https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-3(23)-55

BY 4.0
Check for updates

МРНТИ: 65.63.33

А.М. Таева, Ф.Т. Диханбаева, Ж.К. Имангалиева, М.К. Изтилеуов, Р. Бақытжанұлы*
Алматинский технологический университет,
050061, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Фурката 348/4
*e-mail: rustem_zhanys@mail.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА, ОБОГАЩЕННОГО ЙОДОМ

Аннотация: *В работе представлена комплексная оценка кисломолочного напитка (йогурта), обогащённого йодом в форме йодказеина, как перспективного функционального продукта для профилактики йододефицитных состояний в Республике Казахстан. Актуальность исследования обусловлена сохраняющейся проблемой дефицита йода в рационе населения, несмотря на обязательное йодирование поваренной соли, а также необходимостью выявления новых пищевых носителей микроэлемента, традиционно употребляемых в стране. Целью стало изучение пищевой ценности и микробиологических показателей обогащённого продукта. В лабораторных условиях в пастеризованное молоко коровье добавляли йод в расчёте 25 мкг на порцию, вносили закваску штаммами Streptococcus thermophilus и Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, проводили сквашивание и созревание. Установлено что оптимальной вносимой дозировкой считается 25 мкг йодказеина на 100г продукта. Анализ проводился по утверждённым методикам государственного стандарта (физико-химические и микробиологические показатели, уровень йода). Полученные данные свидетельствуют о полном соответствии продукта всем требованиям по безопасности. Обогащение не повлияло на технологические характеристики продукта. Разработанный йодированный йогурт является безопасным, стабильным и функционально улучшенным продуктом, способным эффективно использоваться в профилактике йододефицита без потери привычных потребительских качеств. Полученные результаты подтверждают перспективу промышленного применения технологии в пищевой промышленности Казахстана.*

Ключевые слова: *йододефицит, обогащение йодом, кисломолочный напиток, йогурт, микробиологические показатели, пищевая ценность.*

Введение

Йод один из важнейших микроэлементов, участвующих в синтезе гормонов щитовидной железы и обеспечивающих нормальное функционирование нервной системы. Недостаток йода остаётся серьёзной проблемой здравоохранения, особенно угрожающей беременным женщинам и детям. Дефицит йода способен вызывать рост перинатальной смертности, врождённые аномалии развития (включая кретинизм) и необратимое снижение когнитивных способностей [1]. По данным ВОЗ [2], значительная часть мирового населения (до трети школьников) по-прежнему страдает от дефицита йода, несмотря на отсутствие эффективных профилактических мер.

В Казахстане борьба с йододефицитом в основном ведётся за счёт массового йодирования поваренной соли. С 2003 года обязательное обогащение соли йодом закреплено законодательно [3]. Закон «О профилактике йододефицитных заболеваний» предусматривает механизмы контроля за качеством и стимулирует развитие производства продуктов, обогащённых йодом [4]. Однако объём потребления соли без учёта изменений в рационе или ограничений в питании может оказаться недостаточным, что делает актуальным поиск альтернативных пищевых носителей йода.

Следует отметить, что ранее проведённые исследования подтвердили, что традиционный пищевой набор (коровье молоко, овощи) не справляется с обеспечением организма необходимым количеством йода, поэтому внедрение йода в популярные продукты питания представляется логичной и эффективной стратегией [5].

При разработке и оценке йодированных напитков необходимо учитывать ряд специфических аспектов. В первую очередь, добавление йода может оказывать влияние на

©А.М. Таева, Ф.Т. Диханбаева, Ж.К. Имангалиева, М.К. Изтилеуов, Р. Бақытжанұлы, 2026

состав и свойства молочнокислых бактерий, а также на динамику развития дрожжей. Так, в ходе эксперимента с кефиром установлено, что йод замедляет рост лактобацилл: за 12 дней хранения их количество увеличилось лишь в 2,5 раза, в то время как в контрольной группе в 3,2 раза [6]. Зарубежные исследования демонстрируют общую эффективность ферментативного обогащения органическим йодом [7], однако с учётом различий в рационе и используемых сырьевых базах прямой перенос результатов затруднен.

Анализ зарубежного опыта в области обогащения йогуртов растительными компонентами демонстрирует, что оптимально подобранные матрицы способны не только защищать пробиотические штаммы от разрушения при длительном хранении, вместе с тем положительно влияя на текстуру продукта и его антиоксидантные свойства [8]. На основании этих данных можно предположить, что органические формы йода оказывают меньшее ингибирующее действие на молочнокислые бактерии по сравнению с неорганическими формами, что способствует сохранению в готовом продукте высокой пробиотической активности.

Обзор работ по фортификации йогурта указывает на необходимость одновременно оценивать содержание нутриента, его сохранность и показатели качества продукта [9]. Для йода существенное значение имеют форма соединения и условия технологической обработки [10]. Молочные продукты являются важным, но изменчивым пищевым источником йода [11], а при разработке функционального йогурта необходимо контролировать кислотность, структурные показатели и жизнеспособность заквасочной микрофлоры при хранении [12]. Как отмечено в работе, полученные результаты указывают на то, что использование йодказеина способствует повышению стабильности йода при сохранении качественных характеристик кисломолочных продуктов, что подтверждает потенциал его применения в разработке обогащенных йодом функциональных молочных продуктов [13].

В международных научных работах подчеркивается ключевое значение пребиотических веществ, при введении новых нутриентов они поддерживают стабильность микробного состава ферментированных молочных продуктов. В процессе ферментации и последующем хранении продукта определенные олигосахариды способствуют активному размножению Lactobacillus acidophilus и Bifidobacterium animalis ssp. Lactis, что позволяет гарантировать сохранение жизнеспособности полезных микроорганизмов на протяжении всего срока годности [14].

Особое внимание в зарубежных публикациях уделяется влиянию обогащения на физико-химические и органолептические параметры продукта в ходе хранения. Отмечается, что пробиотические ферментированные продукты, обогащённые микронутриентами, могут демонстрировать повышенную микробиологическую устойчивость и улучшенную биодоступность полезных веществ, если добавка не нарушает pH и не вызывает преждевременного окисления липидов или белков [15].

По данным Niero и соавторов, среднее содержание йода в исследованных розничных цельномолочных и нежирных йогуртах составляло соответственно 258,46 и 289,33 мкг/кг [16]. В другом исследовании медианная сохранность йода после производства йогурта достигала 104%, тогда как при производстве сыров 75-84% йода переходило в сыворотку [17]. Следовательно, исходный уровень йода и его сохранность зависят от сырья и технологии конкретного продукта.

Целью исследования является комплексная оценка микробиологических и пищевых характеристик йогурта, обогащённого йодом, включающая определение содержания йода и витаминов, исследование синерезиса и вязкости, оценку микробиологических показателей и пищевой ценности готового продукта. Для реализации поставленной задачи были приготовлены образцы продукта с заданной концентрацией и формой йода, после чего проведено исследование состава и качества. Необходимо определить содержание добавленного йода в готовом продукте, а также проанализировать его устойчивость в процессе хранения, оценить уровень основных микроорганизмов: лактобацилл, бифидобактерий, дрожжей и плесени, и измерить ключевые физико-химические показатели: белки, жиры, углеводы, кислотность и энергетическую ценность. Комплексный анализ позволит определить изменения технологических и питательных свойств напитка при йодировании и обосновать перспективы его использования в профилактических целях.

С учётом актуальности проблемы дефицита йода в Республике Казахстан и на международной арене, создание и изучение йодированного кисломолочного напитка представляется особенно значимым. Обогащение должно не только повысить пищевую ценность продукта, но и сохранить безопасные микробиологические и органолептические характеристики. Полученные результаты позволят сформулировать обоснованные рекомендации по технологии производства функционального ферментированного напитка, обогащённого йодом, которые могут быть использованы в пищевой промышленности Казахстана.

Условия и методы исследования

В ходе исследования обогащение кисломолочного напитка йодом осуществлялось по разработанной технологической схеме (рис. 1). В качестве основного сырья использовалось пастеризованное цельное коровье молоко, соответствующее всем требованиям согласно ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое».

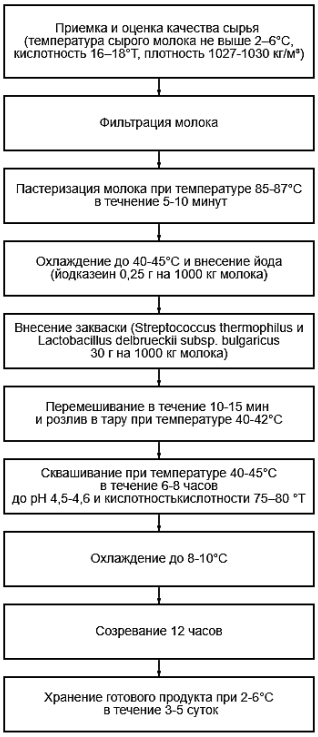


Рисунок 1 – Технологическая схема производства йогурта, обогащенного йодом

Вначале технологического этапа проводили фильтрацию молока с последующей пастеризацией молока при температуре 85-87 °С в течение 5-10 минут. После чего следует охлаждение до 40-45°С и дальнейшее введением йода в форме йодказеина в расчете 25 мкг йода на 100г молока. В состав закваски входили штаммы Streptococcus thermophilus и Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus в расчете 3 мг на 100 г молока, компоненты тщательно перемешивались, проводился розлив с последующим сквашиванием при температуре 40-45°С в течение 6-8 часов. Далее следует охлаждение до 8-10°С и с последующим созреванием продукта в течение 12 часов и хранении при 2-6°С в течение 3-5 суток.

Все технологические этапы проводились в лабораторных условиях с постоянной проверкой соответствия параметров температуры и времени каждого отдельного процесса, что в свою очередь обеспечило стабильность показателей и соответствие установленным требованиям к кисломолочным продуктам.

Следующим этапом работы было определение физико-химических и микробиологических показателей йогурта, обогащенного йодом. Общее содержание белка определялось по ГОСТ 25179-2014 методом Кьельдаля на автоматизированной системе, включающей минерализацию пробы в концентрированной серной кислоте с добавлением катализатора и сульфата калия при 420°С. После чего следовал этап дистилляции аммиака

в борную кислоту и титрование полученного раствора стандартизированным раствором серной кислоты с использованием индикатора метилового красного и метиленового синего до изменения окраски.

Массовая доля жира определялась по ГОСТ 5867-90 ускоренным кислотным методом Гербера. В чистый жиромер отмеряли 10 см³ серной кислоты плотностью 1,81-1,82 г/см³ и вносили навеску йогурта массой 5 г, после чего добавляли 1 см³ изоамилового спирта. Далее смесь тщательно перемешивали и ставили на водяную баню в течение 5 минут при температуре 65±2°С. По истечение времени жиромер центрифугировали 5 минут при 1000-1200 об/мин. Измерение проводили по шкале жиромера предварительно выдержав на водяной бане в течение 5 минут при температуре 65±2°С.

Массовая доля углеводов определялась перманганатометрическим методом. После осаждения белков и последующей фильтрации пробы проводили реакцию с реагентами Фелинга. Образовавшийся осадок оксида меди растворяли в железоаммониевых квасцах и титровали раствором марганцовокислого калия до появления устойчивой розовой окраски.

Содержание йода определялось йодометрическим методом согласно ГОСТ 31505-2012. Выбор йодометрического метода обусловлен его высокой точностью и воспроизводимостью, а также доступностью реактивов. Подготовка проб включала подщелачивание навески, ее высушивание и сухое озоление в муфельной печи при температуре 450±25°С. Образец подвергался щелочной минерализации в муфельной печи при температуре 550-600°С, зола растворялась в воде, после чего подкислялась серной кислотой и обрабатывалась избытком йодказеина для выделения свободного йода. Затем свободный йод оттитровывался стандартизированным раствором тиосульфата натрия 0,005 М в присутствии крахмала до полного исчезновения синей окраски. Данный метод характеризуется пределом обнаружения 0,05 мг/кг (с рабочим диапазоном от 0,10 до 100 мг/кг), пределом повторяемости 8%, воспроизводимости 15% и погрешностью не более 10% (P = 0,95).

Содержание кальция определялось методом ГОСТ Р 55331-2012 основанном на предварительном осаждении белков молока трихлоруксусной кислотой. При последующем выделении кальция из полученного фильтрата при помощи осаждения оксалатом аммония. Заключительный этап титриметрическое определение массовой доли кальция.

Содержание витаминов группы В определялось методом согласно ГОСТ 31483-2012. Для подготовки пробы навеску массой 1 г смешивали с дистиллированной водой и подвергали ультразвуковой экстракции в течение 20 минут при температуре 50°С. Полученный раствор после охлаждения центрифугировали и фильтровали через мембранный фильтр 0,45 мкм. Разделение компонентов осуществляли в кварцевом капилляре с применением боратного буферного раствора при напряжении 20 кВ, фиксируя сигнал при длине волны 200 нм. Идентификацию веществ выполняли на основе сравнения времени их миграции с эталонными значениями, а вычисление концентраций проводили методом внешней калибровки по площади пиков в трехкратной повторности.

Микробиологическая оценка готового обогащенного напитка проводилась для подтверждения его безопасности и соответствия требованиям качества по комплексному определению ключевых показателей с применением утвержденных методик согласно ГОСТ 32901-2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа», что гарантировало высокую точность, воспроизводимость и сопоставимость полученных данных.

Перед проведением анализа образцы подвергались серийному десятикратному разведению в стерильном физиологическом растворе с целью полного высвобождения микроорганизмов из матрицы продукта и уменьшения влияния жировой и белковой составляющих. Далее определялось содержание бактерий группы кишечной палочки (БГКП) согласно ГОСТ 9225-87 по методу посева на жидкие селективные среды Кесслера с последующим контролем образования газа при инкубации при 37±1°С в течение 24-48 часов

Патогенные микроорганизмы, такие как сальмонеллы, определялись по ГОСТ 31659-2012 с применением горизонтального метода с предварительным обогащением в жидкой питательной среде, последующим пересевом на селективно-диагностический агар и идентификацией выросших колоний по результатам биохимических и серологических исследований.

Staphylococcus aureus выявлялся в соответствии с ГОСТ 30347-2016, проба инкубировалась при 37°С в течение 24-48 часов, подсчитывались типичные колонии и подтверждалась коагулазная активность.

Listeria monocytogenes выделялись по ГОСТ 32031-2012 с двухэтапным обогащением в жидких селективных средах, последующим выделением на хромогенных агарах и подтверждением ферментативных характеристик и гемолитических свойств.

Количество плесеней и дрожжей оценивалось по ГОСТ 33566-2015 методом поверхностного посева на агар с хлорамфениколом при температуре 25±1°С в течение 5 суток с подсчётом характерных колоний.

Содержание молочнокислых микроорганизмов, включая штаммы Streptococcus thermophilus и Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, определялось по ГОСТ 33951-2016 путём посева на жидкие питательные среды, подсчёта колониеобразующих единиц и дифференциации по морфологическим, культуральным и биохимическим признакам.

Все исследования проводились в асептических условиях в аккредитованной лаборатории с соблюдением требований СанПиН 2.3.2.1078-01, включая использование средств индивидуальной защиты, регулярную дезинфекцию рабочих поверхностей, стерилизацию инструментов и исключение перекрёстного загрязнения.

Результаты исследования

По результатам проведённых исследований была выполнена комплексная оценка пищевой ценности, минерального состава, витаминного состава, показателей безопасности и микробиологического качества йогурта, обогащённого йодом. Полученные данные представлены на рисунках 2-3 и в таблицах 1-2.

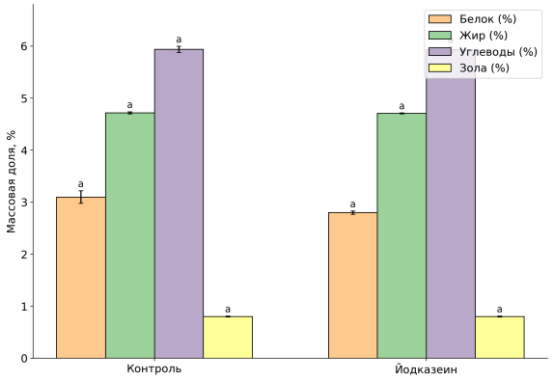


Рисунок 2 – Массовая доля нутриентов в кисломолочном напитке, обогащённом йодом

Физико-химический анализ показал, что опытный образец йогурта характеризовался сбалансированным содержанием основных нутриентов. Массовая доля белка составила 2,80±0,03%, жира – 4,71±0,01%, углеводов – 5,93±0,06%. Полученные значения свидетельствуют о сохранении пищевой ценности продукта после внесения йодсодержащего компонента.

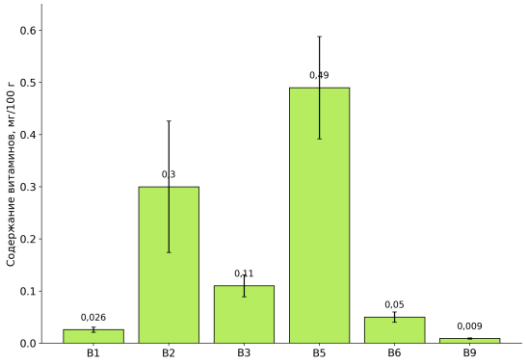


Рисунок 3 – Содержание витаминов группы В в кисломолочном напитке, обогащённом йодом

Анализ витаминного состава показал наличие в продукте витаминов группы В. Наиболее высокое содержание было установлено для витамина В5 – 0,490±0,098 мг/100 г и

витамина B2 – 0,300±0,126 мг/100 г. Содержание витамина B3 составило 0,110±0,021 мг/100 г, витамина B6 – 0,050±0,010 мг/100 г, витамина B1 – 0,026±0,005 мг/100 г, витамина B9 – 0,009±0,001 мг/100 г. Полученные данные подтверждают сохранение витаминной ценности кисломолочного продукта.

Таблица 1 – Показатели пищевой ценности и минерального состава йогурта, обогащённого йодом

Наименование показателей, единицы измерения	Контрольный образец	Фактические результаты
Энергетическая ценность, ккал	75,8	77
Минеральные элементы: – I, мкг/100г – Ca, мг/100г	 7,19±0,40 113,4±1,02	 28,07±0,31 113,95±1,08

Минеральный состав йогурта представлен в таблице 1. Установлено, что содержание йода в готовом продукте составило 28,07±0,31 мкг/100 г, а содержание кальция – 113,95±1,08 мг/100 г. Энергетическая ценность продукта составила 77 ккал/100 г.

Таблица 2 – Результаты определения микробиологических показателей йогурта обогащенного йодом

Наименование показателей, единицы измерения	Норма по НД	Контрольный образец	Фактические результаты
Токсичные элементы: – свинец, мг/л – кадмий, мг/л – мышьяк, мг/л – ртуть, мг/л	 0,02 0,02 0,05 0,005	 Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено	 0,003±0,0001 Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено
Микробиологические показатели: – БГКП (коли-формы), $см^3$ (г), в 0,1г продукта – Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, $см^3$ (г), в 25г продукта – L. Monocytogenes, $см^3$ (г), в 25г продукта	 Не допускается Не допускается Не допускается	 Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено	 Не обнаружено Не обнаружено Не обнаружено
– S. Aureus, $см^3$ (г), в 1г продукта – Плесень, КОЕ/ $см^3$ (г) – Дрожжи, КОЕ/ $см^3$ (г) – Молочнокислые микроорганизмы, не менее КОЕ/ $см^3$ (г)	Не допускается 50 50 $1*10^7$	Не обнаружено 6 5 $11*10^6$	Не обнаружено 7 3 $14*10^6$

Микробиологический анализ показал, что в исследуемом образце не были обнаружены БГКП, патогенные микроорганизмы, включая Salmonella, Listeria monocytogenes и Staphylococcus aureus. Количество плесеней составило 7 КОЕ/г, дрожжей – 3 КОЕ/г, что значительно ниже допустимого уровня. Содержание молочнокислых микроорганизмов составило $1,4×10^7$ КОЕ/г, что соответствует требованиям нормативной документации для кисломолочных продуктов.

Содержание токсичных элементов также находилось в пределах допустимых значений. Количество свинца составило 0,003±0,0001 мг/кг при нормативном значении не более 0,02 мг/кг, тогда как кадмий, мышьяк и ртуть не были обнаружены. Это подтверждает безопасность исследуемого продукта по санитарно-гигиеническим показателям.

Результаты сравнительной оценки контрольного и обогащённого йодказеином образцов при хранении представлены в таблицах 3-4. Основное внимание уделено сохранности йода, динамике кислотности, синерезису, вязкости и жизнеспособности характерной заквасочной микрофлоры.

В образце с йодказеином содержание йода снизилось с 24,9±0,35 мкг/100 г в 1-е сутки до 23,0±0,33 мкг/100 г на 7-е сутки; сохранность составила 92,4%, а потеря – 7,6%. В контроле содержание природного йода уменьшилось с 8,2±0,22 до 7,4±0,19 мкг/100 г. На 7-е сутки pH обогащённого образца составлял 4,24±0,03, а титруемая кислотность – 102,1±1,8°Т; значения оставались близкими к контролю (4,26±0,03 и 100,3±1,9°Т).

Таблица 3 – Содержание йода, pH и титруемая кислотность контрольного и обогащённого йодказеином йогурта при хранении

Сутки	pH К	pH ЙК	°Т К	°Т ЙК	Йод К, мкг/100 г	Йод ЙК, мкг/100 г
1	4,46±0,02	4,45±0,02	78,4±1,4	79,3±1,4	8,2±0,22	24,9±0,35
3	4,39±0,03	4,38±0,03	85,6±1,6	86,8±1,5	7,9±0,20	24,0±0,31
5	4,33±0,02	4,31±0,02	92,7±1,8	94,0±1,7	7,7±0,21	23,5±0,29
7	4,26±0,03	4,24±0,03	100,3±1,9	102,1±1,8	7,4±0,19	23,0±0,33

Таблица 4 – Синерезис, вязкость и количество молочнокислых бактерий в контрольном и обогащённом йодказеином йогурте при хранении

Сутки	Синерезис К, %	Синерезис ЙК, %	Вязкость К, мПа·с	Вязкость ЙК, мПа·с	LAB К, log КОЕ/г	LAB ЙК, log КОЕ/г
1	10,7±0,9	11,6±0,8	1874±51	1906±47	8,23±0,07	8,26±0,06
3	13,9±0,8	14,3±0,9	1762±44	1828±42	8,04±0,06	8,10±0,05
5	15,8±1,1	17,4±1,0	1669±41	1741±38	7,91±0,08	7,99±0,07
7	19,7±1,0	20,4±1,1	1581±35	1667±37	7,70±0,07	7,84±0,06

Синерезис возрастал в обоих вариантах и на 7-е сутки составлял 19,7±1,0% в контроле и 20,4±1,1% в образце с йодказеином. Вязкость снижалась соответственно до 1581±35 и 1667±37 мПа·с. Численность молочнокислых бактерий уменьшилась с 8,23±0,07 до 7,70±0,07 log КОЕ/г в контроле и с 8,26±0,06 до 7,84±0,06 log КОЕ/г в обогащённом образце. Йодказеин не снижал сохранность заквасочной микрофлоры относительно контроля.

Результаты исследования показали, что обогащение йогурта йодом позволяет повысить его функциональную ценность без ухудшения пищевой ценности, витаминного состава и микробиологической безопасности. Полученные данные подтверждают возможность использования разработанного продукта как функционального кисломолочного напитка, предназначенного для дополнительного поступления йода в рацион.

Обсуждение научных результатов

Научная новизна работы заключается в комплексной оценке содержания и сохранности белоксвязанной формы йода в йогурте, а также структурно-механических характеристик, физико-химических показателей продукта и жизнеспособности заквасочной микрофлоры в процессе хранения.

В исследовании Niero и соавторов среднее содержание йода составляло 25,85 мкг/100 г в цельномолочном и 28,93 мкг/100 г в нежирном йогурте [16]. В настоящей работе содержание природного йода в контроле было ниже и уменьшилось с 8,2±0,22 до 7,4±0,19 мкг/100 г, тогда как в образце с йодказеином оно составляло 24,9±0,35 и 23,0±0,33 мкг/100 г. Различия между контрольными значениями могут быть связаны с содержанием йода в исходном молоке, рационом животных, сезоном и условиями производства.

Van der Reijden и соавторы сообщили о медианной сохранности йода 104% непосредственно после производства йогурта [17]. В настоящем исследовании после 7 суток холодильного хранения сохранность составила 92,4%; различие может быть связано с продолжительностью хранения и формой источника йода. В работе Dalevska и соавторов количество лактобацилл в йодированном кефире за 12 суток увеличилось в 2,5 раза против 3,2 раза в контроле [6]. В настоящей работе на 7-е сутки численность молочнокислых бактерий составляла 7,84±0,06 log КОЕ/г в образце с йодказеином и 7,70±0,07 log КОЕ/г в контроле. Снижения относительно контроля не наблюдалось; различие с данными по кефиру может быть связано с белоксвязанной формой йода, дозировкой, составом закваски и режимом хранения.

Физико-химические характеристики экспериментального образца йогурта, обогащённого йодом, включают массовую долю белка 2,80±0,03%, жира 4,71±0,01% и углеводов 5,93±0,06%. При разработке обогащенных йогуртов необходимо учитывать, что каждая добавка нуждается в индивидуальной технологической оценке, так как способна влиять на органолептические, физико-химические и микробиологические свойства продукта [9]. Анализ полученных данных подтверждает, что введение йодсодержащей добавки в виде йодказеина не повлияло на сохранность пищевой ценности продукта, что доказывает совместимость выбранной добавки с молочной матрицей.

В готовом продукте содержание йода составило 28,07±0,31 мкг/100 г, что свидетельствует об успешном применении выбранного метода обогащения. Авторы Wachowska et al. [10] отмечают, что йодирование продуктов питания представляет собой значимое направление в профилактике йододефицитных состояний, особенно когда рацион человека не обеспечивает достаточное поступление этого микроэлемента. Вследствие чего применение кисломолочного напитка в качестве носителя йода можно считать перспективной стратегией для расширения ассортимента функциональных продуктов.

Содержание кальция в опытном образце составило 113,95±1,08 мг/100 г, что является важным показателем пищевой ценности продукта. Witard et al. [11] отмечают, что молочные продукты могут служить значимым источником как белка, так и йода в рационе человека. Это подтверждает целесообразность использования молочной основы для создания функциональных продуктов, направленных на дополнительное поступление эссенциальных нутриентов.

Микробиологические исследования показали, что внесение йода в используемой дозировке не нарушило стабильность заквасочной микрофлоры и не сопровождалось развитием патогенных или условно-патогенных микроорганизмов. В опытном образце концентрация молочнокислых микроорганизмов составила $1,4\times10^7$ КОЕ/г, что превышает минимально допустимый уровень $1,0\times10^7$ КОЕ/г. Сходные выводы о необходимости контроля жизнеспособности заквасочных культур при разработке функциональных йогуртов представлены в исследовании Sadighbathi et al. [12], где показано, что дополнительные функциональные компоненты могут влиять на качество йогурта и активность заквасочной микрофлоры в процессе хранения.

Уровень плесеней составил 7 КОЕ/г, дрожжей – 3 КОЕ/г, что значительно ниже установленного предельного значения 50 КОЕ/г. Отсутствие БГКП, Salmonella, Listeria monocytogenes и Staphylococcus aureus подтверждает соответствие продукта требованиям микробиологической безопасности. Внесение йода не ухудшило санитарно-гигиенические показатели в готовом продукте, что было определено за счет достаточного уровня молочнокислых бактерий и малого количества плесневых грибов и дрожжей.

Результаты исследования подтверждают, что обогащение йогурта йодом в виде йодказеина повышает его функциональную ценность, не ухудшая физико-химические и микробиологические свойства. Полученные данные соответствуют современным подходам к созданию функциональных йогуртов, согласно которым эффективность обогащения оценивается не только по содержанию вносимого нутриента, но и по сохранности пищевой ценности, безопасности и стабильности заквасочной микрофлоры [9-12].

Заключение

В рамках проведенного исследования была проведена комплексная оценка показателей пищевой ценности, качества и безопасности приготовленного обогащенного йодом йогурта. Результаты проведенного исследования показывают, что обогащение йодказеином усиливает функциональную направленность продукта, полностью соответствует техническим регламентам безопасности и стабильности микрофлоры и сохранности нутриентов, при этом не снижается пищевая ценность продукта.

Практическая значимость результатов исследования сводится к разработке доступного и безопасного функционального продукта, который послужит естественным источником йода для регионов с его дефицитом. После 7 суток хранения продукт содержал 23,0±0,33 мкг йода/100 г, а показатели качества оставались близкими к контролю. Дальнейшие исследования должны включать более длительное хранение, оценку биодоступности йода, потребительское тестирование и промышленную апробацию.

В образце с йодказеином содержание йода составляло 24,9±0,35 мкг/100 г в 1-е сутки и 23,0±0,33 мкг/100 г на 7-е сутки; сохранность йода составила 92,4%. Значения pH, титруемой кислотности, синерезиса и вязкости были близкими к контрольным, а численность молочнокислых бактерий на 7-е сутки была не ниже контрольного значения.

Согласно рекомендациям совместной экспертной консультации ФАО/ВОЗ, суточная потребность в йоде для подростков и взрослых составляет 150 мкг [18]. При содержании 23,0 мкг/100 г на 7-е сутки порция продукта массой 150–200 г обеспечивает 34,5-46,0 (42-56) мкг йода, или приблизительно 23-31 (30-40) % суточной потребности без необходимости

коррекции рациона или добавления биологически активных добавок. Расчёт основан на фактической концентрации йода и не является прямой оценкой его биодоступности. Продукт рекомендуется широкому кругу потребителей, включая детей, беременных и пожилых людей за счет его функциональности и высокой микробиологической безопасности.

Исследование выполнено в рамках научного проекта ИРН AP23488862 «Разработка комплекса интенсифицирующих способов глубокой переработки мясомолочного сырья с низкими технологическими показателями и получение на их основе фортифицированных продуктов».

Список литературы

1. Beisbekova A.K. Medico-social effectiveness of biological monitoring of iodine deficiency status (IDS) among women of reproductive age in Kazakhstan / A.K. Beisbekova, F.E. Ospanova, Z.T. Tolysbayeva // Ann. Agric. Environ. Med. – 2019. – Vol. 26, № 1. – P. 73-77. [Ehlektronnyi resurs]. https://www.aaem.pl/Medico-social-effectiveness-of-biological-monitoring-of-iodine-deficiency-status,90718,0,2.html (data obrashcheniya: 11.04.2026).
2. World Health Organization. Iodine deficiency (Nutrition Landscape Information System (NLiS) data) [Ehlektronnyi resurs]. https://www.who.int/data/nutrition/nlis/info/iodine-deficiency (data obrashcheniya: 11.04.2026).
3. Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN), Kazakh Academy of Nutrition. Fortification Assessment Coverage Toolkit survey in Kazakhstan, 2016-2018. – 53 p. [Ehlektronnyi resurs]. https://www.gainhealth.org/resources/reports-and-publications/fortification-assessment-coverage-toolkit-fact-survey-kazakhstan (data obrashcheniya: 11.04.2026).
4. Zakon Respubliki Kazakhstan «O profilaktike iododefitsitnykh zabolevanii» ot 14 oktyabrya 2003 g. № 489-II. – Astana, 2003 [Ehlektronnyi resurs]. https://faolex.fao.org/docs/pdf/kaz52541.pdf (data obrashcheniya: 11.04.2026). (in Russian).
5. Bolger O.I. Obogashchenie kislomolochnykh produktov iodom v tselyakh profilaktiki i lecheniya iododefitsita / O.I. Bolger, G.E. Sarieva, F.B. Sariev // Mekhanika i tekhnologii. – 2024. – № 2(84). – S. 38-43 [Ehlektronnyi resurs]. https://journals.dulaty.kz/en/zh-n-mer/44-mekh-ni-zhane-tekhn-l-giyal-r/mekh-ni-zhane-tekhn-l-giyal-r-2024-2/440-obogashchenie-kislomolochnykh-produktov-jodom-v-tselyakh-profilaktiki-i-lecheniya-jododefitsita (data obrashcheniya: 11.04.2026). (in Russian).
6. Dalevska D. Changes in organoleptic, microbiological and biochemical properties of kefir with iodine addition during storage / D. Dalevska, O. Pokotylo, M.D. Kukhtyn // Potravinarstvo Slovak J. Food Sci. – 2021. – Vol. 15. – P. 732-740 [Ehlektronnyi resurs]. https://www.researchgate.net/publication/354179671_Changes_in_organoleptic_microbiological_and_biochemical_properties_of_kefir_with_iodine_addition_during_the_storage (data obrashcheniya: 11.04.2026).
7. Obogashchenie kislomolochnykh produktov iodorganicheskim probiotikom «Iodobfifivit» / E.Yu. Sergeeva i dr. // Biologiya v sel'skom khozyaistve. – 2025. – № 1(46) [Ehlektronnyi resurs]. https://cyberleninka.ru/article/n/obogaschenie-kislomolochnyh-produktov-yodorganicheskim-probiotikom-yodobifivit (data obrashcheniya: 11.04.2026). (in Russian).
8. Zhang T., Geng Sh., Cheng T. From the past to the future: Fermented milks and their health effects against human diseases. – 2023 [Ehlektronnyi resurs]. – URL: https://iadns.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fft2.304 (data obrashcheniya: 11.04.2026).
9. 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 / I. Ahmad et al // Trends in Food Science & Technology. – 2022. – P. 558-580 [Ehlektronnyi resurs]. https://www.researchgate.net/publication/365248839_Fortification_of_yogurt_with_bioactive_functional_foods_and_ingredients_and_associated_challenges_-_A_review (data obrashcheniya: 11.04.2026).
10. Wachowska M. Importance of iodine fortification in food production: human health and technology / M. Wachowska, M. Adamczak // Journal of Elementology. – 2023. – Vol. 28, № 1. – P. 199-222. [Ehlektronnyi resurs]. https://www.researchgate.net/publication/368881052_Importance_of_iodine_fortification_in_food_production_human_health_and_technology (data obrashcheniya: 11.04.2026).

11. Dairy as a source of iodine and protein in the UK / O.C. Witard et al // Nutrients. – 2022 [Ehlektronnyi resurs]. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8866650/ (data obrashcheniya: 11.04.2026).
12. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotics derived from yoghurt starter cultures / S. Sadighbathi et al // Frontiers in Microbiology. – 2023 [Ehlektronnyi resurs]. – https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1276268/full (data obrashcheniya: 11.04.2026).
13. Iodine Fortification of a Fermented Dairy Product: Development and Quality Assessment / A. Tayeva et al // Foods. – 2026. – Vol. 15, № 12. – Art. 2096. https://doi.org/10.3390/foods15122096.
14. Keyvan E., Adesemoye E., Champomier-Vergès M.-C. Vitamins formed by microorganisms in fermented foods: effects on human vitamin status — a systematic narrative review // Front. Nutr. – 2025 [Ehlektronnyi resurs]. – URL: https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2025.1653666/full (data obrashcheniya: 11.04.2026).
15. Nicol K., Thomas E.L., Nugent A.P. Iodine fortification of plant-based dairy and fish alternatives: the effect of substitution on iodine intake based on a market survey in the UK // British Journal of Nutrition. – 2023 [Ehlektronnyi resurs]. – URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9975780/ (data obrashcheniya: 11.04.2026).
16. Niero G., Pozza M., Marchi M.D. Iodine concentration in milk, ricotta cheese and yogurt and their contribution to dietary iodine intake // Dairy. – 2025. – Vol. 6, № 1. – P. 55-66 [Ehlektronnyi resurs]. https://www.researchgate.net/publication/399262540_Iodine_Concentration_in_Milk_Ricotta_Cheese_and_Yogurt_and_Their_Contribution_to_Dietary_Iodine_Intake (data obrashcheniya: 11.04.2026).
17. van der Reijden O.L., Galetti V., Zeder C., Krzystek A. Iodine bioavailability from cow milk: a randomized, crossover balance study in adults // The American Journal of Clinical Nutrition. – 2019. – Vol. 110, № 3. – P. 652-661 [Ehlektronnyi resurs]. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31788697/ (data obrashcheniya: 11.04.2026).
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization. Human Vitamin and Mineral Requirements: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. – Rome: FAO, 2002. – Chapter 12: Iodine. – URL: https://www.fao.org/4/y2809e/y2809e0i.htm (data obrashcheniya: 11.04.2026).

А.М. Таева, Ф.Т. Диханбаева, Ж.К. Имангалиева, М.К. Изтилеуов, Р. Бақытжанұлы*
Алматы технологиялық университеті,
050061, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, Фурката көшесі, 348/4
*e-mail: rustem_zhanys@mail.ru

ЙОДПЕН БАЙЫТЫЛҒАН АШЫТЫЛҒАН СҮТ СУСЫНЫҢ САПАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН БАҒАЛАУ

Бұл мақала Қазақстанда йод тапшылығынан болатын бұзылыстарды алдын алуға арналған перспективалы функционалдық өнім ретінде йодказеин түрінде йодпен байытылған ашытылған сүт сусынының (йогурттың) жан-жақты бағалауын ұсынады. Зерттеудің өзектілігі – тұзды міндетті йодтауға қарамастан, халықтың тағамында йод тапшылығының тұрақты мәселесі және елде дәстүрлі тұтынылатын осы микроэлементтің жаңа тағам көздерін анықтау қажеттілігі. Зерттеудің мақсаты – йодпен байытылған өнімнің қоректік құндылығы мен микробиологиялық көрсеткіштерін зерттеу. Зертханалық жағдайда пастеризацияланған сиыр сүтіне порциясына 25 мкг мөлшерінде йод қосылып, Streptococcus thermophilus және Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus штаммдарымен егіліп, ферментация мен пісіру процесінен өткізілді. Өнімнің 100 г-ына 25 мкг йодокэзин қосу – ең тиімді доза екені анықталды. Талдау бекітілген ұлттық стандартта әдістеріне (физико-химиялық және микробиологиялық параметрлер, йод мөлшері) сәйкес жүргізілді. Алынған мәліметтер өнімнің барлық қауіпсіздік талаптарына толық сәйкес келетінін көрсетеді. Йод қосу өнімнің технологиялық сипаттамаларына әсер етпеді. Әзірленген йодталған йогурт – тұтынушыларға таныс қасиеттерін жоғалтпай, йод тапшылығын алдын алуда тиімді қолдануға болатын қауіпсіз, тұрақты және функционалдық тұрғыдан жетілдірілген өнім. Алынған нәтижелер технологияны Қазақстанның тамақ өнеркәсібінде өнеркәсіптік қолдану әлеуетін растайды.

Түйін сөздер: *йод тапшылығы, йодпен байыту, ашытылған сүт сусыны, йогурт, микробиологиялық параметрлер, қоректік құндылық.*

A.M. Taeva, F.T. Dikhanbayeva, Zh.K. Imangaliyeva, M.K. Iztileuov, R. Bakytzhanuly*
Almaty Technological University,
050061, Republic of Kazakhstan, Almaty, 348/4 Furkata St.
*e-mail: rustem_zhanys@mail.ru

EVALUATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF AN IODINE-ENRICHED FERMENTED MILK DRINK

This study presents a comprehensive evaluation of a fermented milk drink (yogurt) fortified with iodine in the form of iodocasein as a promising functional product for the prevention of iodine deficiency disorders in the Republic of Kazakhstan. The relevance of the study stems from the persistent problem of iodine deficiency in the population's diet, despite mandatory iodization of table salt, as well as the need to identify new food sources of this trace element that are traditionally consumed in the country. The objective was to study the nutritional value and microbiological parameters of the fortified product. Under laboratory conditions, iodine was added to pasteurized cow's milk at a rate of 25 μg per serving, inoculated with strains of Streptococcus thermophilus and Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, and subjected to fermentation and ripening. It has been established that the optimal dosage is 25 μg of iodocasein per 100 g of product. Analysis was performed according to approved state standard methods (physicochemical and microbiological parameters, iodine content). The data obtained indicate that the product fully complies with all safety requirements. Fortification did not affect the product's technological characteristics. The developed iodized yogurt is a safe, stable, and functionally improved product capable of being effectively used in the prevention of iodine deficiency without losing its customary consumer qualities. The results obtained confirm the prospects for the industrial application of this technology in the food industry of Kazakhstan.

Key words: *iodine deficiency, iodine fortification, fermented milk drink, yogurt, microbiological parameters, nutritional value.*

Сведения об авторах

Айгуль Маратовна Таева – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: aigul_taeva@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6663-4282.

Фатима Токтаровна Диханбаева – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: fatima6363@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4257-3774.

Жадыра Кенжегазыевна Имангалиева – PhD, и.о. ассоцированного профессора кафедры «Технология продуктов питания», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: i.zhadra@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3419-7852.

Максат Карсыбекович Изтилеуов – PhD кафедры «Безопасность и качество пищевых продуктов»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: m.iztileuov@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4843-4030.

Рустем Бақытжанұлы* – Магистрант кафедры «Технология продуктов питания»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: rustem_zhanys@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-9679-0258.

Авторлар туралы мәліметтер

Айгуль Маратовна Таева – техникалық ғылымдар докторы, профессор, «Тамақ өнімдері технологиясы» кафедрасы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы; e-mail: aigul_taeva@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6663-4282.

Фатима Токтаровна Диханбаева – техникалық ғылымдар докторы, профессор, «Тамақ өнімдері технологиясы» кафедрасы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы; e-mail: fatima6363@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4257-3774.

Жадыра Кенжегазыевна Имангалиева – PhD, қауымдастырылған профессор м.а., «Тамақ өнімдері технологиясы» кафедрасы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы; e-mail: i.zhadra@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3419-7852.

Максат Карсыбекович Изтилеуов – PhD, «Тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі және сапасы» кафедрасы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы; e-mail: m.iztileuov@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4843-4030.

Рустем Бақытжанұлы* – магистрант, «Тамақ өнімдерін технологиясы» кафедрасы; Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы; e-mail: rustem_zhanys@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-9679-0258.

Information about the authors

Aigul Maratovna Taeva – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Food Technology», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: aigul_taeva@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6663-4282.

Fatima Toktarovna Dikhanbayeva – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Food Technology», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: fatima6363@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4257-3774.

Zhadyra Kenzhegazyevna Imangaliyeva – PhD, Acting Associate Professor, Department of «Food Technology», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: i.zhadra@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3419-7852.

Maksat Karsybekovich Iztileuov – PhD, Department of «Food Safety and Quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: m.iztileuov@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4843-4030.

Rustem Bakytzhanuly* – Master's student, Department of «Food Technology», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: rustem_zhanys@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-9679-0258.

Поступила в редакцию 01.06.2026
Поступила после доработки 01.09.2026
Принята к публикации 04.09.2026

https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-3(23)-56

IRSTI: 65.53.29

A.A. Kaisarova*, A.U. Shingisov, E.U. Mailybayeva, M.B. Kenzhekhanova
M. Auezov South Kazakhstan University,
160000, Shymkent, Republic of Kazakhstan,Tauke Khan avenue, 5
*e-mail: kaisarova-92@mail.ru

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND FUNCTIONAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF *SALICORNIA EUROPAEA* PLANT POWDER

Annotation: *The aim of this study was to investigate the physicochemical, mineral, and functional-technological properties of powder obtained from the plant Salicornia europaea collected near the village of Kumkent, Suzak district, Turkestan region, and to scientifically substantiate the possibility of its use as a natural salt substitute in food products. The results showed that the moisture content of the plant raw material was 2.61%, while the total ash content was 15.17%. Mineral composition analysis revealed the predominance of sodium (Na) (32.89%) and chlorine (Cl) (33.51%), together with Mg, Si, K and Ca elements. The powder contained 2.41% total phenolic compounds and 1.37% flavonoids. Sieve analysis showed that the main fraction ranged from 0.25 to 0.5 mm, while SEM analysis revealed a porous microstructure of the particles. The swelling coefficient was 3.2, indicating high water-binding capacity. Safety assessment confirmed that the levels of toxic elements, pesticide residues and microbiological indicators complied with regulatory requirements. Unlike our previous study, which focused on the application of Salicornia europaea as a partial salt substitute in meat chips, the present work provides a comprehensive characterization of the powder itself. In addition to confirming its mineral composition, this study presents new data on moisture and ash content, biologically active compounds, particle-size distribution, microstructure, swelling capacity and safety indicators. These findings expand the current knowledge of the functional-technological properties of Salicornia europaea powder and substantiate its potential use as a natural salt substitute and functional food ingredient. The obtained results demonstrate that Salicornia europaea powder is a promising natural salt substitute and functional ingredient for use in the food industry.*

Key words: *Salicornia europaea, plant powder, salt substitute, mineral composition, phenolic compounds, flavonoids, microstructure, functional properties.*

Introduction

Nowadays, the problem of proper nutrition of the population and improving the quality of food products is one of the most important scientific directions in the food industry. In recent years, special

©A.A. Kaisarova, A.U. Shingisov, E.U. Mailybayeva, M.B. Kenzhekhanova, 2026