

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темирбекович Рзаев – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Information about the authors

Gaukhar Dyusengalieva Akshorayeva – doctoral student of the Department «Technology of Food and Processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Mukhtarbek Mukanovich Kakimov – Candidate of Technical Sciences, professor, Head of the Department «Technology of Food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the department «Technologies of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Bauyrzhan Myrzabekovich Iskakov – PhD, lecturer of the Department «Technology of food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Bakhtiyar Temirbekovich Rzaev – doctoral student of the Department «Technology of food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Поступила в редакцию 30.01.2025
Принята к публикации 07.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-18](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-18)

MPHTI:65.63.03



**Е.С.Жарыкбасов*, С.С. Толеубекова, М.М. Джумажанова,
Г.М. Байбалинова, А.Т. Қабденова**
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: erlan-0975@mail.ru

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛОКЕ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФЕРМЕНТАМИ

Аннотация: В статье обоснована актуальность применения направленного на изучение содержания тяжёлых металлов в молоке и их взаимодействие с ферментами. Необходимо отметить, что в настоящее время проводятся исследования, направленные на изучение взаимодействия ферментов с тяжёлыми металлами в объектах окружающей среды, в живом организме. Известно, что отдельные тяжелые металлы как ингибируют активность отдельных ферментов, так и стимулируют их активность. Так, например, проведены исследования доказывающие, что кадмий стимулирует активность пероксидазы, но ингибирует активность каталазы вне зависимости от концентрации данного элемента в почве. Основной целью исследования было исследование взаимодействия солей тяжелых металлов с окислительно-восстановительными группами фермента молока. При исследовании взаимодействия солей свинца, кадмия, мышьяка и ртути с каталазой и пероксидазой установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк. Установлено восстановление активности пероксидазы молока после внесения овсяной крупы и дополнительной фильтрации по качественной реакции. При содержании свинца в образце молока 0,06 мг/л активность каталазы составило 4,98 Е, после

филътрации ее активностъ повысилась до 8,3 Е. При содержании кадмия в молоке 0,20 мг/л активностъ каталазы до филътрации составило 3,32 Е, после филътрации повысилось до 5,81 Е. При содержании ртути в молоке 0,011 мг/л активностъ каталазы до филътрации составило 2,49 Е, после филътрации повысилось до 4,15 Е. При содержании в молоке мышьяка 0,11 мг/л активностъ каталазы составило 6,64 Е, после филътрации повысилось до 8,3 Е. В настоящее время проводятся исследования, направленные на изучение взаимодействия ферментов с тяжёлыми металлами в объектах окружающей среды, в живом организме, однако вопрос исследования по взаимодействию тяжёлых металлов с ферментами молока практически не изучен.

Ключевые слова: молоко, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, ферменты.

Введение

Молоко и молочные продукты относятся к продуктам повседневного спроса и исследованиям влияния техногенных факторов на качество молочного сырья, и в конечном итоге, на показатели безопасности молочных продуктов уделяется большое внимание.

Превышение содержания тяжёлых металлов в составе молока приводит к нарушению технологического процесса при производстве молочных продуктов, по-видимому, связано с взаимодействием отдельных металлов с ферментами молока. Нарушение технологического процесса производства молочных продуктов приводит к понижению показателей качества, пищевой и биологической ценности готового продукта. При этом, как отмечают исследователи, антиоксидантная система молока важна для определения нативности и биологической ценности исходного сырья, и определяет направленность переработки молока. К антиоксидантной системе молока относится также окислительно-восстановительная группа ферментов [2].

Металлы являются элементами, необходимые для полноценной жизнедеятельности и нормального функционирования организма в допустимых количествах в продуктах питания. Но в то же время избыточное содержание тяжёлых металлов наносит вред на организм человека, вызывая ряд заболеваний. Они могут попасть в продукты питания различными способами: через воздух, почву, воду, или же вследствие нарушений правил технологической обработки пищевых продуктов и сырья. Поэтому необходимо иметь представление о содержании предельно допустимого содержания тяжёлых металлов и их последствий, на целостную живую систему [3, 9].

Основные пути загрязнения тяжёлыми металлами пищевых продуктов, это, прежде всего, те регионы, где функционируют горнодобывающие и перерабатывающие промышленности, выхлопные газы автомобилей также загрязняют объекты окружающей среды токсичными элементами. Вместе с тем загрязнения пищевых продуктов тяжёлыми металлами также может наблюдаться при нарушении условий хранения продуктов питания и при применении некачественной упаковки [4, 8].

В последние годы многие исследования направлены на определение источников поступления токсичных элементов в молоко из объектов окружающей среды. Как известно молоко является «биоиндикатором» состояния окружающей среды. В основном в молоке содержание солей тяжёлых металлов превышает предельно допустимую концентрацию в городах, где функционируют горнодобывающие и перерабатывающие промышленности [11].

Казахстанскими учеными также отмечается высокое содержание таких элементов, как свинец, кадмий и цинк в молоке, полученном на территории бывшего Семипалатинского региона, вместе с тем на повышенное содержание токсичных элементов в продукции животноводства влияет функционирование горнодобывающих и обрабатывающих предприятий в Восточно-Казахстанской области [5].

Таким образом, необходимо отметить, что к токсичным элементам, которые понижают качества и пищевую ценность пищевых продуктов животного и растительного происхождения относятся радионуклиды, пестициды, микотоксины, но вместе с тем проблема загрязнения продукции животноводства солями тяжёлых металлов остаётся проблемой и до сегодняшнего дня [6, 10].

На основании выше изложенного в работе поставлена цель- исследование взаимодействия солей тяжёлых металлов с окислительно-восстановительными группами фермента молока.

Методы исследования

1) Определение свинца, кадмия, ртути и мышьяка

Определение свинца, кадмия, ртути и мышьяка были проведены на спектрометре по ГОСТ 26927-2019 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути и мышьяка», по ГОСТ 26932-2017 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца», по ГОСТ 26933-2017 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия».

Метод основан на минерализации проб в закрытом объеме аналитического автоклава при повышенной температуре и давлении.

2) Определение активности каталазы

Для проведения анализа были использованы две конические колбы. В первую колбу при температуре 20°C внесли сырое молоко в количестве 2 см³, во вторую колбу – пастеризованное молоко в количестве 2 см³ в качестве контрольного образца. В две колбы добавили дистиллированную воду в количестве 98 см³ при температуре 20°C, тщательно перемешали, в дальнейшем в две колбы добавили 0,3 % раствор перекиси водорода по 25 см³. Тщательно перемешивали, закрыли пробкой и поместили в термостат при температуре 25°C и записали время. Затем по истечении 30 минут добавили 10% раствор серной кислоты в количестве 5 см³, затем титровали до розового окрашивания раствором перманганата калия.

Активность каталазы рассчитывали по формуле:

$$AE = (V_k - V_o) \times 0,83 \quad (1)$$

V_k – объем раствора перманганата калия, потраченное на титрование пастеризованного молока;

V_o – объем раствора перманганата калия, потраченное на титрование сырого молока;
0,83 – масса 1 мкМ пероксида водорода.

3) Определение активности пероксидазы

В пробирку наливали 5 см³ молока, затем добавили 5 капель раствора йодкалийевого крахмал, а также 5 капель раствора перекиси водорода. После каждого добавления реактива содержимое пробирки перемешивали. По истечении 2 минут проводили анализ изменения окраски в пробирке.

Если содержимое пробирки окрасилось в сине-фиолетовый цвет, это означает пероксидаза активно, в том случае, если окраска содержимого пробирки не изменилось, то значит, активность пероксидазы изменилась.

В данной работе активность каталазы была определена расчетным методом, активность пероксидазы методом изменения окраски было достаточно. Так как, фермент пероксидаза применяется в промышленности для определения эффективности пастеризации молока.

Результаты исследования

На основе проведенных экспериментальных исследований были выбраны два фермента молока – каталаза и пероксидаза. Эти ферменты относятся к оксидоредуктазам, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции. Вместе с тем каталаза применяется в молочной промышленности для определения маститного молока. Пероксидаза же для определения эффективности пастеризации при температуре выше 80°C.

Выбор для исследования данных ферментов можно объяснить тем, что данные ферменты, как относящиеся к группе оксидоредуктаз, определяет наряду с другими веществами молока окислительно-восстановительный потенциал молока. От понижения или повышения окислительно-восстановительного потенциала зависят все биохимические процессы (сбраживание, образование ароматических веществ и др.), которые протекают в молоке в процессе технологической обработки молока.

На первом этапе была определена изменение активности каталазы в молоке при разном содержании в них солей тяжелых металлов.

Результаты расчета активности каталазы при повышенном содержании свинца и кадмия представлены на рисунке 1 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии со свинцом и кадмием».

Как видно из рисунка 1 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии со свинцом и кадмием» увеличение содержания свинца в молоке активность каталазы понижается. Вместе с тем, величина стандартной единицы активности фермента каталаза, как показывают расчеты по результатам исследования воздействия свинца на каталазу

молока, находится в пределах от 4 до 16 Е, соответствующая величине активности каталазы в свежем молоке, а увеличение содержания кадмия в молоке активность каталазы также понижается, но кадмий в отличие от свинца в большей степени оказывает ингибирующее действие на активность каталазы, чем свинец.

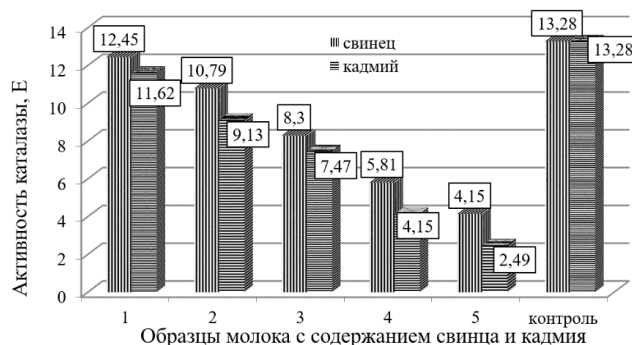


Рисунок 1 – Изменение активности каталазы молока во взаимодействии со свинцом и кадмием

Примечание: 1 образец – 0,036 мг/кг свинца и 0,12 мг/л кадмия; 2 образец – 0,042 мг/кг свинца и 0,14 мг кадмия; 3 образец – 0,048 мг/кг свинца и 0,16 мг/кг кадмия; 4 образец – 0,054 мг/кг свинца и 0,18 мг/кг кадмия; 5 образец – 0,06 мг/кг свинца и 0,20 мг/кг кадмия

Результаты расчета активности каталазы при повышенном содержании ртути и мышьяка представлены на рисунке 2 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии с ртутью и мышьяком».

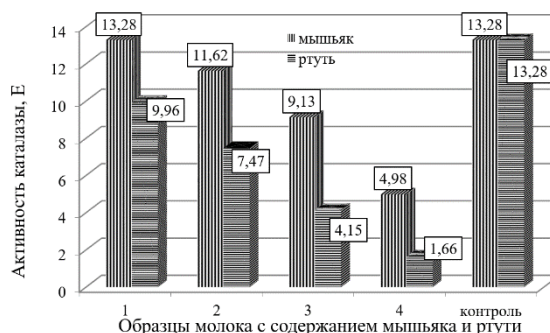


Рисунок 2 – Изменение активности каталазы молока во взаимодействии с ртутью и мышьяком

Примечание: 1 образец – 0,065 мг/кг мышьяка и 0,0065 мг/кг ртути; 2 образец – 0,08 мг/л мышьяка и 0,008 мг/л ртути; 3 образец – 0,095 мг/л мышьяка и 0,0095 мг/л ртути; 4 образец – 0,11 мг/л мышьяка и 0,011 мг/л ртути

Как видно из рисунка 2 «Изменение активности каталазы молока во взаимодействии с ртутью и мышьяком» ртуть оказывает значительное влияние на понижение активности фермента каталаза. Так, при содержании в молоке 0,0065 мг/л ртути активность фермента каталазы уменьшается до 9,96 Е, то есть в сравнении с контрольным образцом на 3,32 Е. При содержании ртути в молоке 0,008 мг/л активность каталазы понизилась до 7,47 Е; при 0,0095 мг/л – 4,15 Е; при 0,011 мг/л – 1,66 Е. Мышьяк же в отличие от ртути оказывает ингибирующее действие на фермент каталазу, но вместе с тем, их действие незначительно.

На следующем этапе было проведено исследование влияния содержания солей тяжелых металлов на активность пероксидазы.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию свинца с ферментом пероксидаза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании свинца в молоке

Наименование элемента	Содержание свинца в молоке, мг/л				
	0,036	0,042	0,048	0,054	0,06
Свинец	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	не изменилась

Как видно из таблицы 1 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании свинца в молоке» при содержании свинца в молоке в количестве от 0,036 до 0,054 мг/л содержимое пробирки окрасилось в сине-фиолетовый цвет, то есть активность пероксидазы не изменилась. С увеличением содержания свинца в молоке до 0,06 мг/л окраска молока в пробирке не изменилось, что свидетельствует о том, что с увеличением в два раза содержания свинца в молоке активность пероксидазы молока понизилась.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию кадмия с ферментом пероксидаза представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании кадмия в молоке

Наименование элемента	Содержание кадмия в молоке, мг/л				
	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
кадмий	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	не изменилась	не изменилась

Как видно из таблицы 2 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании кадмия в молоке» при содержании кадмия в молоке в количестве от 0,12 до 0,16 мг/л содержимое пробирки окрасилось в сине-фиолетовый цвет, то есть активность пероксидазы не изменилась. С увеличением содержания кадмия в молоке от 0,18 до 0,20 мг/л окраска молока в пробирке не изменилось, что свидетельствует о том, что активность пероксидазы молока понизилась.

Из двух элементов, кадмий в большей степени, чем свинец влияет на активность пероксидазы.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию ртути с ферментом пероксидаза представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании ртути в молоке» ртуть воздействует на активность пероксидазы в значительной степени. При повышении уровня ртути в молоке до 0,008 мг/л наблюдается изменение активности пероксидазы.

Таблица 3 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании ртути в молоке

Наименование элемента	Содержание ртути в молоке, мг/л			
	0,0065	0,008	0,0095	0,011
ртуть	сине-фиолетовый цвет	не изменилась	не изменилась	не изменилась

Необходимо отметить, что ртуть значительно влияет также на понижение активности пероксидазы.

Результаты проведенных исследований по взаимодействию мышьяка с ферментом пероксидаза представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании мышьяка в молоке

Наименование элемента	Содержание мышьяка в молоке, мг/л			
	0,065	0,08	0,095	0,11
мышьяк	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет	сине-фиолетовый цвет

Как видно из таблицы 4 «Изменение активности пероксидазы при повышенном содержании мышьяка в молоке» мышьяк не воздействует на активность пероксидазы.

Обсуждение результатов исследования

На основании проведенных исследований установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк. На понижение же активности

пероксидазы в наибольшей степени влияет ртуть и кадмий, свинец понижает активность данного фермента при повышении его дозы в молоке в два раза выше норм ПДК, мышьяк не влияет на изменение активности пероксидазы. То есть, в наибольшей степени на понижение активности каталазы и пероксидазы влияет ртуть. Затем кадмий оказывает кадмий оказывает влияние на активность исследуемых ферментов в количестве от 0,18 до 0,20 мг/л. Свинец и мышьяк влияют на активность каталазы в незначительной степени при повышении его содержания в молоке в два раза. Свинец влияет на активность пероксидазы при повышении его содержания в молоке в два раза, мышьяк же вообще не оказывает на него воздействие. Учитывая, что из 4 элементов, ртуть, кадмий и свинец влияет на изменение активности данных ферментов необходимо проводить очистку молока, именно, от этих тяжелых металлов.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк.

Список литературы

1. Новоселова Е.И. Влияние загрязнения кадмием на ферментативную активность чернозема обыкновенного / Е.И. Новоселова, С.А. Башкатов // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19, № 4. – С. 1204-1207.
2. Добриян Е.И. Антиоксидантная система молока / Е.И. Добриян // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т. 82, № 2. – С. 101-106.
3. Жидкин В.И. Радиоактивные загрязнения пищевых продуктов, их последствия для здоровья человека и радиозащита питанием / В.И. Жидкин, Т.И. Сульдина // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 2 частях – Саранск, 2014. – С. 118-122.
4. Жидкин В.И. Пути загрязнения продовольствия / В.И. Жидкин, А.М. Семушев // Третьи чтения памяти профессора О.А. Зауралова: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Саранск, 13 мая 2011 г. – Саранск, 2011. – С. 20-23.
5. Перспективные направления применения цеолита для очистки молока от токсикозэлементов / А.К. Какимов и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Том 48, № 1. – С.143-149.
6. Ужахова Л.Я. Исследование молока на содержание тяжелых металлов / Л.Я. Ужахова // Colloquium-journal. – 2018. – № 4-2(15). – С. 60-61.
7. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption / M. Younus et al // South African journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 166-169.
8. Knowledge and acceptance of functional foods: A preliminary study on influence of a synbiotic fermented milk on athlete health/ M.M. Coman et al // International Journal of Probiotics and Prebiotics. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 33-41.
9. Marynchenko L. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Hyvel // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – № 4. – P. 3-10.
10. Agbugui A. Levels of Some Heavy Metals in Fresh Cow Milk obtained from Herder settlement around Okada, Benin City, Edo State Nigeria. / A. Peter Agbugui, C. Luke Orjekwe, S. Abiodun Solola // IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC). – 2020. – Volume 15, Issue 6 Ser. II – P. 23-29.
11. Investigation of heavy metal contents in Cow milk samples from area of Dhaka, Bangladesh / M.I. Muhib et al // International journal of Food Contamination. – 2016, 3:16.

References

1. Novoselova E.I. Vliyanie zagryazneniya kadmиеm na fermentativnyuyu aktivnost' chernozema obyknovennogo / E.I. Novoselova, S.A. Bashkatov // Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2014. – T. 19, № 4. – S. 1204-1207. (In Russian).
2. Dobriyan E.I. Antioksidantnaya sistema moloka / E.I. Dobriyan // Vestnik VGUIT. – 2020. – T. 82, № 2. – S. 101-106. (In Russian).

3. Zhidkin V.I. Radioaktivnye zagryazneniya pishchevykh produktov, ikh posledstviya dlya zdorov'ya cheloveka i radiozashchita pitaniem / V.I. Zhidkin, T.I. Sul'dina // Materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v 2 chastyakh – Saransk, 2014. – S. 118-122. (In Russian).
4. Zhidkin V.I. Puti zagryazneniya prodovol'stviya / V.I. Zhidkin, A.M. Semushev // Tret'i chteniya pamyati professora O.A. Zauralova: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Saransk, 13 maya 2011 g. – Saransk, 2011. – S. 20-23. (In Russian).
5. Perspektivnye napravleniya primeneniya tseolita dlya ochistki moloka ot toksikohlementov / A.K. Kakimov i dr. // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2018. – Tom 48, № 1. – S.143-149. (In Russian).
6. Uzhakhova L.YA. Issledovanie moloka na sodержanie tyazhelykh metallov / L.YA. Uzhakhova // Colloquium-journal. – 2018. – № 4-2(15). – S. 60-61. (In Russian).
7. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption / M. Younus et al // South African journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 166-169. (In English).
8. Knowledge and acceptance of functional foods: A preliminary study on influence of a synbiotic fermented milk on athlete health/ M.M. Coman et al // International Journal of Probiotics and Prebiotics. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 33-41. (In English).
9. Marynchenko L. Research of mineral adsorbents application for water-alcohol solutions purification in technology of alcoholic beverages / L. Marynchenko, V. Marynchenko, M. Hyvel // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – № 4. – P. 3-10. (In English).
10. Agbugui A. Levels of Some Heavy Metals in Fresh Cow Milk obtained from Herder settlement around Okada, Benin City, Edo State Nigeria. / A. Peter Agbugui, C. Luke Orjekwe, S. Abiodun Solola // IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC). – 2020. – Volume 15, Issue 6 Ser. II – P. 23-29. (In English).
11. Investigation of heavy metal contents in Cow milk samples from area of Dhaka, Bangladesh / M.I. Muhib et al // International journal of Food Contamination. – 2016, 3:16. (In English).

Е.С. Жарыкбасов*, С.С. Толеубекова, М.М. Джумажанова,

Г.М. Байбалинова, А.Т. Қабденова¹

Семей қаласының Шәкәрім атындағы Университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинка көшесі, 20 А

*e-mail: erlan-0975@mail.ru

СҮТТЕГІ АУЫР МЕТАЛЛ ТҰЗДАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ФЕРМЕНТТЕРМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІН ТАЛДАУ

Мақалада сүттегі ауыр металдардың құрамын және олардың ферменттермен өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған қолданудың өзектілігі негізделген. Қазіргі уақытта қоршаған орта объектілеріндегі, тірі организмдегі ферменттердің ауыр металдармен өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған зерттеулер жүргізіліп жатқанын атап өткен жөн. Жеке ауыр металдар жеке ферменттердің белсенділігін тежейтіні және олардың белсенділігін ынталандыратыны белгілі. Мәселен, мысалы, кадмий пероксидаза белсенділігін ынталандыратынын, бірақ топырақтағы берілген элементтің концентрациясына қарамастан каталаза белсенділігін тежейтінін дәлелдейтін зерттеулер жүргізілді. Зерттеудің негізгі мақсаты ауыр металл тұздарының сүт ферментінің тотығу-тотықсыздану топтарымен әрекеттесуін зерттеу болды. Қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап тұздарының каталаза және пероксидазамен әрекеттесуін зерттегенде зерттелетін ауыр металдардың тұздары каталаза және пероксидаза ферментіне тек тежегіш әсер ететіні анықталды. Бұл жағдайда ең ингибиторлық әсер сынап және кадмий сияқты элементтердің тұздарымен, одан кейін қорғасын мен мышьякпен көрсетіледі. Сүт пероксидазасының белсенділігін қалпына келтіру сұлы ұнын қосып, сапалы реакцияны қолданып, қосымша сүзгіден өткізгеннен кейін орнатылды. Сүт сынамасындағы қорғасын мөлшері 0,06 мг/л болғанда каталаза белсенділігі 4,98 Е, фильтрациядан кейін оның белсенділігі 8,3 Е-ге дейін өсті. Сүттегі кадмий мөлшері 0,20 мг/л болғанда, сүзуге дейінгі каталаза белсенділігі 3,32 Е, сүзуден кейін 5,81 Е-ге дейін өсті. Сүттегі сынаптың мөлшері 0,011 мг/л болғанда, сүзуге дейінгі каталаза белсенділігі 2,49 Е, сүзуден кейін 4,15 Е-ге дейін өсті. Сүттегі мышьяк мөлшері 0,11 мг/л болғанда, каталаза белсенділігі 6,64 Е болды, сүзуден кейін ол 8,3 Е-ге дейін өсті. Қазіргі уақытта қоршаған орта объектілеріндегі, тірі организмдегі ферменттердің ауыр металдармен өзара әрекеттесуін зерттеуге бағытталған зерттеулер жүргізілуде, алайда ауыр металдардың сүт ферменттерімен өзара әрекеттесуін зерттеу мәселесі іс жүзінде зерттелмеген.

Түйін сөздер: сүт, қорғасын, кадмий, сынап, мышьяк, ферменттер.

ANALYSIS OF THE CONTENT OF HEAVY METAL SALTS IN MILK AND THEIR INTERACTION WITH ENZYMES

The article substantiates the relevance of the application aimed at studying the content of heavy metals in milk and their interaction with enzymes. It should be noted that research is currently underway to study the interaction of enzymes with heavy metals in environmental objects and in a living organism. It is known that certain heavy metals both inhibit the activity of individual enzymes and stimulate their activity. For example, studies have been conducted proving that cadmium stimulates peroxidase activity, but inhibits catalase activity regardless of the concentration of this element in the soil. The main purpose of the study was to study the interaction of heavy metal salts with redox groups of the milk enzyme. When studying the interaction of salts of lead, cadmium, arsenic and mercury with catalase and peroxidase, it was found that the salts of the studied heavy metals have only an inhibitory effect on the enzyme catalase and peroxidase. At the same time, salts of elements such as mercury and cadmium have the greatest inhibitory effect, followed by lead and arsenic. The restoration of milk peroxidase activity was established after the introduction of oatmeal and additional filtration by qualitative reaction. With a lead content of 0.06 mg/l in the milk sample, catalase activity was 4.98 E, and after filtration, its activity increased to 8.3 E. With a cadmium content of 0.20 mg/l in milk, catalase activity before filtration was 3.32 E, after filtration it increased to 5.81 E. With a mercury content of 0.011 mg/l in milk, catalase activity before filtration was 2.49 E, after filtration it increased to 4.15 E. With an arsenic content of 0.11 mg/l in milk, catalase activity was 6.64 E, after filtration it increased to 8.3 E. Currently, research is underway to study the interaction of enzymes with heavy metals in environmental objects, in a living organism, but the issue of research on the interaction of heavy metals with milk enzymes has not been studied.

Key words: milk, lead, cadmium, mercury, arsenic, enzymes.

Сведения об авторах

Ерлан Сауыкович Жарыкбасов* – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Сандугаш Сайлауовна Толеубекова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Мадина Муратовна Джумажанова – PhD, кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Гульмира Муратбековна Байбалинова – кандидат технических наук, старший преподаватель; кафедра "Биотехнология", Университет имени Шакарима города Семей, Республики Казахстан; e-mail: baybalinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9283-7630>

Айнур Толеухановна Қабденова – магистр биотехнологии; кафедра «Биотехнология», Университет имени Шакарима города Семей; Республика Казахстан; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Авторлар туралы мәліметтер

Ерлан Сауыкович Жарыкбасов* – PhD, «Биотехнология» кафедрасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Сандугаш Сайлауовна Толеубекова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Мадина Муратовна Джумажанова – PhD, «Биотехнология» кафедрасы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Гульмира Муратбековна Байбалинова – техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: baybalinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9283-7630>.

Айнур Толеухановна Қабденова – биотехнология магистрі; «Биотехнология» кафедрасы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті; Қазақстан Республикасы; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Information about the authors

Yerlan Zharykbasov* – PhD; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: erlan-0975@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9707-0539>.

Sandugash Toleubekova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: saltosha-sandu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2658-9514>.

Madina Jumazhanova – PhD; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: madina.omarova.89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9169-6722>.

Gulmira Baibalinova – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: baybalinova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9283-7630>

Ainur Kabdenova – Master of Biotechnology; Department of Biotechnology, Shakarim University of Semey; Republic of Kazakhstan; e-mail: ain_arik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>.

Поступила в редакцию 06.02.2025

Принята к публикации 20.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-19)

MPHTI: 65.13.19



Е.М. Ағзам*, Р.К. Кусаинов, А.К. Какимов, А.Е. Еренгалиев, Н.К. Ибрагимов

Университет имени Шакарима города Семей
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: ektu_09@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КУРТА ДЛЯ СУШКИ ФРУКТОВ, ЗЕЛЕНИ И ОВОЩЕЙ

Аннотация: В статье рассматривается применение разработанной конвективной сушильной установки, предназначенной для производства курта, для сушки других пищевых продуктов, таких как зелень, овощи и фрукты. Курт – традиционный казахстанский кисломолочный продукт, который требует специальных условий для сушки, что создает проблемы сезонности в его производстве. Представленная сушильная установка позволяет эффективно решать эту проблему, обеспечивая круглогодичное производство курта. В ходе экспериментов было проверено использование установки для сушки таких продуктов, как петрушка, укроп, яблоки и сладкий перец, с целью оценки её универсальности. Результаты показали, что установка обеспечивает быструю и равномерную сушку, с сохранением значительного количества питательных веществ и витаминов. Потери массы после сушки варьировались от 23% (петрушка) до 60% (яблоки), что зависит от содержания воды в продукте. Устройство продемонстрировало высокую эффективность и надежность, а также открывает новые возможности для расширения ассортимента продукции на малых и средних предприятиях. Использование этой установки может способствовать развитию отрасли сушеных продуктов и овощей в стране, которые обладают рядом преимуществ, таких как упрощенная транспортировка и хранение. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию процессов сушки для различных типов продуктов, улучшение их качества, а также оценку экономической эффективности применения сушильного оборудования в малом и среднем бизнесе.

Ключевые слова: курт, сушильная установка, развитие малого и среднего бизнеса, сушильное оборудование, сушка зелени, сушка овощей, сушка фруктов.

Введение

Курт, традиционный кисломолочный продукт, занимает особое место в пищевой культуре Казахстана [1]. Несмотря на его популярность в ряде стран, специализированного оборудования для сушки курта на международном рынке практически нет. Это создает определенные сложности для производителей, стремящихся поддерживать постоянный уровень выпуска и удовлетворять потребительский спрос на протяжении всего года. В ответ на эту проблему была разработана отечественная конвективная [2] сушильная установка,