими свойствами, тогда как коровье молоко было проанализировано в сравнительных целях (Таблица 2). Известно, что pH влияет на заряд белков и на их конформационную стабильность,

Таблица 2. Физико-химические показатели напитков на растительной основе и коровьего молока

Table 2. Physicochemical parameters of plant-based beverages and cow's milk

Образец	pH	Плотность, г/л	Массовая доля сухих веществ, %	ОСП, мг-экв ГК/100 мл
Соя	6,91 ± 0,01 ^{e, f}	1022 ± 0 ^d	5,88 ± 0,07 ^b	61,4 ± 1,2 ^c
Овес	6,94 ± 0,02 ^f	1030 ± 0 ^j	10,57 ± 0,04 ^g	32,0 ± 1,5 ^{a, b}
Миндаль	7,46 ± 0,01 ^j	1015 ± 0 ^a	5,31 ± 0,03 ^a	27,9 ± 1,1 ^a
Фундук	6,76 ± 0,01 ^c	1024 ± 0 ^e	9,37 ± 0,04 ^f	56,8 ± 2,2 ^c
Кокос	6,69 ± 0,02 ^b	1018 ± 1 ^b	11,72 ± 0,03 ^j	63,9 ± 2,7 ^c
Соя-миндаль	7,07 ± 0,01 ^g	1019 ± 0 ^b	6,83 ± 0,09 ^d	58,6 ± 3,0 ^c
Рис-фундук	7,23 ± 0,01 ^h	1026 ± 0 ^f	9,20 ± 0,05 ^f	73,2 ± 0,8 ^d
Кокос-соя	7,38 ± 0,00 ⁱ	1021 ± 0 ^c	6,64 ± 0,12 ^c	37,8 ± 2,9 ^b
Соя-банан	6,87 ± 0,01 ^d	1028 ± 0 ^h	7,85 ± 0,02 ^e	36,9 ± 2,5 ^b
Рис-конопля	6,88 ± 0,01 ^{d, e}	1027 ± 0 ^g	10,77 ± 0,06 ^h	90,7 ± 5,5 ^e
Молоко	6,65 ± 0,01 ^a	1029 ± 0 ⁱ	12,01 ± 0,02 ^j	101,8 ± 3,4 ^f

Примечание: ОСП — общее содержание полифенолов. Разные и одинаковые буквы указывают на значительные ($p < 0,05$) и незначительные ($p \geq 0,05$) различия в пределах одного столбца соответственно.

Note: OSCP — total polyphenol content. Different and same letters indicate significant ($p < 0,05$) and non-significant ($p \geq 0,05$) differences within the same column, respectively.

тем самым воздействуя на пенообразующие свойства растительных [13] и молочных [27] дисперсий. Плотность может коррелировать с общей концентрацией белков и сухих веществ [27], тогда как общее содержание сухих веществ может быть связано с вязкостью и поверхностным натяжением [28]. Полифенольные соединения могут быть синергистами белковых молекул в пенообразовании [29,30]. Растительные напитки продемонстрировали рН в интервале от 6,69 (кокос) до 7,46 (миндаль), что было несколько выше рН молока, равного 6,65. Плотность растительных напитков колебалась в интервале от 1015 г/л (миндаль) до 1030 г/л (овес) против 1029 г/л для образца молока. Массовая доля сухих веществ в растительных напитках варьировалась от 5,31% (миндаль) до 11,72% (кокос), что было ниже массовой доли сухих веществ в молоке, равной 12,01%. Общее содержание полифенолов (ОСП) в растительных напитках находилось в диапазоне от 27,9 мг-экв ГК/100 мл (миндаль) до 90,7 мг-экв ГК/100 мл (рисконопля), тогда как ОСП в молоке составило 101,8 мг-экв ГК/100 мл. Сообщаемые в этой работе значения рН и ОСП для растительных напитков и молока согласуются с литературными данными [31–33]. Близкий к нейтральному уровень рН растительных напитков может быть обусловлен присутствием в составе регуляторов кислотности, а достаточно высокое значение ОСП в молоке может быть связано со способностью реагента Фолина-Чокальтеу окислять некоторые белки. Однако плотности соевого, овсяного и миндального напитков были выше соответствующих литературных значений, тогда как плотность кокосового напитка была ниже сообщаемого в литературе значения [31]. Эти расхождения результатов могут быть обусловлены как различным нутриентным составом растительных напитков, так и разными методами определения плотности. В этом исследовании измерение плотности напитков проводилось с помощью ареометрического метода, тогда как в работе [31] применялась вибрационная плотнометрия.

Результаты оценки пенообразующей способности (FC) исследованных напитков представлены на Рисунке 1. После парового вспенивания при температуре 65 °С напитки на растительной основе продемонстрировали FC в интервале от 93 ± 7% (соя-миндаль) до 202 ± 8% (миндаль), тогда как FC коровьего молока составила 197 ± 9%. В результате смешивания при 65 °С напитки на растительной основе проявили FC в диапазоне от 15 ± 2% (соя-миндаль) до 262 ± 5% (кокос-соя) против FC молока, равной 258 ± 4%. После смешивания при температуре 10 °С напитки на растительной основе показали FC в интервале от 0 ± 0% (кокос) до 196 ± 2% (овес) против FC молока, равной 200 ± 2%. Проанализированный кокосовый напиток не вспенивался путем смешивания при 10 °С, поскольку он имел особую густую консистенцию и, как следствие, повышенную вязкость, которые могут быть ответственны за пенообразование [3]. С повышением температуры до 65 °С вязкость кокосового напитка понижалась, и он становился способным к пенообразованию.

Результаты оценки стабильности пен (FS) исследованных напитков через 15 минут после вспенивания представлены на Рисунке 2.

После обработки паром при температуре 65 °С пены растительных напитков сохранили от 37 ± 2% (овес) до 73 ± 3% (соя-миндаль) своего первоначального объема, тогда как FS коровьего молока составила 45 ± 4%. В результате смешивания при 65 °С пены растительных напитков сохранили от 59 ± 1% (овес) до 87 ± 1% (соя-миндаль) своего первоначального объема против FS молока, равной 65 ± 3%. После смешивания при температуре 10 °С пены растительных напитков сохранили от 16 ± 2% (кокос-соя) до 79 ± 1% (миндаль) своего первоначального объема против FS молока, равной 0 ± 0%. Пены растительных напитков могли быть более стабильными после смешивания, при этом низкие пены демонстрировали повышенную устойчивость. О нестабильности молочных пен при низких температурах обработки сообщалось ранее [34]. С точки зрения количества и стабильности пены все растительные напитки были жизнеспособными альтернативами молоку для приготовления капучино в случае впрыскивания пара, но не в случае механического перемешивания.

Соотношение белков и жиров может играть важную роль в пенообразовании [28]. В данной работе наиболее чувствительным к этому параметру оказалось механическое перемешивание при температуре 65 °С (Рисунок 1). Соевый, кокосово-соевый, соево-банановый напитки и молоко, имеющие более высокие соотношения белков к жирам (0,7–2,0), производили достоверно большее количество пены путем смешивания при температуре 65 °С. По-видимому, при достаточно низкой концентрации жиров пены стабилизируются преимущественно белками, при этом гидрофобные белки наиболее активны в стабилизации пен в сравнении с гидрофильными белками [35,36]. Однако гидрофобным белкам требуется некоторое время, чтобы они смогли перестроиться и найти «подходящую» конформацию для присоединения к интерфейсу [37]. Вероятно, более длительное перемешивание обеспечивает улучшенную адсорбцию и самоорганизацию гидрофобных белков на границе раздела по сравнению с кратковременной обработкой паром при той же температуре. Более низкие пены в случае смешивания при температуре 10 °С могут быть связаны с тем, что при пониженных температурах (менее 40 °С) жиры находятся в частично кристаллизованном состоянии и могут повреждать тонкую пленку пузырьков при физическом контакте [34]. Отличительное поведение овсяного напитка, также имеющего высокое соотношение белков к жирам (равное единице), может быть обусловлено высокой концентрацией углеводов, количество и профиль которых могут влиять на пенообразование [38]. Напротив, соево-миндальный, рисово-фундуковый и рисово-конопленный напитки, имеющие более низкие соотношения белков к жирам (0,3–0,5), производили достоверно меньшее количество пены путем смешивания при температуре 65 °С. Вероятно, эта тенденция наблюдалась бы и в случае кокосового напитка (белки/жиры ≈ 0,2), если бы густая консистенция не ограничила его вспенивание при 10 °С. По-видимому, при достаточной концентрации жиры начинают участвовать в пенообразовании. При паровой обработке пены могут стабилизироваться гидрофильными белками и жидкими

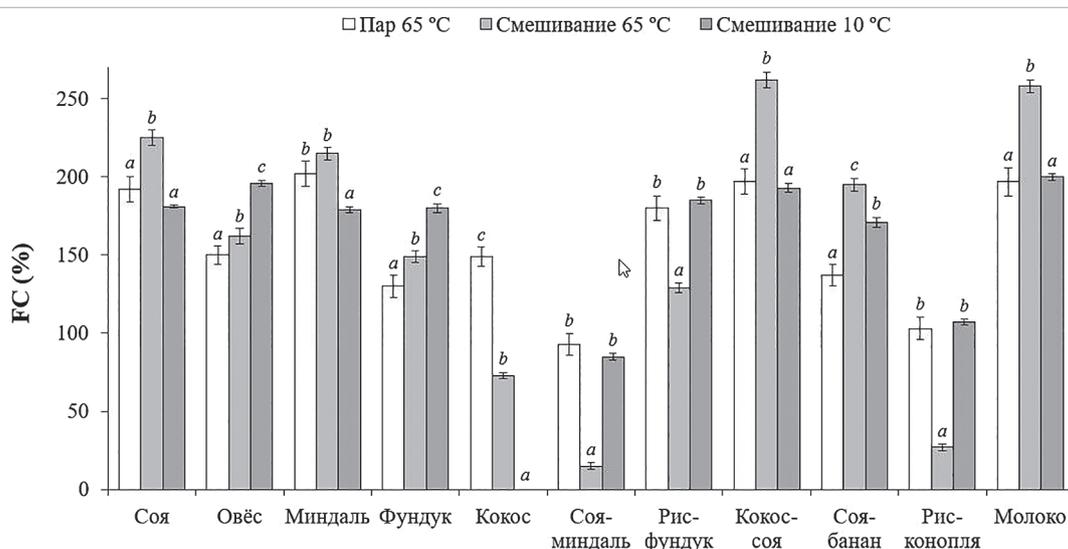
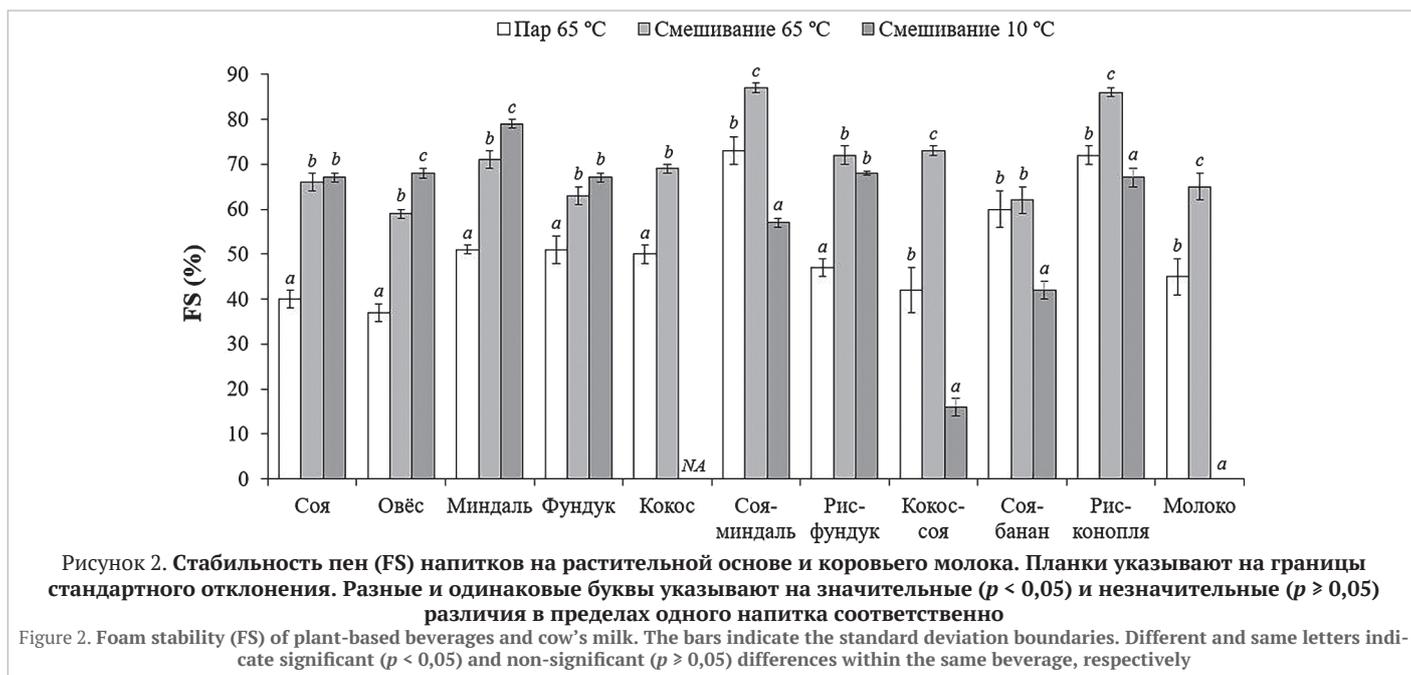


Рисунок 1. Пенообразующая способность (FC) напитков на растительной основе и коровьего молока. Планки указывают на границы стандартного отклонения. Разные и одинаковые буквы указывают на значительные ($p < 0,05$) и незначительные ($p \geq 0,05$) различия в пределах одного напитка соответственно.

Figure 1. Foaming capacity (FC) of plant-based beverages and cow's milk. The bars indicate the standard deviation boundaries. Different and same letters indicate significant ($p < 0,05$) and non-significant ($p \geq 0,05$) differences within the same beverage, respectively



жирами, поскольку первые не нуждаются в самоорганизации, а вторые достаточно активны с точки зрения адсорбции на границе раздела. Низкая пенообразуемость растительных напитков в результате смешивания при 65 °C может быть связана с конкурентной адсорбцией белков и жидких жиров на границе раздела. В случае смешивания при 10 °C стабилизация пен белками, вероятно, преобладает над дестабилизацией пен кристаллизованными жирами [5,6,34–37]. Специфическое поведение миндального и фундукового напитков, также имеющих низкие соотношения белков к жирам (около 0,3), может быть обусловлено присутствием стабилизаторов и эмульгаторов (в данном случае неизвестной концентрации), которые могут участвовать в образовании пены [17].

Данные для растительных напитков (исключая молоко) были использованы в корреляционном анализе, результаты которого представлены в Таблице 3. Пенообразующие свойства растительных напитков не коррелировали с содержанием большинства питательных веществ (белками, соотношением белков к жирам, углеводами, пищевыми волокнами и кальцием), а также с изученными физико-

химическими показателями (рН, плотностью, общими сухими веществами и ОСП). Однако была обнаружена отрицательная корреляция жиров с FC растительных напитков после смешивания при температуре 65 °C ($r = -0,81, p = 0,005$) и 10 °C ($r = -0,64, p = 0,047$), аналогичная тенденция наблюдалась и в случае инъекции пара при 65 °C ($r = -0,58, p = 0,080$). Концентрация жиров была также положительно связана с FS растительных напитков после смешивания при температуре 65 °C ($r = 0,67, p = 0,034$). Среди нецелевых корреляций следует отметить положительную связь концентрации углеводов с плотностью ($r = 0,79, p = 0,007$) и концентрации жиров с ОСП ($r = 0,84, p = 0,002$), о которых сообщалось в ранее опубликованных исследованиях [31,33]. Вопреки данным предыдущего исследования [10], мы не выявили корреляции между содержанием белков и пенообразующими свойствами растительных напитков при всех протестированных способах вспенивания, что, по-видимому, связано с отличиями в составе исследуемой выборки. В этой работе анализировались напитки на растительной основе типа «Barista», содержащие в составе стабилизаторы и эмульгаторы природного происхождения (Таблица 1).

Таблица 3. Корреляционная матрица
Table 3. Correlation matrix

Параметры	Белки	Жиры	Белки / жиры	Углеводы	Волокна	Ca	рН	Плотность	Сухие вещества	ОСП	FC-1	FC-2	FC-3	FS-1	FS-2	FS-3
Белки	1	-0,38	0,95	0,07	0,38	0,09	-0,27	0,39	-0,27	-0,03	-0,03	0,25	0,20	0,01	-0,20	-0,27
Жиры		1	-0,64	0,04	-0,51	-0,06	-0,32	0,01	0,60	0,84	-0,58	-0,81	-0,64	0,62	0,67	0,20
Белки / жиры			1	0,06	0,52	0,10	-0,18	0,34	-0,37	-0,30	0,19	0,49	0,37	-0,24	-0,46	-0,24
Углеводы				1	0,12	0,27	-0,25	0,79	0,52	0,03	-0,34	-0,21	0,23	-0,11	-0,17	0,19
Волокна					1	0,42	-0,08	0,02	-0,31	-0,16	0,46	0,46	0,40	-0,61	-0,46	0,38
Ca						1	0,34	0,04	-0,21	-0,11	0,33	0,32	0,33	-0,23	0,10	0,05
рН							1	-0,37	-0,65	-0,40	0,58	0,43	0,47	-0,16	0,24	-0,19
Плотность								1	0,47	0,15	-0,30	-0,04	0,38	-0,06	-0,31	-0,04
Сухие вещества									1	0,45	-0,47	-0,55	-0,46	0,07	-0,08	0,19
ОСП										1	-0,44	-0,59	-0,45	0,45	0,56	0,25
FC-1											1	0,83	0,49	-0,78	-0,43	-0,09
FC-2												1	0,73	-0,73	-0,64	-0,35
FC-3													1	-0,48	-0,44	-0,10
FS-1														1	0,75	0,05
FS-2															1	-0,03
FS-3																1

Примечание: ОСП — общее содержание полифенолов; FC-1, FC-2 и FC-3 — пенообразующая способность после впрыскивания пара при температуре 65 °C, механического перемешивания при температуре 65 °C и 10 °C соответственно; FS-1, FS-2 и FS-3 — стабильность пены после впрыскивания пара при температуре 65 °C, механического перемешивания при температуре 65 °C и 10 °C соответственно. Жирным шрифтом выделены статистически значимые ($p < 0,05$) значения коэффициента линейной корреляции Пирсона.

Note: OSCP — total polyphenol content; FC-1, FC-2 and FC-3 — foaming capacity after steam injection at a temperature of 65 °C, mechanical agitation at a temperature of 65 °C and 10 °C, respectively; FS-1, FS-2 and FS-3 — foam stability after steam injection at a temperature of 65 °C, mechanical agitation at a temperature of 65 °C and 10 °C, respectively. Bold type indicates statistically significant ($p < 0.05$) values of the Pearson linear correlation coefficient.

Помимо придания текстуры эти пищевые добавки обеспечивают коллоидную стабильность растительных напитков [21], в том числе при добавлении в растворы горячего кофе [39,40]. Однако текущие исследования указывают на то, что камеди и каррагинаны могут стабилизировать пены по механизму высокомолекулярных поверхностно-активных веществ наряду с белками, тогда как лецитины и сапонины могут стабилизировать пены по механизму низкомолекулярных поверхностно-активных веществ наряду с жирами [17]. Сообщалось, что в оптимизированных условиях (рН, вязкость, поверхностное натяжение, соотношение белок/стабилизатор и т. д.) камеди и каррагинаны могут быть синергистами белковых молекул в пенообразовании [41,42]. По-видимому, в исследуемых растительных напитках стабилизаторы выступают синергистами белков в пенообразовании, что обуславливает отсутствие корреляции между содержанием белков и пенообразующими свойствами. Стабилизирующие эффекты эмульгаторов, вероятно, выражены достаточно слабо, что обуславливает наличие корреляции между содержанием жиров и пенообразующими свойствами растительных напитков.

4. Выводы

В этой работе исследовались физико-химические и пенообразующие свойства напитков на растительной основе и коровьего молока для приготовления капучино, имеющих маркировку Barista на упаковке. Вспенивание образцов проводили методами впрыска пара (65 °С) и механического перемешивания (65 °С и 10 °С), моделирующих условия приготовления горячих и холодных кофейных напитков. Полученные пены анализировали по показателям пено-

образующей способности (FC) и стабильности (FS). Проанализированный кокосовый напиток вспенивался при температуре 65 °С, но не вспенивался при 10 °С, предположительно, вследствие густоты консистенции и повышенной вязкости. С точки зрения количества и стабильности пен все растительные напитки были жизнеспособными альтернативами молоку для приготовления капучино в случае впрыскивания пара, но не в случае механического перемешивания. Пенообразующие свойства растительных напитков не коррелировали с содержанием большинства питательных веществ (белками, соотношением белков к жирам, углеводами, пищевыми волокнами, кальцием) и с изученными физико-химическими показателями (рН, плотностью, общими сухими веществами и общим содержанием полифенолов). Однако была обнаружена отрицательная корреляция между содержанием жиров и FC растительных напитков при смешивании ($p < 0,05$), аналогичная тенденция наблюдалась и в случае инъекции пара ($p = 0,08$). Отсутствие связи между содержанием белков и характеристиками пены подчеркивает сложность контроля последних в профессиональных растительных напитках и, вероятно, обусловлено синергизмом белков и стабилизаторов в пенообразовании. Результаты этой работы могут быть полезны академическому и промышленному сообществам. Будущие исследования должны стимулировать изучение эффектов камедей, каррагинанов и других высокомолекулярных стабилизаторов природного происхождения в пенообразовании. Производителям может быть рекомендовано контролировать пенообразующие свойства растительных напитков при температурах, характерных для приготовления холодных кофейных напитков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Market Research Intellect. (2025). Cappuccino / Cafe Latte Market. Retrieved from <https://www.marketresearchintellect.com/product/global-cappuccino-sales-market/> / <https://www.marketresearchintellect.com/product/global-cafe-latte-coffee-market-size-and-forecast/>. Accessed April 30, 2025.
- Dataintel. (2025). Cappuccino / Cafe Latte Market. Retrieved from <https://dataintel.com/report/global-cappuccino-market/> / <https://dataintel.com/report/cafe-latte-coffee-market>. Accessed April 30, 2025.
- McClements, D. J., Newman, E., McClements, I. F. (2019). Plant-based milks: A review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 2047–2067. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12505>
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R. (2020). Milk analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Ho, T. M., Bhandari, B. R., Bansal, N. (2022). Functionality of bovine milk proteins and other factors in foaming properties of milk: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(17), 4800–4820. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1879002>
- Nylander, T., Arnebrant, T., Bos, M., Wilde, P. (2008). Protein/emulsifier interactions. Chapter in a book: *Food Emulsifiers and Their Applications*. New York (NY): Springer-Verlag. 2008. https://doi.org/10.1007/978-0-387-75284-6_5
- Ho, T. M., Bhandari, B. R., Bansal, N. (2024). Foaming properties of milk samples collected at various processing stages in a dairy processing factory across two seasons. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(3), 1470–1478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13031>
- Zakidou, P., Paraskevopoulou, A. (2021). Aqueous sesame seed extracts: Study of their foaming potential for the preparation of cappuccino-type coffee beverages. *LWT*, 135, Article 110258. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110258>
- Zakidou, P., Varka, E.-M., Paraskevopoulou, A. (2022). Foaming properties and sensory acceptance of plant-based beverages as alternatives in the preparation of cappuccino style beverages. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, Article 100623. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100623>
- Kopf-Bolan, K. A., Villarreal Cruz, M. C., Walther, B., Denkel, C., Guggisberg, D. (2023). Comparison of physicochemical properties of commercial UHT-treated plant-based beverages and cow's milk. *Agrarforschung Schweiz*, 14, 43–56. <https://doi.org/10.34776/afs14-43e>
- Hassan, L., Reynoso, M., Xu, C., Al Zahabi, K., Maldonado, R., Nicholson, R. A. et al. (2024). The bubbly life and death of animal and plant milk foams. *Soft Matter*, 20(41), 8215–8229. <https://doi.org/10.1039/D4SM00518J>
- Chen, M., Bleeker, R., Sala, G., Meinders, M. B. J., van Valenberg, H. J. F., van Hooijdonk, A. C. M. et al. (2016). Particle size determines foam stability of casein micelle dispersions. *International Dairy Journal*, 56, 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.01.020>
- Moll, P., Salminen, H., Griesshaber, E., Schmitt, C., Weiss, J. (2022). Homogenization improves foaming properties of insoluble pea proteins. *Journal of Food Science*, 87(10), 4622–4635. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16320>
- Rüegg, R., Schmid, T., Hollenstein, L., Müller, N. (2022). Effect of particle characteristics and foaming parameters on resulting foam quality and stability. *LWT*, 167, Article 113859. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113859>
- Day, L., Cakebread, J. A., Loveday, S. M. (2022). Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 119, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020>
- Schwingshackl, L., Hesecker, H., Kiesswetter, E., Koletzko, B. (2022). Reprint of: Dietary fat and fatty foods in the prevention of non-communicable diseases: A review of the evidence. *Trends in Food Science and Technology*, 130, 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.10.011>
- Hu, X., Meng, Z. (2024). An overview of edible foams in food and modern cuisine: Destabilization and stabilization mechanisms and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), Article e13284. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13284>
- Dikeman, C. L., Fahey Jr., G. C. (2006). Viscosity as related to dietary fiber: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(8), 649–663. <https://doi.org/10.1080/10408390500511862>
- Silva, J. V. C., Balakrishnan, G., Schmitt, C., Chassenieux, C., Nicolai, T. (2018). Heat-induced gelation of aqueous micellar casein suspensions as affected by globular protein addition. *Food Hydrocolloids*, 82, 258–267. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.002>
- Gupta, A., Keast, R., Liem, D. G., Jadhav, S. R., Mahato, D. K., Gamlat, S. (2025). Barista-quality plant-based milk for coffee: A comprehensive review of sensory and physicochemical characteristics. *Beverages*, 11(1), Article 24. <https://doi.org/10.3390/beverages11010024>
- Dhankhar, J., Kundu, P. (2021). Stability aspects of non-dairy milk alternatives. Chapter in a book: *Milk Substitutes — Selected Aspects*. London: IntechOpen. 2021. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96376>
- Pua, A., Tang, V. C. Y., Goh, R. M. V., Sun, J., Lassabliere, B., Liu, S. Q. (2022). Ingredients, processing, and fermentation: Addressing the organoleptic boundaries of plant-based dairy analogues. *Foods*, 11(6), Article 875. <https://doi.org/10.3390/foods11060875>
- Arshad, M., Sharma, N., Maibam, B. D., Sharma, M. (2024). Review on effect of innovative technologies on shelf-life extension of non-dairy sources from plant matrices. *Food Chemistry Advances*, 5, Article 100781. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100781>
- Taesuk, N., Wang, A., Srikaew, M., Chumroenphat, T., Barile, D., Siriamornpun, S. et al. (2025). Phytochemical profiling of Thai plant-based milk alternatives: Insights into bioactive compounds, antioxidant activities, prebiotics, and amino acid abundance. *Food Chemistry: X*, 27, Article 102402. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102402>
- Ho, T. M., Le, T. H. A., Yan, A., Bhandari, B. R., Bansal, N. (2019). Foaming properties and foam structure of milk during storage. *Food Research International*, 116, 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.051>
- Roy, S., Rathod, G., Amamcharla, J. (2025). Foaming capacity and stability. Chapter in a book: *Plant-Based Proteins. Production, Physicochemical, Functional, and Sensory Properties*. New York (NY): Humana. 2024. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4272-6_25
- Иванова, С. А. (2018). Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока. *Техника и технология пищевых производств*, 48(4), 12–21. [Ivanova, S. A. (2018). The foaming properties of skim milk protein concentrate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(4), 12–21. (In Russian)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-12-21>
- Ho, T. M., Xiong, X., Bhandari, B. R., Bansal, N. (2024). Foaming properties and foam structure of milk determined by its protein content and protein to fat ratio. *Food and Bioprocess Technology*, 17, 4665–4678. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03407-y>
- Ye, J., Deng, L., Wang, Y., McClements, D. J., Luo, S., Liu, C. (2021). Impact of rutin on the foaming properties of soybean protein: Formation and characterization of flavonoid-protein complexes. *Food Chemistry*, 362, Article 130238. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130238>

30. Wen, H., Zhang, D., Ning, Z., Li, Z., Zhang, Y., Liu, J., Zhang, T. (2023). How do the hydroxyl group number and position of polyphenols affect the foaming properties of ovalbumin? *Food Hydrocolloids*, 140, Article 108629. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108629>
31. Daszkiewicz, T., Florek, M., Murawska, D., Jabłońska, A. (2024). A comparison of the quality of ultra-high-temperature milk and its plant-based analogs. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 10299–10309. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25098>
32. Kasapidou, E., Basdagianni, Z., Papatzimos, G., Papadopoulos, V., Tsiptsis, E., Neki, I. et al. (2023). Chemical composition, antioxidant profile and physico-chemical properties of commercial non-cocoa- and cocoa-flavoured plant-based milk alternatives. *European Food Research and Technology*, 249, 3011–3026. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04345-3>
33. Ertan, K., Bayana, D., Gokce, O., Alatosava, T., Yilmaz, Y., Gursoy, O. (2017). Total antioxidant capacity and phenolic content of pasteurized and UHT-treated cow milk samples marketed in Turkey. *Akademik Gıda*, 15(2), 103–108. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.333630>
34. Kamath, S., Huppertz, T., Houlihan, A. V., Deeth, H. C. (2008). The influence of temperature on the foaming of milk. *International Dairy Journal*, 18(10–11), 994–1002. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.05.001>
35. Delahaije, R. J. B. M., Wierenga, P. A. (2022). Hydrophobicity enhances the formation of protein-stabilized foams. *Molecules*, 27(7), Article 2358. <https://doi.org/10.3390/molecules27072358>
36. Zhang, X., Liu, Z., Ma, X., Zheng, Y., Hu, H., Jiao, B. et al. (2025). Interfacial and foaming properties of plant and microbial proteins: Comparison of structure-function behavior of different proteins. *Food Chemistry*, 463(Part 4), Article 141431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141431>
37. Martin, A. H., Grolle, K., Bos, M. A., Stuart, M. A. C., van Vliet, T. (2002). Network forming properties of various proteins adsorbed at the air/water interface in relation to foam stability. *Journal of Colloid and Interface Science*, 254(1), 175–183. <https://doi.org/10.1006/jcis.2002.8592>
38. Farrag, A. F. (2008). Emulsifying and foaming properties of whey protein concentrates in the presence of some carbohydrates. *International Journal of Dairy Science*, 3(1), 20–28. <https://doi.org/10.3923/ijds.2008.20.28>
39. Chung, C., Koo, C. K.W., Sher, A., Fu, J.-T. R., Rousset, P., McClements, D. J. (2019). Modulation of caseinate-stabilized model oil-in-water emulsions with soy lecithin. *Food Research International*, 122, 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.032>
40. Koo, C. K.W., Chung, C., Fu, J.-T. R., Sher, A., Rousset, P., McClements, D. J. (2019). Impact of sodium caseinate, soy lecithin and carrageenan on functionality of oil-in-water emulsions. *Food Research International*, 123, 779–789. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.043>
41. Mohanan, A., Nickerson, M. T., Ghosh, S. (2020). Utilization of pulse protein-xanthan gum complexes for foam stabilization: The effect of protein concentrate and isolate at various pH. *Food Chemistry*, 316, Article 126282. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126282>
42. Proaño, J. L., Pérez, A. A., Drago, S. R. (2023). Foaming properties are improved by interactions between brewer's spent grain proteins and carrageenans in aqueous solution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(5), 2585–2592. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12291>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Тарасов Алексей Валерьевич — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-инновационный центр сенсорных технологий, Уральский государственный экономический университет 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45 Тел.: +7-343-283-11-65 E-mail: tarasov_a.v@bk.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7642-6532</p> <p>Заворохина Наталия Валерьевна — доктор технических наук, профессор, профессор, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45 Тел.: +7-343-283-12-72 E-mail: degustator@olympus.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5458-8565 * автор для контактов</p> <p>Чугунова Ольга Викторовна — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии питания, Уральский государственный экономический университет 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45 Тел.: +7-343-283-12-72 E-mail: chugun.ova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7039-4047</p> <p>Вяткин Антон Владимирович — кандидат технических наук, доцент, кафедра туристического бизнеса и гостеприимства, Уральский государственный экономический университет 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45 Тел.: +7-343-283-12-01 E-mail: 3dognight2009@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0214-2398</p>	<p>Aleksey V. Tarasov, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Scientific and Innovative Center for Sensor Technologies, Ural State University of Economics 62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli str., 620144, Yekaterinburg, Russia Tel.: +7-343-283-11-65 E-mail: tarasov_a.v@bk.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7642-6532</p> <p>Natalia V. Zavorokhina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, Food Technology Department, Ural State University of Economics 62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli str., 620144, Yekaterinburg, Russia Tel.: +7-343-283-12-72 E-mail: degustator@olympus.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5458-8565 * corresponding author</p> <p>Olga V. Chugunova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Food Technology Department, Ural State University of Economics 62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli str., 620144, Yekaterinburg, Russia Tel.: +7-343-283-12-72 E-mail: chugun.ova@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7039-4047</p> <p>Anton V. Vyatkin, Candidate of Technical Sciences, Docent, Tourism Business and Hospitality Department, Ural State University of Economics 62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli str., 620144, Yekaterinburg, Russia Tel.: +7-343-283-12-01 E-mail: 3dognight2009@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0214-2398</p>
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	The authors are equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.