

А.О. Утегенова*, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, Б.М. Кулуштаева, Ж.Б. Асиржанова
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: asia_aksu@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация: В статье приведены результаты исследования определения удельной активности фермента ацетилхолинэстеразы. Для иммобилизации ферментов при создании биосенсорных тест-систем определения фосфорорганических пестицидов в объектах окружающей среды исследователями в качестве биокатализатора использовались в основном ферменты из класса гидролаз, а именно, ацетилхолинэстеразы или бутирилхолинэстеразы. Для обоснования выбора фермента при разработке тест-системы проведены исследования по определению удельной активности двух гидролитических ферментов: ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы.

В статье были применены теоретические и экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования были проведены на основе общепринятых, модифицированных и стандартных методов исследований физико-химических, органолептических, реологических, гигиенических показателей безопасности объектов исследований, а также удельной активности ферментов.

Поскольку, молоко является сложной полидисперсной системой, то важным фактором является выбор фермента с более высокой удельной активностью. По данным литературных источников гидролитические ферменты (ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы) обладают высокой чувствительностью к ингибирующим свойствам карбофоса, которая проявляется в понижении удельной активности фермента.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что из двух гидролитических ферментов наибольшую удельную активность показывает ацетилхолинэстераза в сравнении с бутирилхолинэстеразой как в водной среде, так и в молоке.

Ключевые слова: пестициды, молоко, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстеразы, биосенсор, фермент, иммобилизация.

Введение

При создании биосенсорной системы типа тест-системы основное значение приобретает иммобилизация ферментов.

Одним из перспективных направлений ускоренных аналитических методов являются иммуносенсоры, основными элементами, которых являются биологические элементы, представляющие ферменты, микроорганизмы, ткани, антитела и целые клетки. Иммуносенсоры, основанные на высокоселективной и чувствительной реакции антиген-антитело, позволяют идентифицировать определенный пестицид.

Биосенсоры на основе ферментов позволяют обнаруживать большое количество загрязняющих веществ. Генно-инженерные ацетилхолинэстеразы широко используются в биосенсорах на основе ингибирования ферментов при обнаружении пестицидов. Некоторые генно-инженерные микроорганизмы также находят применение для разработки микробных биосенсоров при обнаружении пестицидов. В последние годы аптамеры использовались в качестве новых элементов молекулярного распознавания при разработке биосенсоров, хотя они не были использованы для анализа содержания пестицидов.

Нанотехнологии также играют важную роль в разработке эффективных биосенсоров для обнаружения пестицидов. При этом используются различные наноматериалы (наночастицы и нанотрубки) с различными свойствами [7-10].

На основании анализа литературных источников установлено, что основным преимуществом применения иммобилизованных ферментов при формировании биокатализаторов в виде гелей, капсул, мембран и других является сохранение их удельной активности при длительном хранении в сравнении с растворимым ферментом [1, 2].

Для иммобилизации ферментов при создании биосенсорных тест-систем определения фосфорорганических пестицидов в объектах окружающей среды исследователями в качестве биокатализатора использовались в основном ферменты из класса гидролаз, а именно, ацетилхолинэстеразы или бутирилхолинэстеразы [3, 4].

Поскольку, молоко является сложной полидисперсной системой, то важным фактором является выбор фермента с более высокой удельной активностью. По данным литературных источников гидролитические ферменты (ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы) обладают высокой чувствительностью к ингибирующим свойствам карбофоса, которая проявляется в понижении удельной активности фермента. В связи с этим при разработке биосенсорной тест-системы предполагается использовать, именно данные гидролитические ферменты, для определения остаточных количеств фосфорорганических пестицидов, в частности, карбофоса в молоке.

Для обоснования выбора фермента проведены исследования по определению удельной активности двух гидролитических ферментов: ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы [6].

Анализ литературных источников показал, что для исследования по определению остаточных количеств фосфоорганического пестицида в объектах окружающей среды, разработана методика Филипповой А.М., Воробьевой О.В., которая основано на количественном определении уксусной кислоты, образующейся из ацетилхолинхлорида в результате ферментативной реакции с ацетилхолинэстеразой [3].

Удельная активность фермента оценивается по концентрации выделившейся уксусной кислоты, которая, в свою очередь определяется по содержанию ионов водорода, в результате изменения окраски индикатора – фенолового красного на ФЭК-КФК – 5 при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Вместе с тем необходимо отметить, что в молоке содержатся ионы водорода, которые возможно могут повлиять на результаты исследования.

В связи с этим, для оценки достоверности полученных результатов определения удельной активности ацетилхолинэстеразы по методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В. параллельно были проведены ряд исследований по подбору реактива для проведения качественной реакции на ацетат-анион, которая позволит определить количество выделившейся уксусной кислоты.

На основании проведенных исследований в качестве реагента для определения концентрации уксусной кислоты по ацетат-аниону был выбран хлорид трехвалентного железа (FeCl_3).

Методы исследования

На начальном этапе исследования было проведено исследование определения удельной активности фермента ацетилхолинэстеразы по методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В. в водной среде.

Методика проведения эксперимента заключается в следующем:

- подготовка буферного раствора (рН 8,4), (6,2 мл раствора тетрабората натрия с концентрацией 0,05 моль/л смешивали с 3,8 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л);
- подготовка водного раствора фермента ацетилхолинэстеразы (15 мг в 10 мл дистиллированной воды);
- подготовка 2%-го водного раствора ацетилхолин хлорида, (4 г ацетилхолина растворяли в 10 мл дисстилизованной воды);
- подготовка водного раствора хлорида трехвалентного железа (1 г сухого FeCl_3 растворяли в 100 мл дистиллированной воды).

К 0,1 мл водного раствора фермента ацетилхолинэстеразы добавляли 2 мл буферного раствора с рН 8,4 и термостатировали в течение 30 минут при температуре 37°C. Параллельно термостатировали подготовленный 2%-ный водный раствор ацетилхолинхлорида, используемого в качестве субстрата [4].

Для постановки ферментативной реакции к исследуемому раствору ацетилхолинэстеразы добавляли 0,5 мл 2%-ого раствора ацетилхолин хлорида, далее смесь подвергали инкубированию в течение 30 минут при температуре 37°C. По окончании реакции в пробирку вносили 2,1 мл дистиллированной воды и 0,3 мл индикатора фенолового красного (0,02%-ый водный раствор). Оптическую плотность образца оценивали по малиновой окраске на ФЭК-КФК – 5 при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм.

Количество выделившейся уксусной кислоты определяли по калибровочному графику (рис. 2).

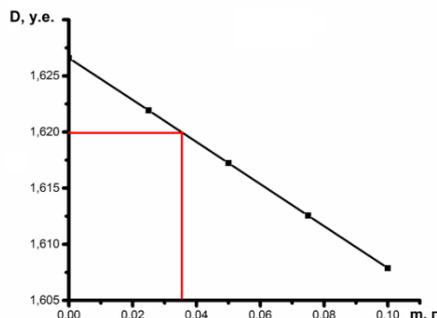


Рисунок 2 – Калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от массы уксусной кислоты в растворе с индикатором феноловым красным

На основе анализа калибровочного графика рисунка 2 установлено, что при оптической плотности раствора субстрата с ферментом 1,62 условных единиц масса уксусной кислоты в растворе составила 0,035 г.

Для расчета количества молей уксусной кислоты необходимо массу образовавшейся кислоты разделить на молярную массу уксусной кислоты – 60:

$$0,035/60=0,58 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 0,58 \text{ ммоль}$$

Далее производим расчет удельной активности холинэстеразы по формуле (3):

$$A = \frac{V_{(HAc)}}{V_{(ChE)}} \quad (3)$$

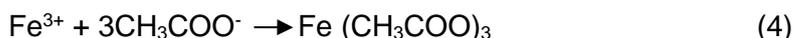
где $V_{(HAc)}$ – моль уксусной кислоты;

$V_{(ChE)}$ – масса фермента, мл.

Удельная активность фермента ацетилхолинэстеразы, рассчитанная по формуле (1), составила:

$$A = \frac{0,58 \text{ ммоль}}{0,1 \text{ мл}} = 5,8 \text{ ммоль/мл}$$

Для доказательства полученных результатов наличия в растворе продуктов разложения субстрата ацетилхолина, а именно концентрации уксусной кислоты, нами было предложено в методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В. заменить индикатор феноловый красный на реагент (хлорид трехвалентного железа ($FeCl_3$)), который позволил бы определить содержание уксусной кислоты по ацетат-аниону:



Исследования были проведены по вышеуказанной методике, однако вместо индикатора фенолового красного был применен реагент хлорид трехвалентного железа ($FeCl_3$).

Калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от массы уксусной кислоты в растворе представлен на рисунке 3.

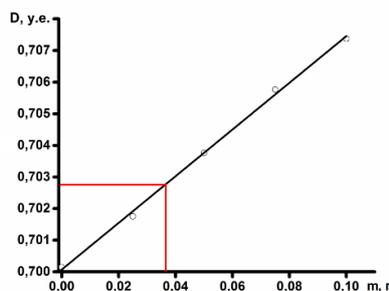


Рисунок 3 – Калибровочный график зависимости оптической плотности раствора от массы уксусной кислоты в растворе с индикатором хлорид трехвалентного железа

На основе анализа калибровочного графика рисунка 3 установлено, что при оптической плотности раствора субстрата с ферментом 0,7028 условных единиц масса уксусной кислоты в растворе составила 0,036 г.

Для дальнейшего расчета удельной активности фермента необходимо массу уксусной кислоты перевести в моль, для этого делим массу уксусной кислоты на молярную массу кислоты – 60:

$$0,036/60=6\cdot 10^{-4} \text{ моль} = 0,6 \text{ ммоль}$$

Далее рассчитываем удельную активность по формуле (5)

$$A = \frac{0,60}{0,1 \text{ мл}} = 6,0 \text{ ммоль/мл} \quad (5)$$

где 0,60 – моль уксусной кислоты,

0,1 – объем раствора фермента, мл.

В результате проведенных исследований установлено, что применение реагента хлорида трехвалентного железа для проведения качественной реакции вместо индикатора фенолового красного позволило получить показатель удельной активности фермента ацетилхолинэстеразы идентичный показателю, полученного по методике Филипповой А.М., Воробьевой О.В.

Результаты исследований

На основании проведенных исследований установлено, что удельная активность бутирилхолинэстеразы в молоке составила 7,95 ммоль/мл.

Таким образом, результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что из двух гидролитических ферментов наибольшую удельную активность показывает ацетилхолинэстераза в сравнении с бутирилхолинэстеразой как в водной среде, так и в молоке. В водном растворе удельная активность ацетилхолинэстеразы составило 5,8 ммоль/мл, в молоке же 11 ммоль/мл. В свою очередь удельная активность бутирилхолинэстеразы в водном растворе составило 6,0 ммоль/мл, а в молоке 7,9 ммоль/мл.

Как видно из анализа результатов экспериментальных исследований для разработки тест-систем нами выбрана ацетилхолинэстераза, как гидролитический фермент с наиболее высокой удельной активностью, и соответственно, проявляющий высокую чувствительность к ингибирующим свойствам карбофоса в молоке.

Обсуждение научных результатов

Как известно на процесс получения биосенсорной тест-системы влияют такие показатели, как количество фермента, pH буферного раствора, температура и время ингибирования. На основе анализа теоретических исследований установлено, что при построении тест-системы оптимальным количеством фермента ацетилхолинэстеразы является 0,2 мг; pH буферного раствора – 8,4; температура термостатирования – 37°C и время ингибирования 30 минут [3]. В связи с этим в данной работе при получении биосенсорной тест-системы были применены именно эти параметры, которые были использованы при исследовании объектов окружающей среды.

На основании вышеизложенного необходимо отметить, что при проведении экспериментальных исследований по обнаружению содержания фосфорорганического пестицида в молоке были применены вышеуказанные параметры создания биосенсорной тест-системы, при этом для обнаружения карбофоса в молоке при данных параметрах нами выбран гидролитический фермент ацетилхолинэстераза.

Заключение

Как известно на процесс получения биосенсорной тест-системы влияют такие показатели, как количество фермента, pH буферного раствора, температура и время ингибирования. На основе анализа теоретических исследований установлено, что при построении тест-системы оптимальным количеством фермента ацетилхолинэстеразы является 0,2 мг; pH буферного раствора – 8,4; температура термостатирования – 37°C и время ингибирования 30 минут [1].

На основании вышеизложенного необходимо отметить, что при проведении экспериментальных исследований по обнаружению содержания фосфорорганического пестицида в молоке были применены вышеуказанные параметры создания биосенсорной тест-системы, при этом для обнаружения карбофоса в молоке при данных параметрах нами выбран гидролитический фермент ацетилхолинэстераза.

Список литературы

1. Лягин И.В. Ферментные биосенсоры для определения пестицидов / И.В. Лягин, Е.Н. Ефременко, С.Д. Варфоломеев // Успехи химии. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 339-355.
2. Будников Г.К. Экспресс-тестовые методы определения ингибиторов гидролитических ферментов с помощью электрохимических биосенсоров / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин // Рос. хим. журнал им. Д.И. Менделеева. – 2001. – Т. 14, № 4. – С. 86-94.
3. Филиппова А.М. Разработка технологии формирования биосенсорных тест-систем на основе композиционных материалов: автореф. ... канд. биол. наук: 03.01.06. – Ставрополь, 2013. – 20 с.
4. Утегенова А.О. Разработка биометрических методов определения ксенобиотиков в молоке: PhD: 6D073500: защищена 25.11.2022 / Утегенова Асия Оразбековна. – Семей, 2022. – С. 42-50.
5. Особенности функционирования и практического применения биосенсоров на основе фермента холинэстеразы / А.О. Утегенова и др. // Матер. междунар. науч.-практ. конф., посв. памяти В.М. Горбатова. – Семей, 2018. – С. 271-273.
6. Имбиллизацияланған ферментпен тест-жүйесін дайындау үшін ацетитилхолинэстераза ферментінің меншікті белсенділігін зерттеу / А.О. Утегенова және т.б. // Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемлекеттік университетінің Хабаршысы. – 2020. – № 2(90). – Б. 176-179.
7. Лягин И.В. Ферментные биосенсоры для определения пестицидов / И.В. Лягин, Е.Н. Ефременко, С.Д. Варфоломеев // Успехи химии. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 339-355.
8. Петров К.А. Холинэстеразы: взгляд нейрофизиолога / К.А. Петров, А.Д. Харламова, Е.Е. Никольский // Гены и клетки. – 2014. – Т. 9, № 3. – С. 160-167.
9. Biosensors for Pesticide Detection: New Trends / A. Sassolas et al // American Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 3. – P. 210-232.
10. Биосенсоры для осуществления мероприятий экологического мониторинга: классификация и особенности разработки / Д.Л. Поклонский и др. // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 4. – С. 12-19.
11. Биосенсоры как средство мониторинга объектов окружающей среды на содержание фосфорорганических соединений нервно-паралитического действия / Э.Т. Гайнуллина и др. // Журнал аналитической химии. – 2015. – Т. 70, № 7. – С. 675-685.
12. Сазыкина М.А. Использование биосенсоров для детекции антропогенного загрязнения природных вод / М.А. Сазыкина, Е.А. Мирина, И.С. Сазыкин // Вода: химия и экология. – 2015. – № 10(88). – С. 64-74.

References

1. Lyagin I.V. Fermentnye biosensory dlya opredeleniya pestitsidov / I.V. Lyagin, E.N. Efremenko, S.D. Varfolomeev // Uspekhi khimii. – 2017. – T. 86, № 4. – S. 339-355. (In Russian).
2. Budnikov G.K. Ehkspress-testovye metody opredeleniya ingibitorov gidroliticheskikh fermentov s pomoshch'yu ehlektrokhimicheskikh biosensorov / G.K. Budnikov, G.A. Evtyugin // Ros. khim. zhurnal im. D.I. Menedeleeva. – 2001. – T. 14, № 4. – S. 86-94. (In Russian).
3. Filippova A.M. Razrabotka tekhnologii formirovaniya biosensornykh test-sistem na osnove kompozitsionnykh materialov: avtoref. ... kand. biol. nauk: 03.01.06. – Stavropol', 2013. – 20 s. (In Russian).
4. Utegenova A.O. Razrabotka biometricheskikh metodov opredeleniya ksenobiotikov v moloke: PhD: 6D073500: zashchishchena 25.11.2022 / Utegenova Asiya Orazbekovna. – Semei, 2022. – S. 42-50. (In Russian).
5. Osobennosti funktsionirovaniya i prakticheskogo primeneniya biosensorov na osnove fermenta kholinesterazy / A.O. Utegenova i dr. // Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posv. pamyati V.M. Gorbatoва. – Semei, 2018. – S. 271-273. (In Russian).
6. Imbilizatsiyalanған fermentpen test-zhүйesin daiyndau үshin atsetitilkholinesteraza fermentiniң menshikti belsendiligini zertteu / A.O. Utegenova zhәне t.b. // Semei қаласының Shәkәrim атындағы мемлекеттік университетінің Khabarshysy. – 2020. – № 2(90). – B. 176-179. (In Russian).
7. Lyagin I.V. Fermentnye biosensory dlya opredeleniya pestitsidov / I.V. Lyagin, E.N. Efremenko, S.D. Varfolomeev // Uspekhi khimii. – 2017. – T. 86, № 4. – S. 339-355. (In Russian).
8. Petrov K.A. Kholinesterazy: vzglyad neirofiziologa / K.A. Petrov, A.D. Kharlamova, E.E. Nikol'skii // Geny i kletki. – 2014. – T. 9, № 3. – S. 160-167. (In Russian).

9. Biosensors for Pesticide Detection: New Trends / A. Sassolas et al // American Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 3. – P. 210-232. (In English).
10. Biosensory dlya osushchestvleniya meropriyatii ehkologicheskogo monitoringa: klassifikatsiya i osobennosti razrabotki / D.L. Poklonskii i dr. // Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya. – 2017. – № 4. – S. 12-19. (In Russian).
11. Biosensory kak sredstvo monitoringa ob"ektov okruzhayushchei sredy na sodержanie fosfororganicheskikh soedinenii nervno-paraliticheskogo deistviya / E.H.T. Gainullina i dr. // Zhurnal analiticheskoi khimii. – 2015. – T. 70, № 7. – S. 675-685. (In Russian).
12. Sazykina M.A. Ispol'zovanie biosensorov dlya detektsii antropogennogo zagryazneniya prirodnykh vod / M.A. Sazykina, E.A. Mirina, I.S. Sazykin // Voda: khimiya i ehkologiya. – 2015. – № 10(88). – S. 64-74. (In Russian).

А.О. Утегенова*, А.С. Камбарова, Ж.М. Атамбаева, Б.М. Кулуштаева, Ж.Б. Асиржанова

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: asia_aksu@mail.ru

АЗЫҚ-ТҮЛІК ҚАУІПСІЗДІГІН АНЫҚТАУ ҮШІН ФЕРМЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНУ

Азық-түлік өндірісінде ферменттерді қауіпсіз қолдану Мақалада ацетилхолинэстераза ферментінің меншікті белсенділігін анықтау бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Қоршаған орта объектілерінде фосфорорганикалық пестицидтерді анықтаудың биосенсорлық сынақ жүйелерін құру кезінде ферменттерді иммобилизациялау үшін зерттеушілер негізінен гидролазалар класындағы ферменттерді, атап айтқанда ацетилхолинэстеразаны немесе бутирилхолинэстеразаны биокатализатор ретінде пайдаланды. Сынақ жүйесін әзірлеу кезінде ферментті таңдауды негіздеу үшін екі гидролитикалық ферменттердің: ацетилхолинэстераза мен бутирилхолинэстеразаның меншікті белсенділігін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Бұл жұмыста теориялық және эксперименттік зерттеулер қолданылды. Эксперименттік зерттеулер зерттеу объектілерінің қауіпсіздігінің физика-химиялық, органолептикалық, реологиялық, гигиеналық көрсеткіштерін, сондай-ақ ферменттердің меншікті белсенділігін зерттеудің жалпы қабылданған, өзгертілген және стандартты әдістері негізінде жүргізілді. Сүт күрделі полидисперсті жүйе болғандықтан, меншікті белсенділігі жоғары ферментті таңдау маңызды фактор болып табылады. Әдеби дереккөздерге сәйкес гидролитикалық ферменттер (ацетилхолинэстеразалар және бутирилхолинэстеразалар) карбофостың ингибиторлық қасиеттеріне жоғары сезімталдыққа ие, бұл ферменттің меншікті белсенділігінің төмендеуінде көрінеді. Жүргізілген эксперименттік зерттеулердің нәтижелері екі гидролитикалық ферменттердің ішінде ацетилхолинэстераза сулы ортада да, сүтте де бутирилхолинэстеразамен салыстырғанда ең үлкен белсенділікті көрсететінін көрсетті.

Түйін сөздер: пестицидтер, сүт, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстераза, биосенсор, фермент, иммобилизация.

A.O. Utegenova*, A.S. Kambarova, Zh.M. Atambaeva, B.M. Kulushtaeva, Zh.B. Assirzhanova

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street.

*e-mail: asia_aksu@mail.ru

USE OF ENZYMES FOR DETERMINATION OF FOOD SAFETY

The article presents the results of the study of determination of specific activity of acetylcholinesterase enzyme. For the immobilisation of enzymes in the development of biosensor test systems for the determination of phosphorus-organic pesticides in environmental objects the researchers used mainly enzymes from the class of hydrolases, namely, acetylcholinesterase or butyrylcholinesterase, as a biocatalyst. To justify the choice of enzyme in the development of the test system, studies were carried out to determine the specific activity of two hydrolytic enzymes: acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase.

The paper applied theoretical and experimental studies. Experimental studies were carried out on the basis of generally accepted, modified and standard research methods of physicochemical, organoleptic, rheological, hygienic safety indicators of research objects, as well as specific activity of enzymes.

Since milk is a complex polydisperse system, an important factor is the choice of an enzyme with higher specific activity. According to literature sources, hydrolytic enzymes (acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase) are highly sensitive to the inhibitory properties of carbophos, which is manifested by a decrease in the specific activity of the enzyme.

The results of experimental studies showed that of the two hydrolytic enzymes acetylcholinesterase shows the highest specific activity in comparison with butyrylcholinesterase both in aqueous medium and in milk.

Key words: pesticides, milk, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, biosensor, enzyme, immobilisation.

Сведения об авторах

Асия Оразбековна Утегенова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Ботакоз Манарбековна Кулустаева – PhD, ст.преподаватель кафедры «Пищевая технология», Университет имени Шакарима города Семей, Казакстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Жанна Баимбековна Асиржанова – кандидат технических наук кафедры «Пищевые технологии»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aszb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-7044>.

Авторлар туралы мәліметтер

Асия Оразбековна Утегенова* – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Арай Сагинбековна Камбарова – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Жибек Манаповна Атамбаева – «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Ботакоз Манарбековна Кулустаева – PhD, «Тамақ технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Жанна Баимбековна Асиржанова – «Тамақ технологиясы» кафедрасының техника ғылымдарының кандидаты; Шәкәрім атындағы отбасы қаласы Университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aszb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-7044>.

Information about the authors

Assiya Orazbekovna Utegenova* – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: asia_aksu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3378-6815>.

Arai Saginbekovna Kambarova – PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kambarova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-3818>.

Zhibek Manapovna Atambayeva – Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: zh.atambayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-870X>.

Botakoz Manarbekovna Kulushtaeva – PhD, Senior Lecturer of the Department of «Food Technology», Shakarim University of Semey, Kazakhstan; e-mail: kulushtaeva_89@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-9872>.

Zhanna Baimbekovna Assirzhanova – Candidate of Technical Sciences Department of Food Technologies; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aszb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-7044>.

*Поступила в редакцию 30.10.2024
Поступила после доработки 24.12.2024
Принята к публикации 25.12.2024*