https://doi.org/10.58805/fs.V.1(32)-21

РАЗРАБОТКА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО МОЛОЧНОГО НАПИТКА С ДОБАВЛЕНИЕМ ЦИНКА

А.М. Таева, **Ф.Т. Диханбаева**, **Е.Д. Мукашев**, **М.А. Абсалимова**, **Ж.К. Имангалиева**✉

[1] *Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан*
✉ *Корреспондент-автор: i.zhadra@mail.ru*

Разработан ферментированный молочный напиток типа йогурта с добавлением цинка.

Целью исследования являлась оценка содержания основных пищевых веществ и изменения pH в процессе ферментации контрольного и опытного образцов. Молоко нормализовали, пастеризовали при температуре 85–90 °C в течение 5–10 мин, охлаждали до 40-42 °C, после чего вносили закваску и цинксодержащий компонент.

Расчетная дозировка глюконата цинка составляла 10,0 мг на 100 г продукта; контрольный образец готовили без добавления цинка. Содержание цинка в готовом опытном образце составило 1,92±0,029 мг/100 г, в контрольном образце-0,42±0,006 мг/100 г.

После завершения ферментации продукт охлаждали до 4±2 °C. В опытном образце содержание белка, жира и углеводов составляло соответственно 2,38±0,02%, 2,60±0,01% и 5,69±0,04%, тогда как в контрольном образце-2,43±0,03%, 2,55±0,05% и 5,77±0,03%.

Исходное значение pH обоих образцов составляло 6,64 ± 0,02. Через 6 ч pH контрольного образца снизился до 4,55 ± 0,03, а образца с цинком-до 4,43 ± 0,04. Через 8 ч значения pH составили соответственно 4,36 ± 0,02 и 4,27 ± 0,02. Различия по содержанию основных пищевых веществ не превышали 2,1%.

Полученные результаты показали, что внесение цинксодержащего компонента в выбранной расчетной дозе не замедляло процесс ферментации. При этом содержание белка, жира и углеводов в опытном образце оставалось близким к контрольным значениям.

Ключевые слова: ферментированный молочный напиток, цинк, обогащение, кинетика pH, химический состав, ферментация.

МЫРЫШ ҚОСЫЛҒАН ФЕРМЕНТТЕЛГЕН СҮТ СУСЫНЫН ӘЗІРЛЕУ

А.М. Таева, **Ф.Т. Диханбаева**, **Е.Д. Мұкашев**, **М.А. Абсалимова**, **Ж.К. Имангалиева**✉

[1] *Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,*
e-mail: i.zhadra@mail.ru

Мырыш қосылған йогурт типті ферменттелген сүт сусыны әзірленді.

Зерттеудің мақсаты бақылау және тәжірибелік үлгілердегі негізгі қоректік заттардың мөлшерін және ферменттеу процесі кезіндегі pH өзгерісін бағалау болды. Сүт нормаланып, 85-90 °C температурада 5-10 мин пастерленді, 40-42 °C-қа дейін салқындатылды, содан кейін ұйытқы мен мырыш құрамды компонент енгізілді.

Мырыш глюконатының есептік мөлшері 100 г өнімге 10,0 мг құрады. Дайын тәжірибелік өнімдегі мырыштың нақты мөлшері 1,92±0,029 мг/100 г, ал бақылау үлгісінде 0,42±0,006 мг/100 г болды.

Ферменттеу аяқталғаннан кейін өнім 4±2 °C-қа дейін салқындатылды. Тәжірибелік үлгіде ақуыз, май және көмірсулар мөлшері тиісінше 2,38±0,02%, 2,60±0,01% және 5,69±0,04% болды, ал бақылау үлгісінде бұл көрсеткіштер 2,43±0,03%, 2,55±0,05% және 5,77±0,03% құрады.

Екі үлгінің бастапқы pH мәні 6,64 ± 0,02 болды. 6 сағаттан кейін pH бақылау үлгісінде 4,55 ± 0,03-ке, тәжірибелік үлгіде 4,43 ± 0,04-ке дейін төмендеді. 8 сағаттан кейін pH мәндері тиісінше 4,36 ± 0,02 және 4,27 ± 0,02 құрады. Негізгі қоректік заттардың мөлшері бойынша айырмашылық 2,1%-дан аспады.

Алынған нәтижелер таңдалған есептік дозада мырыш құрамды компонентті енгізу ферменттеу процесін баяулатпағанын көрсетті. Тәжірибелік үлгідегі ақуыз, май және көмірсулар мөлшері бақылау көрсеткіштеріне жақын деңгейде сақталды.

Түйін сөздер: ферменттелген сүт сусыны, мырыш, байыту, pH кинетикасы, химиялық құрам, ферменттеу.

DEVELOPMENT OF A FERMENTED MILK DRINK WITH ADDED ZINC

A.M. Tayeva, **F.T. Dikhanbayeva**, **E.D. Mukashev**, **M.A. Absalimova**, **Zh.K. Imangalieva**✉

[1] *Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,*
e-mail: i.zhadra@mail.ru

A yogurt-type fermented milk drink with added zinc was developed.

The aim of the study was to evaluate the content of the main nutrients and pH changes during fermentation in the control and fortified samples. Milk was normalized, pasteurized at 85–90 °C for 5–10 min, cooled to 40–42 °C, and then mixed with starter culture and a zinc-containing component.

The calculated dosage of zinc gluconate was 10.0 mg per 100 g of product. The actual zinc content was 1.92±0.029 mg/100 g in the fortified product and 0.42±0.006 mg/100 g in the control.

After fermentation, the product was cooled to 4±2 °C. In the fortified sample, protein, fat, and carbohydrate contents were 2.38±0.02%, 2.60±0.01%, and 5.69±0.04%, respectively, whereas the corresponding values in the control sample were 2.43±0.03%, 2.55±0.05%, and 5.77±0.03%.

The initial pH of both samples was 6.64 ± 0.02. After 6 h, the pH decreased to 4.55 ± 0.03 in the control sample and 4.43 ± 0.04 in the zinc-fortified sample. At 8 h, the corresponding pH values were 4.36 ± 0.02 and 4.27 ± 0.02.

Differences in the main nutrient contents did not exceed 2.1%. The results showed that the addition of the zinc-containing component at the selected calculated dose did not delay fermentation. Protein, fat, and carbohydrate contents in the fortified product remained close to the control values.

Keywords: fermented milk drink, zinc, fortification, pH kinetics, chemical composition, fermentation.

Введение. Ферментированные молочные продукты широко используются в питании и могут служить основой для введения дополнительных минеральных компонентов [1, 2]. При разработке таких продуктов важно учитывать не только количество добавляемого вещества, но и его влияние на свойства молока, процесс ферментации и качество готового продукта. Минеральные компоненты можно вносить на разных этапах производства, однако выбранный способ не должен нарушать формирование сгустка и основные характеристики продукта.

Во время ферментации происходит постепенное снижение pH. По мере повышения кислотности изменяется состояние казеиновых мицелл и формируется кислотный сгусток [3].

На этот процесс влияют содержание белка и сухих веществ, режим тепловой обработки, минеральный состав молока и условия ферментации [4, 5]. Поэтому изменение pH можно использовать для наблюдения за ходом сквашивания и временем формирования сгустка.

При введении минеральных компонентов большое значение имеют их форма и исходный состав молочного сырья. Минеральные вещества могут взаимодействовать с белками и другими составными частями молока, что необходимо учитывать при выборе рецептуры и способа внесения добавки [6, 7].

Для ферментированных продуктов этот вопрос особенно важен, поскольку в процессе сквашивания одновременно изменяются кислотность и состояние белковой части молока.

Одним из минеральных элементов, который используют при разработке обогащённых продуктов, является цинк. Его содержание в готовом продукте связано с исходным сырьём, формой добавляемого компонента и условиями производства [6, 7].

Поэтому при получении ферментированного молочного продукта с цинком важно определить не только количество вносимого компонента, но и этап его внесения.

В ряде исследований при производстве кисломолочных продуктов использовали растительные и минеральные добавки [8, 9].

Авторы оценивали их влияние на состав и показатели качества готового продукта. Также проводи-

лись исследования йогуртов с повышенным содержанием цинка и рассматривалось содержание этого элемента в продуктах животного происхождения [10, 11].

Влияние минеральных компонентов на свойства йогурта изучалось и в других работах. При использовании различных форм кальция, железа и цинка были отмечены различия в синерезисе, консистенции и реологических свойствах продукта [12]. В ферментированных молочных напитках с солями цинка оценивали физико-химические и сенсорные показатели [13]. В других исследованиях рассматривали химический состав, микробиологические показатели, реологические свойства и текстуру йогурта [14, 15].

Приведённые данные показывают, что внесение цинка необходимо рассматривать вместе с теми изменениями, которые происходят в молоке во время ферментации.

При этом важно сравнивать продукт с контрольным образцом, приготовленным по той же технологии, но без добавления цинксодержащего компонента. Такой подход помогает проследить изменение основных показателей при одинаковых условиях производства [16].

В нашей работе контрольный и опытный образцы готовили из одной молочной основы и при одинаковых технологических режимах.

Цинксодержащий компонент вносили только в опытный образец одновременно с закваской при температуре 40–42 °С. Контрольный образец готовили без добавления цинка.

Для сравнения образцов определяли содержание белка, жира и углеводов.

Одновременно контролировали изменение pH в процессе ферментации. pH измеряли до внесения закваски и далее через каждый час в течение 8 ч, что позволило проследить ход кислотообразования в контрольном и опытном вариантах.

Материалы и методы. В качестве цинксодержащего компонента использовали глюконат цинка. Его расчетная дозировка составляла 10,0 мг на 100 г продукта.

Массовую долю цинка в готовых образцах определяли по ГОСТ 30178–96. Результаты выражали в мг/100 г продукта. Массовую долю белка определяли по ГОСТ 25179-2014, массовую долю жира - по ГОСТ 5867–2023. Содержание углеводов определяли перманганатометрическим методом, указанным в лабораторных протоколах. Результаты выражали в процентах от массы продукта.

PH измеряли непосредственно в контрольном и обогащенном образцах при 40-42 °С до внесения закваски и далее через каждый час в течение 8 ч ферментации. Для каждого варианта использовали три независимые производственные партии (n = 3). Различия между контрольным и обогащённым образцами в контрольных точках ферментации оценивали с использованием двустороннего t-критерия Уэлча. Для учёта множественных сравнений применяли поправку Холма. Различия считали статистически значимыми при скорректированном значении $p < 0,05$. Результаты представляли, как среднее значение ± стандартное отклонение. На рисунке 3 стандартные отклонения показаны в виде планок погрешностей. Измерения выполняли с помощью портативного pH-метра PH-200 (HM Digital, Inc., Culver City, CA, USA).

Результаты и обсуждение. В ходе исследования была разработана технологическая схема получения ферментированного молочного напитка с внесением цинксодержащего компонента. Контрольный и опытный варианты изготавливали из одной молочной основы при одинаковых режимах. Различие между ними заключалось во внесении цинксодержащего компонента только в опытный вариант.

Производство начинали с приемки молочного сырья, оценки его качества и фильтрации. Затем молоко нормализовали в соответствии с рецептурой. Нормализованную смесь пастеризовали при 85–90°С в течение 5-10 мин, после чего охлаждали до 40-42 °С. После охлаждения в контрольный вариант вносили закваску, а в опытный-закваску и цинксодержащий компонент. Расчетная дозировка глюконата цинка составляла 10,0 мг на 100 г продукта.

После внесения компонентов смесь перемешивали и направляли на ферментацию. Ферментацию проводили при 40-42 °С до достижения pH 4,5-4,6 и формирования кислотного сгустка. Продолжительность процесса составляла около 6 ч.

В ходе сквашивания контролировали изменение pH, что позволяло оценить характер кислотообразования в контрольном и обогащенном вариантах.

После достижения заданного значения pH продукт охлаждали до 4±2 °С и хранили при этой температуре до проведения исследований. Основные стадии производства представлены на рисунке 1.

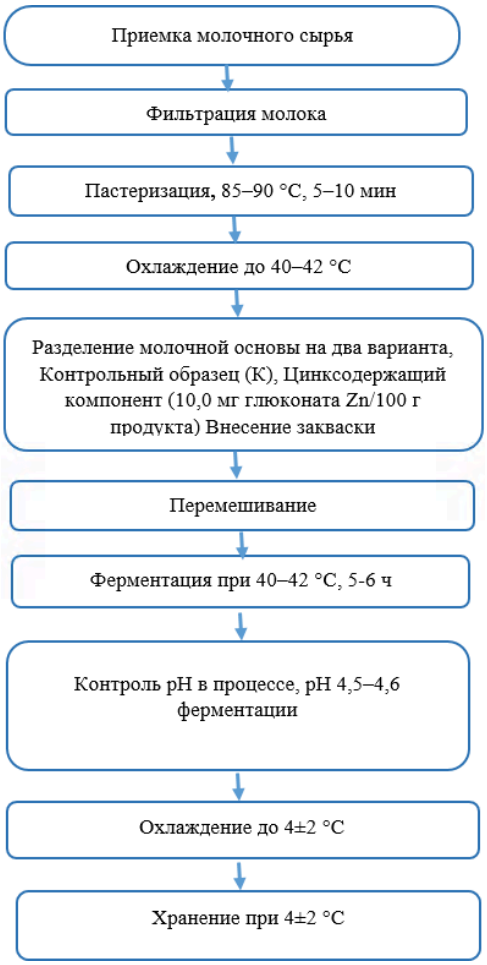


Рис. 1 - Технологическая схема обогащенного ферментированного молочного напитка

Представленная схема включает последовательные стадии подготовки молочного сырья, нормализации, пастеризации, охлаждения, внесения закваски, ферментации и последующего охлаждения готового продукта. В опытном варианте на стадии внесения закваски дополнительно вводили цинксодержащий компонент. Таким образом, основные параметры производства для контрольного и обогащенного вариантов сохранялись одинаковыми, что обеспечивало возможность их последующего сопоставления по исследуемым показателям. Химический состав контрольного и обогащенного цинком ферментированных молочных напитков оценивали по содержанию белка, жира и углеводов. Результаты лабораторных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание основных пищевых веществ и цинка в исследуемых образцах

Показатель	Контрольный образец	Образец с цинком
Массовая доля белка, %	2,43 ± 0,03	2,38 ± 0,02
Массовая доля жира, %	2,55 ± 0,05	2,60 ± 0,01
Массовая доля углеводов, %	5,77 ± 0,03	5,69 ± 0,04
Zn, мг/100 г	0,42±0,006	1,92±0,029

Содержание основных пищевых веществ в двух образцах было близким. В контрольном образце массовая доля белка составляла 2,43 ± 0,03 %, а в образце с цинком - 2,38 ± 0,02 %. По содержанию жира наблюдалось небольшое изменение в обратном направлении.

В контрольном образце его массовая доля составляла 2,55 ± 0,05 %, тогда как в образце с цинком-2,60 ± 0,01 %. Массовая доля углеводов составляла 5,77

± 0,03 % в контрольном образце и 5,69 ± 0,04 % в продукте с цинком.

Содержание цинка в контрольном образце составило 0,42±0,006 мг/100 г, а в образце с глюконатом цинка- 1,92±0,029 мг/100 г.

Таким образом, содержание цинка в опытном образце превышало контрольное значение на 1,50 мг/100 г, или в 4,57 раза. Полученные результаты показывают, что контрольный и опытный образцы имели близкое содержание белка, жира и углеводов. Внесение цинксодержащего компонента в использованной рецептурной дозе не сопровождалось выраженным изменением основных пищевых веществ.

Похожие данные приведены Achanta et al. [17] при исследовании йогуртов, обогащенных различными минеральными компонентами. Авторы показали, что введение минеральных веществ может проводиться без выраженного изменения основных характеристик продукта.

Результаты химического анализа дополнительно представлены на рисунке 2.

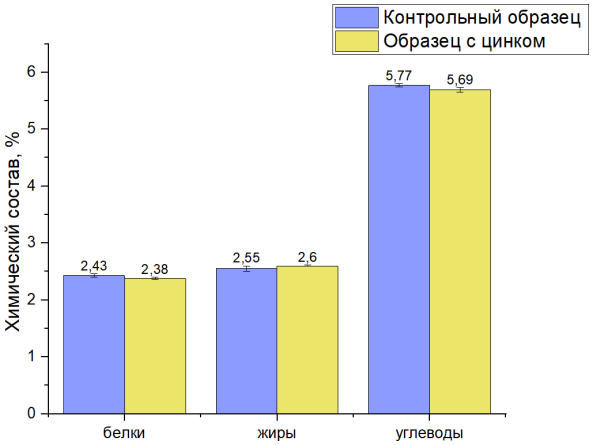


Рис. 2 — Содержание белка, жира и углеводов в контрольном и обогащенном цинком образцах

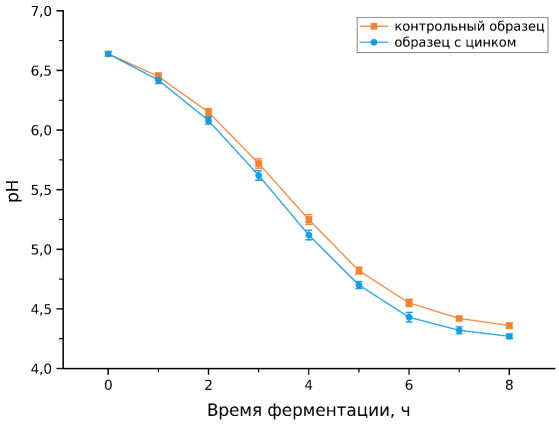


Рис. 3 — Кинетика pH контрольного и обогащенного цинком образцов в течение первых 8 ч ферментации

Изменение pH контролировали в течение первых 8 ч ферментации. Исходное значение для контрольного и опытного образцов было одинаковым и составляло 6,64 ± 0,02. В дальнейшем pH постепенно снижался в обоих вариантах, что соответствовало протеканию молочнокислого процесса и формированию кислотного сгустка.

По мере ферментации различия между образцами становились более заметными. Через 6 ч pH контрольного образца составлял 4,55 ± 0,03, тогда как в образце с цинком он снизился до 4,43 ± 0,04. Таким образом, к этому времени опытный образец уже находился ниже диапазона pH 4,5–4,6, принятого в работе как ориентир завершения ферментации, тогда как контрольный образец находился в пределах этого диапазона.

Через 8 ч значения pH продолжали снижаться и составили 4,36 ± 0,02 для контрольного образца и 4,27 ± 0,02 для образца с цинком. На протяжении наблюдаемого периода снижение pH происходило в обоих образцах, однако в варианте с цинком конечное значение было несколько ниже.

Такая динамика показывает, что внесение цинксодержащего компонента в использованной рецептурной дозе не препятствовало процессу сквашивания.

В начальной точке значения pH контрольного и обогащённого образцов не различались (p = 1,000). Через 6 ч значение pH обогащённого образца было статистически значимо ниже контрольного: 4,43±0,04 против 4,55±0,03 (t = 4,16; скорректированное p = 0,033). Через 8 ч различие также оставалось статистически значимым: 4,27±0,02 против 4,36±0,02 (t = 5,51; скорректированное p = 0,016).

Следовательно, внесение глюконата цинка в выбранной дозировке не замедляло процесс ферментации. Таким образом, внесение цинксодержащего компонента в выбранных условиях не нарушало процесс ферментации. Оба образца достигли значений pH, характерных для формирования ферментированного продукта, а различие между ними проявлялось главным образом в скорости снижения pH.

Выводы. В работе был получен ферментированный молочный напиток типа йогурта с внесением цинксодержащего компонента. Контрольный и

опытный образцы готовили по одинаковой технологии, при этом цинк вносили только в опытный вариант одновременно с закваской.

Расчетная дозировка глюконата цинка составляла 10,0 мг на 100 г продукта. Фактическое содержание цинка в готовом опытном образце составило 1,92±0,029 мг/100 г, тогда как в контрольном образце-0,42±0,006 мг/100 г.

Содержание основных пищевых веществ в обоих образцах было близким. В контрольном образце массовая доля белка, жира и углеводов составляла соответственно 2,43±0,03 %, 2,55±0,05 % и 5,77±0,03 %, а в образце с цинком-2,38±0,02 %, 2,60±0,01 % и 5,69±0,04 %.

Различия между образцами находились в пределах 1,4–2,1 %, что указывает на близкий состав исследуемых продуктов по данным показателям.

В процессе ферментации pH постепенно снижался в обоих образцах. Исходное значение составляло 6,64± 0,02. Через 6 ч pH достиг 4,55 ± 0,03 в контрольном образце и 4,43 ± 0,04 в образце с цинком, а через 8 ч-4,36 ± 0,02 и 4,27 ± 0,02 соответственно.

Образец с цинком достиг диапазона pH 4,5–4,6 раньше контрольного, при этом внесение цинксодержащего компонента не препятствовало формированию ферментированного продукта. Через 6 и 8 ч ферментации значения pH обогащённого образца были статистически значимо ниже контрольных значений (скорректированное $p = 0,033$ и $p = 0,016$).

Следовательно, внесение глюконата цинка в выбранной дозировке не замедляло процесс ферментации.

Таким образом, при выбранной технологии и дозе внесения были получены контрольный и обогащенный цинком ферментированные молочные напитки с близким содержанием белка, жира и углеводов.

В обоих вариантах процесс ферментации проходил с последовательным снижением pH до значений, характерных для готового кисломолочного продукта.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках проекта AP23488862, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (2024–2026 гг.).

Литература

1. Gahruie H.H., Eskandari M.H., Mesbahi G., Hanifpour M.A. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review // Food Science and Human Wellness. - 2015. - Vol. 4(1). - P. 1-8. DOI 10.1016/j.fshw.2015.03.002.
2. Ahmad I., Hao M., Li Y., Zhang J., Ding Y., Lyu F. Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges: A review // Trends in Food Science & Technology. - 2022. - Vol. 129. - P. 558-580. DOI 10.1016/j.tifs.2022.11.003.
3. Lee W.J., Lucey J.A. Formation and physical properties of yogurt // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. - 2010. - Vol. 23(9). - P. 1127-1136. DOI 10.5713/ajas.2010.r.05.
4. Sfakianakis P., Tzia C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture: Development of texture and flavor: A review // Foods. - 2014. - Vol. 3(1). - P. 176-193. DOI 10.3390/foods3010176.
5. Gaucheron F. The minerals of milk // Reproduction Nutrition Development. - 2005. - Vol. 45(4). - P. 473-483. DOI 10.1051/rnd:2005030.
6. Woźniak D., Cichy W., Dobrzyńska M., Przysławski J., Drzymała-Czyż S. Reasonableness of enriching cow's milk with vitamins and minerals // Foods. - 2022. - Vol. 11(8):1079. DOI 10.3390/foods11081079.
7. Hall A.G., King J.C. The molecular basis for zinc bioavailability // International Journal of Molecular Sciences. - 2023. - Vol. 24(7):6561. DOI 10.3390/ijms24076561.
8. Үдербай Е.Д., Сейдахметова З.Ж., Асембаева Э.К., Набиева Ж.С., Байбекова Ә.У. Өсімдік текті ингредиенттердің ашыған сүт өнімдерінің сапасына әсері // Вестник университета им. Шакарима. - 2024. - Т. 1, № 2(14). - Б. 304-312. DOI 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-37.
9. Iztileuov M., Ospanov A., Dikhanbayeva F., Smailova Zh., Zhunussova G. Quality and safety of new types of dairy products based on cow's and mare's milk with vegetable additives // Food Production, Processing and Nutrition. - 2024. - Vol. 6(42). DOI 10.1186/s43014-023-00218-0.
10. Яковлева С. Ю., Тригуб В. В., Николенко М. В., Попов В. Г. Анализ рецептуры и свойств симбиотического йогурта // Ползуновский вестник. - 2022. - № 2. - С. 65-73. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009.

11. Фролова О. А., Тафеева Е. А., Бочаров Е. П. Региональные особенности содержания цинка в почве, продуктах растительного и животного происхождения // Гигиена и санитария. - 2017. - Т. 96(3). - С. 226-229. DOI 10.18821/0016-9900-2017-96-3-226-229.
12. Santillán-Urquiza E., Méndez-Rojas M.A., Vélez-Ruiz J.F. Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc: Effect on the physicochemical and rheological properties // LWT. - 2017. - Vol. 80. - P. 462-469. DOI 10.1016/j.lwt.2017.03.025.
13. Seleet F.L., El-Kholy W.I., Abd-Rabou N.S. Evaluation of milk drinks fermented by probiotic bacteria and fortified with zinc salts // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. - 2011. - Vol. 61(1). - P. 55-60. DOI 10.2478/v10222-011-0005-9.
14. Karmakar P., Ray P.R., Chatterjee P.N., Mahato A., Haldar L. Potential of zinc oxide nanoparticle for dietary fortification in yoghurt: Physicochemical, microbiological, rheological and textural analysis // Asian Journal of Dairy and Food Research. - 2025. - Vol. 44(5). - P. 731-737. DOI 10.18805/ajdfr.DR-1846.
15. Aleman R.S., Cedillos R., Page R., Olson D., Aryana K. Physico-chemical, microbiological, and sensory characteristics of yogurt as affected by various ingredients // Journal of Dairy Science. - 2023. - Vol. 106(6). - P. 3868-3883. DOI 10.3168/jds.2022-22622.
16. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. - 2nd ed. - Geneva: World Health Organization. - 2004. - 341 p. ISBN 9241546123.
17. Achanta K., Aryana K.J., Boeneke C.A. Fat free plain set yogurts fortified with various minerals // LWT-Food Science and Technology. - 2007. - Vol. 40(3). - P. 424-429. DOI 10.1016/j.lwt.2006.01.001.

References

1. Gahruie H.H., Eskandari M.H., Mesbahi G., Hanifpour M.A. Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review // Food Science and Human Wellness. - 2015. - Vol. 4(1). -P. 1-8. DOI 10.1016/j.fshw.2015.03.002.
2. Ahmad I., Hao M., Li Y., Zhang J., Ding Y., Lyu F. Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges: A review // Trends in Food Science & Technology. - 2022. - Vol. 129. - P. 558-580. DOI 10.1016/j.tifs.2022.11.003.
3. Lee W.J., Lucey J.A. Formation and physical properties of yogurt//Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. - 2010. - Vol. 23(9). - P. 1127-1136. - DOI 10.5713/ajas.2010.r.05.
4. Sfakianakis P., Tzia C. Conventional and innovative processing of milk for yogurt manufacture: Development of texture and flavor: A review \// Foods. −2014.- Vol. 3(1). - P. 176-193. DOI 10.3390/foods3010176.
5. Gaucheron F. The minerals of milk // Reproduction Nutrition Development. - 2005. - Vol. 45(4). - P. 473-483. DOI 10.1051/rnd:2005030.
6. Woźniak D., Cichy W., Dobrzyńska M., Przysławski J., Drzymała-Czyż S. Reasonableness of enriching cow's milk with vitamins and minerals//Foods. - 2022. - Vol. 11(8):1079. DOI 10.3390/foods11081079.
7. Hall A.G., King J.C. The molecular basis for zinc bioavailability//International Journal of Molecular Sciences. 2023.-Vol. 24(7):6561. DOI 10.3390/ijms24076561.
8. Yderbaj E.D., Sejdahmetova Z.Zh., Asembaeva Je.K., Nabieva Zh.S., Bajbekova Ə.U. Өsimdik tekti ingredientterdiң ashyғan syt өnimderiniң sapasyna әseri// Vestnik universiteta im. Shakarima-2024.-T.1(2(14)-b.304-312. DOI 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-37. [in Kazakh]
9. Iztileuov M., Ospanov A., Dikhanbayeva F., Smailova Zh., Zhunussova G. Quality and safety of new types of dairy products based on cow's and mare's milk with vegetable additives // Food Production, Processing and Nutrition. −2024. -Vol.6(42). DOI 10.1186/s43014-023-00218-0.
10. Jakovleva S. Ju., Trigub V. V., Nikolenko M. V., Popov V. G. Analiz receptury i svojstv simbioticheskogo jogurta//Polzunovskij vestnik.
2022. -№ 2. -S.65–73. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.02.009. [in Russian]
11. Frolova O. A., Tafeeva E. A., Bocharov E. P. Regional'nye osobennosti soderzhanija cinka v pochve, produktah rastitel'nogo i zhivotnogo proishozhdenija // Gigiena i sanitarija. - 2017. -T. 96(3). S. 226-229. DOI 10.18821/0016-9900-2017-96-3-;226-229. [in Russian]

12. Santillán-Urquiza E., Méndez-Rojas M.A., Vélez-Ruiz J.F. Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc: Effect on the physicochemical and rheological properties // LWT. 2017.-Vol. 80.-P. 462-469. DOI 10.1016/j.lwt.2017.03.025.
13. Seleet F.L., El-Kholy W.I., Abd-Rabou N.S. Evaluation of milk drinks fermented by probiotic bacteria and fortified with zinc salts \// Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. - 2011. -Vol. 61(1). - P. 55- 60. DOI 10.2478/v10222-011-0005-9.
14. Karmakar P., Ray P.R., Chatterjee P.N., Mahato A., Haldar L. Potential of zinc oxide nanoparticle for dietary fortification in yoghurt: Physicochemical, microbiological, rheological and textural analysis // Asian Journal of Dairy and Food Research. - 2025.-Vol. 44(5). -P. 731-737. DOI 10.18805/ajdfr. DR-1846.
15. Aleman R.S., Cedillos R., Page R., Olson D., Aryana K. Physico-chemical, microbiological, and sensory characteristics of yogurt as affected by various ingredients // Journal of Dairy Science. - 2023. • Vol. 106(6). - P. 3868-3883. DOI 10.3168/jds.2022-22622.
16. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. - 2nd ed. - Geneva: World Health Organization, 2004. - 341 p. ISBN ;9241546123.
17. Achanta K., Aryana K.J., Boeneke C.A. Fat free plain set yogurts fortified with various minerals//LWT-Food Science and Technology. 2007.-Vol.40(3). -P.424-429. DOI 10.1016/j.lwt. 2006.01.001.

Сведения об авторах

Таева А.М. - доктор технических наук, профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: aigul_taeva@mail.ru;

Диханбаева Ф.Т. - доктор технических наук, профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: fatima6363@mail.ru;

Мұқашев Е.Д. - магистрант, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: Yerkin.0208@mail.ru;

Абсалимова М.А. - PhD, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: m.absalimova@atu.edu.kz;

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

Information about the authors

Tayeva A.M - Doctor of Technical Sciences, Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigul_taeva@mail.ru;

Dikhanbayeva F.T. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: fatima6363@mail.ru;

Mukashev E. D. - Master's student, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Yerkin.0208@mail.ru;

Absalimova M.A. - PhD, Assistant Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.absalimova@atu.edu.kz;

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