https://doi.org/10.58805/fs.V.1(32)-22

ЦВЕТОВЫЕ И СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ПРОСОВО-МОЛОЧНОГО ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ПРОДУКТА

А.Б. Тапалова[1], Т.Ч. Тултабаева[1], Ж.К. Имангалиева[2]✉

[1] Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан
[2] Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан
✉ Корреспондент-автор: i.zhadra@mail.ru

Сочетание молочного и зернового сырья позволяет получать ферментированные продукты с регулируемыми цветовыми и структурными характеристиками. Цель исследования - определить влияние соотношения просового и коровьего молока на цвет, вязкость и синерезис продукта и оценить изменение цветовых и структурных показателей при охлажденном хранении.

Исследовали пять рецептур: П0:К100, П80:К20, П70:К30, П60:К40 и П50:К50. Цвет оценивали в пространстве CIELAB на 1-е и 21-е сутки, вязкость-ротационным методом, синерезис-центрифугированием; для каждой рецептуры готовили три независимые партии.

На 1-е сутки увеличение доли просового молока сопровождалось снижением L* и увеличением положительной координаты b*. Максимальная исходная вязкость отмечена у П50:К50 - 812±40 мПа·с, а минимальный синерезис- у П70:К30-12,8±0,6%. В течение 21 суток наиболее стабильную структурную динамику сохранял П70:К30: к концу хранения вязкость составляла около 712 мПа·с, а синерезис - около 18,3%.

Полученные данные показывают, что при выборе рецептуры необходимо совместно учитывать цветовые характеристики, консистенцию и устойчивость к отделению сыворотки. Научная ценность работы состоит в сопоставлении этих показателей для молочно-просовых систем различного состава, а практическая значимость - в обосновании соотношения компонентов для дальнейшей разработки устойчивого ферментированного молочно-растительного продукта.

Ключевые слова: просовое молоко, коровье молоко, ферментированный продукт, цветность, CIELAB, вязкость, синерезис.

ТАРЫ-СҮТ НЕГІЗІНДЕГІ ФЕРМЕНТТЕЛГЕН ӨНІМНІҢ ТҮСТІК ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

А.Б. Тапалова[1], Т.Ч. Тултабаева[1], Ж.К. Имангалиева[2]✉

[1] С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан
[2] Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
e-mail: i.zhadra@mail.ru

Сүт және дәнді дақыл шикізатын біріктіру түсі мен құрылымдық қасиеттері реттелетін ферменттелген өнімдер алуға мүмкіндік береді. Зерттеудің мақсаты - тары сүті мен сиыр сүтінің арақатынасының өнімнің түсіне, тұтқырлығына және синерезисіне әсерін анықтау және салқындатылған сақтау кезінде түс және құрылымдық көрсеткіштердің өзгеруін бағалау. П0:К100, П80:К20, П70:К30, П60:К40 және П50:К50 бес рецептура зерттелді.

Түс CIELAB кеңістігінде 1 және 21 тәулікте, тұтқырлық ротациялық әдіспен, ал синерезис центрифугалау арқылы анықталды; әр рецептура үшін үш тәуелсіз партия дайындалды. 1 тәулікте тары сүтінің үлесі артқан сайын L* көрсеткіші төмендеп, b* оң координатасы жоғарылады.

Бастапқы ең жоғары тұтқырлық П50:К50 үлгісінде 812±40 мПа·с болды, ал ең төмен синерезис П70:К30 үлгісінде 12,8±0,6% анықталды. 21 тәулік ішінде П70:К30 ең тұрақты құрылымдық динамиканы сақтады: сақтау соңында тұтқырлық шамамен 712 мПа·с, синерезис шамамен 18,3% болды. Нәтижелер рецептураны таңдауда түс сипаттамаларын, консистенцияны және сарысу бөлінуіне төзімділікті бірге бағалау қажеттігін көрсетті.

Жұмыстың ғылыми құндылығы әртүрлі құрамдағы сүт-тары жүйелерінің көрсеткіштерін салыстырумен, ал практикалық маңызы тұрақты ферменттелген сүт-өсімдік өнімін әрі қарай әзірлеуге қолайлы компонент-тер арақатынасын негіздеумен байланысты.

Түйін сөздер: тары сүті, сиыр сүті, ферменттелген өнім, CIELAB, тұтқырлық, синерезис.

COLOR AND STRUCTURAL PROPERTIES OF A FERMENTED MILLET-MILK PRODUCT

A.B. Tapalova[1], T.Ch. Tultabayeva[1], Zh.K. Imangalieva[2]✉

[1] S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan
[2] Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: i.zhadra@mail.ru

Combining dairy and cereal raw materials makes it possible to obtain fermented products with adjustable color and structural characteristics. The aim of this study was to determine how the ratio of millet milk to cow milk affects product color, viscosity, and syneresis and to evaluate changes in color and structural properties during refrigerated storage.

Five formulations were studied: M0:C100, M80:C20, M70:C30, M60:C40, and M50:C50. Color was evaluated in the CIELAB space on days 1 and 21, viscosity by a rotational method, and syneresis by centrifugation; three independent batches were prepared for each formulation. On day 1, increasing the millet-milk fraction was associated with lower L* and higher positive b* values.

The highest initial viscosity was recorded for M50:C50 at 812±40 mPa·s, whereas the lowest syneresis was found for M70:C30 at 12.8±0.6%. During 21 days of storage, M70:C30 showed the most stable structural pattern: by the end of storage, viscosity was about 712 mPa·s and syneresis about 18.3%. The results demonstrate that formulation selection should consider color characteristics, consistency, and resistance to whey separation together.

The scientific value of the study lies in the comparative assessment of these indicators in dairy–millet systems of different composition, while its practical significance is the identification of a component ratio suitable for further development of a structurally stable fermented dairy–plant product.

Keywords: millet milk, cow milk, fermented product, CIELAB, viscosity, syneresis.

Введение. Сочетание молочного и растительного сырья используют при разработке ферментированных продуктов, чтобы изменить их состав, консистенцию и внешний вид. Среди зерновых культур интерес представляет просо, содержащее крахмал, белки и пищевые волокна. При включении просового напитка эти компоненты могут участвовать в формировании структуры продукта во время ферментации [1, 2].

Для смешанных молочно-растительных продуктов важно оценивать не только пищевую ценность, но и цвет, вязкость и склонность к отделению сыворотки. Эти показатели связаны с внешним видом продукта, его консистенцией и физической устойчивостью. Изменение рецептуры влияет на взаимодействие белков, полисахаридов и водной фазы, что отражается на вязкости и синерезисе [3, 4].

Для инструментальной оценки цвета пищевых продуктов широко используют пространство CIELAB. Показатель L* характеризует светлоту, a* - положение на оси зеленый-красный, b*- на оси синий-желтый, ΔE показывает суммарное отличие цвета от выбранного контрольного образца [5]. После ферментации вязкость характеризует сопротивление продукта течению и косвенно отражает особенности сформированной гелевой структуры, тогда как синерезис показывает склонность системы к отделению сыворотки и характеризует способность продукта удерживать водную фазу. Физические свойства растительных и молочно-растительных йогурт подобных продуктов в значительной степени зависят от состава сырья, содержания белков, полисахаридов и сухих веществ, а также характера их взаимодействия в процессе формирования структуры. Greis и соавт [6] показали, что растительные йогурт и подобные продукты существенно различаются по консистенции и другим физико-химическим характеристикам в зависимости от используемой сырьевой основы. Marlapati и соавт [7] также установили различия между молочными и растительными йогуртами по составу и физическим свойствам, что подтверждает значимость состава матрицы для формирования текстуры продукта. Grasso и соавт [8] отмечают выраженную вариабельность физико-химических и сенсорных характеристик растительных йогуртов,

связанную с особенностями рецептуры и технологической обработки.

Согласно обзору, Montemurro и соавт [9], формирование структуры ферментированных растительных продуктов определяется комплексным взаимодействием белков, углеводных компонентов и продуктов ферментации. Поэтому совместная оценка вязкости и синерезиса позволяет более полно характеризовать структурные особенности и устойчивость молочно-растительного ферментированного продукта. В исследовании Pan и соавт. [10] также показано, что условия технологической обработки влияют на физико-химические свойства просово-молочного напитка.

Цель исследования-определить влияние соотношения просового и коровьего молока на цветовые и структурно-технологические характеристики ферментированного молочно-растительного продукта и оценить изменение цвета, вязкости и синерезиса в течение 21 суток охлажденного хранения.

Материалы и методы. Для исследования готовили ферментированные продукты из коровьего и просового молока при различных соотношениях компонентов. В опыт вошли пять рецептур: контроль П0:К100 и варианты П80:К20, П70:К30, П60:К40 и П50:К50.

Таблица 1 - Состав исследуемых образцов

Код образца	Просовое молоко, %	Коровье молоко, %
П0:К100	0	100
П80:К20	80	20
П70:К30	70	30
П60:К40	60	40
П50:К50	50	50

Смеси подвергали тепловой обработке при 90±2 °С в течение 5 мин, после чего охлаждали до температуры внесения закваски. Заквасочную культуру вносили в количестве 2%. Ферментацию проводили при 42±1 °С в течение 6 ч, затем образцы охлаждали и хранили при 4±1 °С в течение 21 суток. Для каждой рецептуры готовили три независимые партии; аналитические повторности внутри партии усредняли. Цветовые характеристики ферментированных продуктов определяли на 1-е и 21-е сутки хранения на портативном спектрофотометре YS4580 (3nh, China) в цветовом пространстве CIELAB при источнике света D65, угле наблюдателя 10° и измерительной апертуре Ø20 мм. Для каждого образца регистрировали координаты L*, a* и b*. Общее цветовое различие ΔE рассчитывали относительно контрольного образца П0:К100 соответствующего срока хранения по формуле:

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \qquad (1)$$

Измерения проводили для трех независимо приготовленных партий каждой рецептуры.

Вязкость ферментированных продуктов определяли на ротационном вискозиметре RV-2TDV (Lamy Rheology Instruments, Champagne-au-Mont-d'Or, France) при 7±1 °С и скорости вращения 50 об/мин. Шпиндель выбирали таким образом, чтобы крутящий момент находился в диапазоне 25-75%; показания фиксировали через 30 с и выражали в мПа·с. Синерезис определяли центрифугированием навески 5,0 г при 2500 об/мин в течение 20 мин при 7±1 °С на охлаждаемой центрифуге OPn-3M (Dastan JSC, Bishkek, Kyrgyzstan) и выражали как отношение массы отделившейся сыворотки к исходной массе образца, %. Вязкость и синерезис определяли на 1-е, 7-е, 14-е и 21-е сутки хранения при 4±1 °С.

Статистической единицей являлась независимо приготовленная партия (n=3). Результаты представляли, как среднее значение ± стандартное отклонение. Для цветовых показателей и для сравнения рецептур по вязкости и синерезису на каждом сроке хранения применяли однофакторный дисперсионный анализ (one-way ANOVA) с последующим множественным сравнением при $p < 0,05$. Изменение показателей во времени рассматривали описательно.

Результаты и обсуждение. На 1-е сутки хранения между контрольным и опытными образцами наблюдались различия по координатам CIELAB. При увеличении доли просового молока светлота L* снижалась, а положительное значение b* возрастало, что соответствовало более выраженному кремово-желтому оттенку. Значения a* оставались отрицательными и близкими к нулю, поэтому выраженного смещения в красную область не наблюдалось.

На 1-е сутки наибольшее цветовое различие относительно контроля отмечено для П80:К20 (ΔЕ=16,03). Полученные исходные значения показывают, что увеличение доли просового компонента сопровождается снижением светлоты и усилением желтой составляющей цвета.

Таблица 2 – Цветовые характеристики ферментированных продуктов на 1-е сутки хранения

Образец	L*	a*	b*	ΔE
П0:К100	91,62 ± 0,35	−1,20 ± 0,08	7,85 ± 0,22	—
П80:К20	78,40 ± 0,42	−0,15 ± 0,07	16,85 ± 0,31	16,03
П70:К30	80,70 ± 0,38	−0,30 ± 0,06	15,15 ± 0,28	13,15
П60:К40	83,10 ± 0,34	−0,45 ± 0,05	13,55 ± 0,25	10,23
П50:К50	85,25 ± 0,31	−0,65 ± 0,05	12,10 ± 0,24	7,62

На 1-е сутки наибольшее цветовое различие относительно контроля отмечено для П80:К20 (ΔЕ=16,03). Полученные исходные значения показывают, что увеличение доли просового компонента сопровождается снижением светлоты и усилением

Таблица 3 – Цветовые характеристики ферментированных продуктов на 21-е сутки хранения

Образец	L*	a*	b*	ΔE
П0:К100	90,85 ± 0,35	−1,10 ± 0,08	8,20 ± 0,22	-
П80:К20	77,55 ± 0,42	−0,08 ± 0,07	17,30 ± 0,31	16,15
П70:К30	79,95 ± 0,38	−0,24 ± 0,06	15,55 ± 0,28	13,17
П60:К40	82,42 ± 0,34	−0,38 ± 0,05	13,92 ± 0,25	10,21
П50:К50	84,65 ± 0,31	−0,58 ± 0,05	12,42 ± 0,24	7,52

На 21-е сутки хранения общий характер цветовых различий между рецептурами сохранялся. Наибольшее значение ΔЕ относительно контрольного образца установлено для П80:К20 - 16,15, далее следовали П70:К30 - 13,17, П60:К40 - 10,21 и П50:К50 - 7,52. По сравнению с 1-ми сутками изменения координат L*, a* и b* были небольшими. Во всех образцах наблюдалось незначительное снижение L* и увеличение b*, при этом последовательность образцов по выраженности цветовых различий сохранялась. Полученные результаты показывают, что сформированные после ферментации различия в цвете в основном сохранялись к 21-м суткам охлажденного хранения.

На 1-е сутки вязкость контрольного образца П0:К100 составляла 570±20 мПа·с. По данным рисунка 1 при увеличении доли просового молока исходная вязкость возрастала: П80:К20 - 650±25 мПа·с, П70:К30 - 720±30 мПа·с, П60:К40 - 780±35 мПа·с и П50:К50 - 812±40 мПа·с. В течение хранения динамика различалась между рецептурами. К 21 суткам вязкость контроля снизилась примерно до 470 мПа·с, П60:К40 - до 670 мПа·с, П50:К50 - примерно до 698 мПа·с. В то же время П80:К20 сохранялся около 650-655 мПа·с, а П70:К30 - около 710-715 мПа·с; на 21-е сутки среднее значение П70:К30 составляло примерно 712 мПа·с.

Таким образом, высокая исходная вязкость не во всех случаях сохранялась в течение всего срока хранения. Наиболее выраженное снижение наблюдалось у контроля, а также у П60:К40 и П50:К50. Для П80:К20 показатель оставался практически стабильным, а П70:К30 сохранял значения около 710 мПа·с на 7-21 сутки. Такая динамика может отражать различия в соотношении молочных белков и компонентов просового сырья, участвующих в формировании структуры продукта [11, 12].

На 1-е сутки синерезис контрольного образца составлял 18,5±0,8%. Для П80:К20, П70:К30, П60:К40 и П50:К50 значения составляли 15,2±0,7; 12,8±0,6; 14,5±0,7 и 16,8±0,9% соответственно. В процессе хранения отделение сыворотки увеличивалось во всех образцах. К 21 суткам синерезис достигал примерно 40,2% в контроле, 25,6% в П80:К20, 18,3% в П70:К30, 30,7% в П60:К40 и 36,4% в П50:К50. П70:К30 сохранял наименьший уровень синерезиса на всех исследованных сроках.

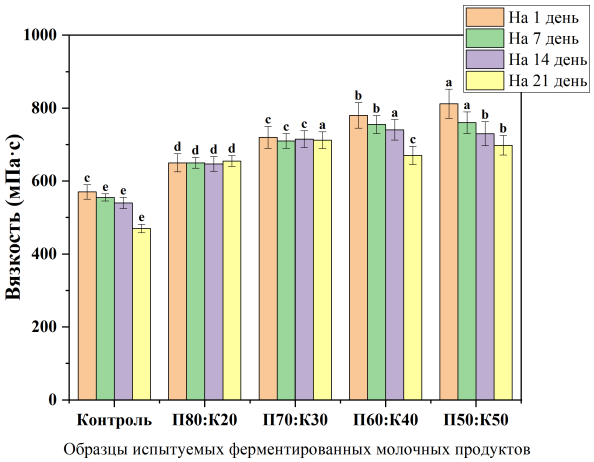

Рис. 1 - Динамика вязкости ферментированных продуктов с различным соотношением просового и коровьего молока на 1-е, 7-е, 14-е и 21-е сутки хранения

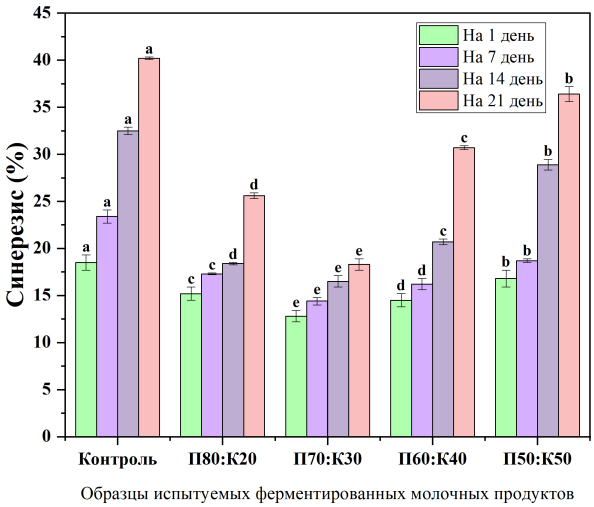

Рис. 2 - Динамика синерезиса ферментированных продуктов с различным соотношением просового и коровьего молока на 1-е, 7-е, 14-е и 21-е сутки хранения

Совместная оценка двух структурных показателей показывает, что П50:К50 имел наибольшую исходную вязкость, однако при хранении его вязкость снижалась, а синерезис возрастал до примерно 36,4% на 21-е сутки. П70:К30, напротив, сочетал сравнительно высокую и стабильную вязкость с минимальным отделением сыворотки: на 21-е сутки около 712 мПа·с и 18,3% соответственно. Поэтому устойчивость продукта при хранении следует оценивать по динамике нескольких структурных показателей, а не только по их исходным значениям [13, 14].

Сходный подход применили Morris и соавт. [15], которые при холодильном хранении молочного йогурта и рисовых йогурт подобных альтернатив одновременно оценивали цвет, синерезис и вязкость, что подтверждает целесообразность комплексной интерпретации оптических и структурных показателей во времени.

Таким образом, изменение соотношения коровьего и просового молока влияло на цветовые характеристики и на структурную динамику продукта при хранении. По изменению вязкости и синерезиса наиболее стабильным среди исследованных вариантов был П70:К30.

Выводы. В работе сравнили пять соотношений коровьего и просового молока по динамике цветовых характеристик, вязкости и синерезиса в течение 21 суток хранения. Добавление просового молока изменяло светлоту и желтую составляющую цвета и влияло на структурную устойчивость продукта при охлажденном хранении.

На 1-е сутки максимальная вязкость отмечена у П50:К50 - 812±40 мПа·с против 570±20 мПа·с в контроле, а минимальный синерезис - у П70:К30, 12,8±0,6%. К 21 суткам наиболее устойчивую структурную динамику показывал П70:К30: вязкость сохранялась примерно на уровне 712 мПа·с, а синерезис составлял около 18,3%, что было ниже остальных вариантов.

На 1-е сутки наибольшее цветовое различие относительно контроля отмечалось для П80:К20 (ΔE=16,03). К 21-м суткам порядок цветовых различий сохранялся, при этом ΔE для П80:К20 составлял 16,15. По совокупности полученных данных рецептура П70:К30 представляла наибольший интерес для дальнейшей разработки, поскольку сочетала минимальный синерезис с относительно стабильной вязкостью при хранении. Полученные результаты показывают, что оценка рецептуры должна учитывать одновременно оптические и структурные свойства продукта.

Литература

1. Meena N., Sruthi N.U., Dhungana P., Al-Ali H., Rao P.S., Bhattarai R.R. A concise review of millet milk development // Journal of Food Science. - 2025. - Vol. 90(3):70126. DOI 10.1111/1750-3841.70126.

2. Wang H., Zhang Y., Han Y., Hou J., Zuo Y., Li Y., Wu H. The physicochemical, sensory, and functional properties of yogurt containing millet and milk // Foods. −2025.-Vol.14(20):3491. DOI10.3390/foods14203491.
3. Samtiya M., Badgujar P.C., Chandratre G.A., Aluko R.E., Kumar A., Bhushan B., Dhewa T. Effect of selective fermentation on nutritional parameters and techno-functional characteristics of fermented millet-based probiotic dairy product // Food Chemistry: X. - 2024. Vol. 22:101483. DOI10.1016/j.fochx.2024.101483.
4. Dhakal D., Younas T., Bhusal R.P., Devkota L., Henry C.J., Dhital S. Design rules of plant-based yoghurt-mimic: Formulation, functionality, sensory profile and nutritional value // Food Hydrocolloids. 2023.-Vol. 142: 108786. DOI 10.1016/j.foodhyd.2023.108786.
5. Pathare P.B., Opara U.L., Al-Said F.A.J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review //Food and Bioprocess Technology. −2013.-Vol.6.- P.36-60. DOI 10.1007/s11947-012-0867-9.
6. Greis M., Sainio T., Katina K., Nolden A.A., Kinchla A.J., Seppä L., Partanen R. Physicochemical properties and mouthfeel in commercial plant-based yogurts // Foods. −2022. - Vol.11 (7):941. DOI10.3390/foods11070941.
7. Marlapati L., Basha R.F.S., Navarre A., Kinchla A.J., Nolden A.A. Comparison of physical and compositional attributes between commercial plant-based and dairy yogurts // Foods. −2024.-Vol.13(7):984. DOI 10.3390/foods13070984.
8. Grasso N., Alonso-Miravalles L., O'Mahony J.A. Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts//Foods. −2020.-Vol.9(3):252. DOI 10.3390/foods9030252.
9. Montemurro M., Pontonio E., Coda R., Rizzello C.G. Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges // Foods. - 2021. - Vol.10(2):316. DOI 10.3390/foods10020316.
10. Pan M., Cao Y., Chi X., Song Z., Ai N., Sun B. Influence of processing conditions on the physicochemical properties of a new-type of nutritional drink-millet skim milk beverage // Molecules. - 2019.-Vol. 24(7):1335. DOI 3390/molecules24071335.
11. Dikhanbayeva F., Zhaxybayeva E., Smailova Zh., Kenenbay Sh., Zhunusova G. Effect of nutritional supplements on the physico-structural and sensory characteristics of low-fat camel milk yogurt // Journal of Dairy Research. −2024.-Vol.91(3). -P. 330-338. DOI 10.1017/S002202992400058X.
12. Макангали К.К., Тултабаева Т.Ч., Жакупова Г.Н., Сағандық А.Т., Ахметжанова А.Т., Бексултан А.А. Исследование влияния БАД BIO-AP-IRGA на состав и свойства йогуртов // Вестник Алматинского технологического университета. - 2024. - Т. 144(2). - С. 96-103. DOI 10.48184/2304-568X-2024-2-96-103.
13. Utebaeva A.A., Gabrilyants E.A., Abish Zh.A., Aitbaeva A.Zh., Islamova G.E. Bio-fermented milk product based on L. acidophilus fortified by Sanguisorba officinalis extract // The Journal of Almaty Technological University. - 2024.-Vol.143(1). - P. 86-92. DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-86-92.
14. Тлеуова К.Ж., Шингисов А.У., Тулекбаева А.К., Ветохин С.С. Разработка технологии получения обогащенного кисломолочного продукта на основе результатов исследований состава исходных и конечных материалов \// Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. - № 1 (143). - С. 18-26. DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-18-26.
15. Morris A., Boeneke C., King J.M. Comparison of storage stability and in vitro digestion of rice flour-based yogurt alternatives made with Lactobacillus rhamnosus LGG to milk-based yogurt // Foods. 2025.- Vol. 14(7): 1129. DOI 10.3390/foods14071129.

References

1. Meena N., Sruthi N.U., Dhungana P., Al-Ali H., Rao P.S., Bhattarai R.R. A concise review of millet milk development // Journal of Food Science. - 2025. - Vol. 90(3):70126. DOI 10.1111/1750-3841.70126.
2. Wang H., Zhang Y., Han Y., Hou J., Zuo Y., Li Y., Wu H. The physicochemical, sensory, and functional properties of yogurt containing millet and milk // Foods. −2025.-Vol.14(20): 3491. DOI 10.3390/foods14203491.
3. Samtiya M., Badgujar P.C., Chandratre G.A., Aluko R.E., Kumar A., Bhushan B., Dhewa T. Effect of selective fermentation on nutritional parameters and techno-functional characteristics of fermented millet-based probiotic dairy product // Food Chemistry: X. - 2024. Vol. 22:101483. DOI 10.1016/j.fochx.2024.101483.

4. Dhakal D., Younas T., Bhusal R.P., Devkota L., Henry C.J., Dhital S. Design rules of plant-based yoghurt-mimic: Formulation, functionality, sensory profile and nutritional value // Food Hydrocolloids. 2023.-Vol. 142: 108786. DOI 10.1016/j.foodhyd.2023.108786.
5. Pathare P.B., Opara U.L., Al-Said F.A.J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review //Food and Bioprocess Technology. −2013.-Vol.6.- P.36-60. DOI 10.1007/s11947-012-0867-9.
6. Greis M., Sainio T., Katina K., Nolden A.A., Kinchla A.J., Seppä L., Partanen R. Physicochemical properties and mouthfeel in commercial plant-based yogurts // Foods. −2022. - Vol.11 (7):941. DOI 10.3390/foods11070941.
7. Marlapati L., Basha R.F.S., Navarre A., Kinchla A.J., Nolden A.A. Comparison of physical and compositional attributes between commercial plant-based and dairy yogurts // Foods. - 2024.-Vol.13(7): 984. DOI 10.3390/foods13070984.
8. Grasso N., Alonso-Miravalles L., O'Mahony J.A. Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts/Foods. −2020.-Vol.9(3):252. DOI 10.3390/foods9030252.
9. Montemurro M., Pontonio E., Coda R., Rizzello C.G. Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges // Foods. - 2021. - Vol.10(2):316. DOI 10.3390/foods10020316.
10. Pan M., Cao Y., Chi X., Song Z., Ai N., Sun B. Influence of processing conditions on the physicochemical properties of a new-type of nutritional drink-millet skim milk beverage // Molecules. - 2019.-Vol. 24(7):1335. DOI 3390/molecules24071335.
11. Dikhanbayeva F., Zhaxybayeva E., Smailova Zh., Kenenbay Sh., Zhunusova G. Effect of nutritional supplements on the physico-structural and sensory characteristics of low-fat camel milk yogurt // Journal of Dairy Research. −2024.-Vol.91(3). -P. 330-338. DOI 10.1017/S002202992400058X.
12. Makangali K.K., Tultabaeva T.Ch., Zhakupova G.N., Sarandyk A.T., Ahmetzhanova A.T., Beksultan A.A. Issledovanie vlijanija BAD BIO-AP-IRGA na sostav i svojstva jogurtov // Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. - 2024. - T. 144(2). - S. 96-103. DOI 10.48184/2304-568X-2024-2-96-103. [in Russian]
13. Utebaeva A.A., Gabrilyants E.A., Abish Zh.A., Aitbaeva A.Zh., Islamova G.E. Bio-fermented milk product based on L. acidophilus fortified by Sanguisorba officinalis extract // The Journal of Almaty Technological University. - 2024.-Vol.143(1). - P. 86-92. DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-86-92
14. Tleuova K.Zh., Shingisov A.U., Tulekbaeva A.K., Vetohin S.S. Razrabotka tehnologii poluchenija obogashhennogo kislomolochnogo produkta na osnove rezul'tatov issledovanij sostava ishodnyh i konechnyh materialov // Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. −2024.- № 1 (143). - S. 18-26. DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-18-26. [in Russian]
15. Morris A., Boeneke C., King J.M. Comparison of storage stability and in vitro digestion of rice flour-based yogurt alternatives made with Lactobacillus rhamnosus LGG to milk-based yogurt // Foods. 2025.- Vol. 14(7): 1129. DOI 10.3390/foods14071129.

Сведения об авторах

Тапалова А. Б. - Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: alua.tapalova@gmail.com;

Тултабаева Т.Ч. - доктор технических наук, профессор, академик Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: tamara_tch@list.ru;

Имангалиева Ж. К. - PhD, и.о. ассоциированного профессора, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: i.zhadra@mail.ru.

Information about the authors

Tapalova A.B. - Doctoral student, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: alua.tapalova@gmail.com;

Tultabayeva T.Ch. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan; e-mail: tamara_tch@list.ru;

Imangaliyeva Zh. K. - PhD, Acting Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: i.zhadra@mail.ru.