

МРНТИ 87.26.27

<https://doi.org/10.26577/EJE2025858>

Е.Б. Ларионова¹ , Г.Е. Садыканова¹ , С. Құмарбекұлы^{2*} ,
К.Б. Алипина¹ , К.Ш. Бакирова² , Ж.К. Кабатаева¹ 

¹Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ У ВИДОВ LAMIACEAE В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Исследование посвящено изучению антиоксидантной активности и содержания фенольных соединений у представителей семейства Lamiaceae, произрастающих в условиях Восточно-Казахстанской области. Для анализа были выбраны три вида, традиционно используемые в медицине и пищевой промышленности: *Mentha longifolia*, *Melissa officinalis* и *Ocimum basilicum*. Впервые проведена комплексная сравнительная оценка их биологической активности с учётом экологических факторов региона, включая высокую инсоляцию, континентальный климат и перепады температуры, которые могут существенно влиять на фитохимический состав растений.

Методы исследования включали спектрофотометрическое определение антиоксидантной активности с использованием радикала DPPH и колориметрическое определение содержания фенольных соединений методом Фолина–Чокальтеу. Анализировались свежие и высушенные образцы растительного сырья, что позволило установить влияние условий обработки на сохранение биологически активных компонентов. Установлено, что свежие листья демонстрируют более высокую антиоксидантную активность по сравнению с высушенными. Наиболее выраженный эффект наблюдался у *Ocimum basilicum*, где значение IC₅₀ снизилось с 30,1 до 21,1 мкг/мл. Наибольшая антиоксидантная активность зафиксирована у *Mentha longifolia* (IC₅₀ 16,3–17,1 мкг/мл), что подтверждает её фитохимическую ценность. Сильная отрицательная корреляция между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью ($r = -0,96...-0,98$) указывает на ведущую роль фенольных соединений в механизмах защиты от окислительного стресса.

Полученные результаты демонстрируют значительный потенциал растений семейства Lamiaceae, выращенных в Восточном Казахстане, для использования в фармацевтической и пищевой промышленности. Новизна исследования заключается в выявлении региональной специфики накопления фенольных соединений и подтверждении целесообразности использования свежего сырья для сохранения максимальной биологической активности. Выводы работы подчеркивают перспективность дальнейших исследований, направленных на оптимизацию методов экстракции и изучение индивидуального состава биологически активных веществ.

Ключевые слова: Lamiaceae, антиоксидантная активность, фенольные соединения, свежие и высушенные образцы, Восточно-Казахстанская область.

E.B. Larionova¹, G.E. Sadykanova¹, S. Kumarbekuly^{2*},
K.B. Alipina¹, K.Sh. Bakirova², Zh.K. Kabatayeva¹

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Comparative evaluation of antioxidant activity and phenolic content in lamiaceae species depending on the ecological conditions of East Kazakhstan

This study investigates the antioxidant activity and phenolic content of Lamiaceae species cultivated under the ecological conditions of East Kazakhstan. Three species traditionally used in folk medicine and the food industry were selected as objects of study: *Mentha longifolia*, *Melissa officinalis*, and *Ocimum basilicum*. For the first time, a comprehensive comparative evaluation of their biological activity was conducted with consideration of the region's ecological factors, including high solar radiation, continental climate, and daily temperature fluctuations, which may significantly influence the phytochemical composition of plants.

The research methods included spectrophotometric determination of antioxidant activity using the DPPH radical and colorimetric quantification of phenolic compounds by the Folin–Ciocalteu method. Both fresh and dried plant samples were analyzed to determine the effect of processing on the preservation of bioactive components. The results demonstrated that fresh leaves exhibited higher antioxidant activity compared to dried samples. The most pronounced effect was observed in *Ocimum basilicum*, where IC_{50} decreased from 30.1 to 21.1 $\mu\text{g/ml}$. The highest activity was recorded in *Mentha longifolia* (IC_{50} 16.3–17.1 $\mu\text{g/ml}$). A strong negative correlation between phenolic content and antioxidant activity ($r = -0.96\dots-0.98$) confirmed the leading role of phenolic compounds in antioxidant mechanisms.

The findings highlight the considerable potential of Lamiaceae species grown in East Kazakhstan as a source of raw material for pharmaceutical and food industries. The novelty of this research lies in revealing the regional specificity of phenolic accumulation and demonstrating the importance of fresh plant material for maintaining maximum biological activity. These results provide a basis for further studies focused on optimizing extraction methods and identifying the individual composition of bioactive compounds.

Keywords: Lamiaceae, antioxidant activity, phenolic compounds, fresh and dried samples, East Kazakhstan.

Е.Б. Ларионова¹, Г.Е. Садыканова¹, С. Құмарбекұлы^{2*},
К.Б. Алипина¹, К.Ш. Бакирова², Ж.К. Кабатаева¹

¹ С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

² Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Шығыс Қазақстанның экологиялық жағдайларына байланысты Lamiaceae тұқымдасының түрлеріндегі антиоксиданттық белсенділікті және фенолдық қосылыстарды салыстырмалы бағалау

Бұл зерттеу Шығыс Қазақстан жағдайында өсетін Lamiaceae тұқымдасына жататын өсімдіктердің антиоксиданттық белсенділігін және фенолдық қосылыстар құрамын зерттеуге арналған. Зерттеу нысаны ретінде халық медицинасында және азық-түлік өнеркәсібінде дәстүрлі қолданылатын үш түр таңдалды: *Mentha longifolia*, *Melissa officinalis* және *Ocimum basilicum*. Алғаш рет өңірдің экологиялық факторларын (жоғары күн радиациясы, континенттік климат, тәуліктік температура ауытқулары) ескере отырып, олардың биологиялық белсенділігінің кешенді салыстырмалы бағасы жүргізілді.

Зерттеу әдістеріне DPPH радикалы арқылы антиоксиданттық белсенділікті спектрофотометриялық анықтау және Фолин–Чокальтеу әдісімен фенолдық қосылыстардың құрамын колориметриялық бағалау кірді. Жаңа жиналған және кептірілген өсімдік үлгілері талданды, бұл шикізатты өңдеу жағдайларының биологиялық белсенді заттардың сақталуына әсерін анықтауға мүмкіндік берді. Нәтижелер жаңа жапырақтардың кептірілген үлгілерге қарағанда жоғары антиоксиданттық белсенділік көрсететінін көрсетті. Ең айқын айырмашылық *Ocimum basilicum* түрінде байқалды (IC_{50} 30,1-ден 21,1 мкг/мл-ге дейін төмендеді). Ең жоғары белсенділік *Mentha longifolia*-да анықталды (IC_{50} 16,3–17,1 мкг/мл). Фенолдық қосылыстар мөлшері мен антиоксиданттық белсенділік арасында күшті теріс корреляция анықталды ($r = -0,96\dots-0,98$), бұл фенолдардың антиоксиданттық механизмдердегі жетекші рөлін дәлелдейді.

Алынған нәтижелер Шығыс Қазақстанда өсетін Lamiaceae тұқымдасының өсімдіктерін фармацевтика және азық-түлік өнеркәсібінде пайдаланудың жоғары әлеуетін көрсетеді. Зерттеудің жаңалығы – фенолдық қосылыстардың жинақталуындағы өңірлік ерекшеліктерді айқындау және жаңа шикізатты қолданудың маңыздылығын дәлелдеу. Бұл нәтижелер болашақта экстракция әдістерін оңтайландыруға және биологиялық белсенді заттардың жеке құрамын зерттеуге негіз болады.

Түйін сөздер: Lamiaceae; антиоксиданттық белсенділік; фенолдық қосылыстар; жаңа және кептірілген үлгілер; Шығыс Қазақстан.

Введение

В последние годы наблюдается возрастающий интерес к природным антиоксидантам как к перспективной альтернативе синтетическим препаратам, применяемым для профилактики и лечения заболеваний, связанных с

окислительным стрессом. Одними из наиболее богатых источников биологически активных соединений являются растения семейства Lamiaceae, включающие такие широко используемые виды, как мята (*Mentha longifolia*), Melissa (*Melissa officinalis*) и базилик (*Ocimum basilicum*) [1; 2]

Благодаря высокому содержанию фенольных кислот, флавоноидов и эфирных масел эти растения традиционно применяются в народной медицине и в последние десятилетия активно исследуются в фармацевтической и пищевой промышленности [3]. Современные обзоры подчёркивают, что представители Lamiaceae рассматриваются как источник функциональных продуктов питания благодаря богатому фитохимическому составу [4].

Антиоксидантная активность представителей Lamiaceae во многом определяется фенольными соединениями, способными нейтрализовать свободные радикалы [5]. Однако влияние экологических и агроклиматических факторов на накопление данных соединений остаётся недостаточно изученным. Особенно мало информации о растениях, произрастающих в условиях Восточного Казахстана, где континентальный климат и высокий уровень солнечной радиации могут формировать специфический фитохимический профиль [6].

Исследования последних десятилетий подтверждают значительный антиоксидантный потенциал Lamiaceae. Так, Kähkönen и соавт. показали высокое содержание фенольных соединений и радикал-поглощающую активность экстрактов мяты и Melissa [7]. Куркин и коллеги определили розмариновую кислоту в *Mentha piperita*, подтвердив её ключевую роль в антиоксидантной активности [8]. Abootalebian и соавт. выявили существенные различия в активности различных популяций *Mentha longifolia* в зависимости от региона произрастания [9; 10; 11; 12]. Miraj и Saqochi сообщили о высокой биологической активности *Melissa officinalis*, а Nadeem и Шингисов подтвердили значительный потенциал базилика, где эвгенол играет доминирующую роль. Обобщающие исследования Kouřimská и Zheng показали, что уровень активности у представителей Lamiaceae зависит от условий выращивания и методов экстракции [13; 14; 15; 16; 17; 18].

Несмотря на значительное количество публикаций, большинство исследований сосредоточено на отдельных видах и проведено в Европе, Азии и Америке. Данные по Казахстану остаются крайне ограниченными. Это подчёркивает необходимость региональных исследований, направленных на выявление биохимического состава и антиоксидантного потенциала местных растений.

Целью настоящей работы является сравнительная оценка антиоксидантной активности и

содержания фенольных соединений у *Mentha longifolia*, *Melissa officinalis* и *Ocimum basilicum*, выращенных в условиях Восточно-Казахстанской области. В исследовании применены методы DPPH и Фолина–Чокальтеу, а также проведён анализ как свежего, так и высушенного сырья, что позволило выявить влияние способов обработки на сохранение биологически активных соединений [19].

Таким образом, работа сочетает обзор современного состояния проблемы и региональный экспериментальный анализ, что обеспечивает её новизну и практическую значимость. Статья включает разделы: материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны три вида растений семейства Lamiaceae: *Mentha longifolia* (L.) Huds. (мята длиннолистная), *Melissa officinalis* L. (мелисса лекарственная) и *Ocimum basilicum* L. (базилик душистый). Выбор данных объектов был обусловлен принадлежностью к одному семейству, что обеспечивает корректность сравнительного анализа, их широким использованием в традиционной медицине, а также наличием литературных данных о высокой антиоксидантной активности.

Сбор и подготовка образцов

Надземные части растений (листья и цветущие верхушки) были собраны в фазу массового цветения (июль–август) на опытном участке перед Национальной научной лабораторией коллективного пользования ВКУ им. С. Аманжолова. Сбор осуществляли в утренние часы (8:00–10:00) после высыхания росы. Часть материала анализировали в свежем виде, другая часть подвергалась сушке при естественных условиях в тени (25–30 °С, 7–10 суток) до достижения остаточной влажности $\leq 10\%$.

Высушенное сырьё измельчали в лабораторной мельнице до частиц 2–5 мм и дополнительно просеивали через сито (0,5 мм) для получения однородного порошка ≤ 1 мм. Свежие листья очищали от механических примесей и измельчали до 2–3 мм. Подготовленные образцы хранили в бумажных пакетах или стеклянных ёмкостях с притёртыми крышками при 15–20 °С и влажности $\leq 60\%$. Максимальный срок хранения составлял 12 месяцев.

Методы экстракции

Экстракцию проводили методом мацерации и ультразвуковой обработки. В качестве основного растворителя применяли 70%-ный этанол, эффективно извлекающий фенольные кислоты, флавоноиды и терпеноиды. Для сравнительного анализа дополнительно использовали 50%-ный ацетон.

Навеску $1,00 \pm 0,05$ г измельчённого сырья экстрагировали 20 мл растворителя в ультразвуковой ванне (40 кГц, 25 °С, 30 мин). Экстракты фильтровали и доводили объём до 25 мл. Полученные растворы хранили при +4 °С не более 48 часов.

Метод DPPH

Антиоксидантную активность оценивали по способности экстрактов нейтрализовать стабильный радикал DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил). Снижение интенсивности окраски фиксировали спектрофотометрически при 517 нм. Активность выражали в значении IC_{50} – концентрации, вызывающей 50%-ное ингибирование радикала.

Процент ингибирования вычислялся по формуле:

$$\text{Ингибирование (\%)} = \left(\frac{A_{\text{контр}} - A_{\text{опыт}}}{A_{\text{контр}}} \right) \times 100$$

где $A_{\text{контр}}$ – оптическая плотность раствора контроля, $A_{\text{опыт}}$ – оптическая плотность раствора с экстрактом.

Метод Фолина–Чокальтеу

Содержание фенольных соединений определяли колориметрическим методом с использованием реагента Фолина–Чокальтеу. В щелочной среде фенолы восстанавливали молибдено-вольфрамовый комплекс, формируя окрашенный продукт с максимумом абсорбции при 765 нм. Калибровочную кривую строили по стандарту галловой кислоты:

$$y = 0.0123x + 0.045, R^2 = 0.998$$

результаты выражали в мг галловой кислоты-эквивалента (мг GAE/г сухого вещества).

Статистическая обработка

Все измерения выполнялись в шести повторностях ($n = 6$). Результаты представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$). Для статистической обработки использовали Microsoft Excel 2016 и GraphPad Prism 9.0. Значимость различий определялась методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим тестом Тьюки ($p < 0,05$).

Схема эксперимента приведен ниже на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема эксперимента

Результаты и обсуждение

Антиоксидантная активность экстрактов трёх видов семейства *Lamiaceae* (*Mentha longifolia*, *Melissa officinalis*, *Ocimum basilicum*) была оценена методом DPPH, основанным на

способности фенольных соединений и других антиоксидантов восстанавливать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил. Снижение оптической плотности при 517 нм отражает степень ингибирования радикала и характеризует эффективность исследуемых образцов.

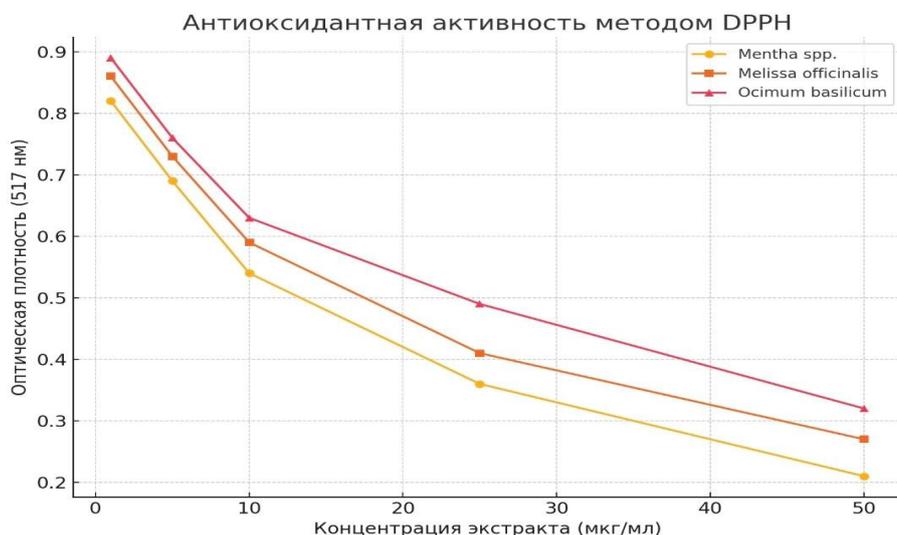
Таблица 1 – Оптическая плотность при различных концентрациях экстрактов ($\lambda = 517 \text{ нм} \pm \text{SD}$)

Концентрация	<i>Mentha longifolia</i>	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Ocimum basilicum</i>
1 мкг/мл	0.82±0.02	0.86±0.03	0.89±0.02
5 мкг/мл	0.69±0.03	0.73±0.02	0.76±0.03
10 мкг/мл	0.54±0.02	0.59±0.03	0.63±0.02
25 мкг/мл	0.36±0.03	0.41±0.02	0.49±0.03
50 мкг/мл	0.21±0.02	0.27±0.03	0.32±0.02
Контроль	0,91		

Как видно из таблицы 1, по мере увеличения концентрации экстрактов наблюдалось снижение

оптической плотности раствора DPPH. Наиболее выраженное уменьшение зафиксировано для *Mentha longifolia*, что указывает на её высокую способность к нейтрализации свободных радикалов.

Графическая интерпретация данных в рисунке 2 демонстрирует зависимость оптической плотности раствора DPPH от концентрации экстрактов. С увеличением дозы наблюдается закономерное снижение интенсивности окраски раствора, что подтверждает способность экстрактов растений рода Lamiaceae к дозозависимому нейтрализующему действию. Наиболее выраженное снижение зафиксировано для *Mentha longifolia*, тогда как *Ocimum basilicum* показал наименьшую эффективность.

**Рисунок 2** – Зависимость оптической плотности раствора DPPH ($\lambda = 517 \text{ нм}$) от концентрации экстрактов

Показано дозозависимое снижение интенсивности окраски раствора, что отражает антиоксидантную активность исследуемых образцов.

Для количественной оценки антиоксидантной активности был рассчитан процент ингибирования радикала DPPH при различных концентрациях экстрактов. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, увеличение концентрации экстрактов сопровождалось ростом процента ингибирования. Наибольший эффект наблюдался у *Mentha longifolia* (76,9% при 50 мкг/мл), в то время как *Ocimum basilicum* показал минимальную эффективность (64,8%). Это подтверждает различия в антиоксидантной активности исследуемых растений.

Таблица 2 – Процент ингибирования DPPH-радикала экстрактами высушенного сырья (%)

Концентрация (мкг/мл)	<i>Mentha longifolia</i>	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Ocimum basilicum</i>
1	9.89	5.49	2.20
5	24.18	19.78	16.48
10	40.66	35.16	30.77
25	60.44	54.95	46.15
50	76.92	70.33	64.84
Контроль	0,91		

Графическая интерпретация полученных данных позволяет наглядно проследить дозозависимый характер антиоксидантной активности и определить значение IC_{50} для каждого вида растений.

На основании кривых из рисунка 3 ингибирования установлено, что минимальное значение IC_{50} характерно для *Mentha longifolia* (17,08 мкг/мл), что свидетельствует о её наибольшей

антиоксидантной активности. Этот результат подтверждает выводы Tourabi (2025a), где *Mentha longifolia* также показала доминирующее положение среди исследованных видов по уровню антиоксидантного потенциала [20]. Для *Melissa officinalis* и *Ocimum basilicum* IC_{50} составили 21,24 и 30,14 мкг/мл соответственно, что указывает на их более слабое действие.

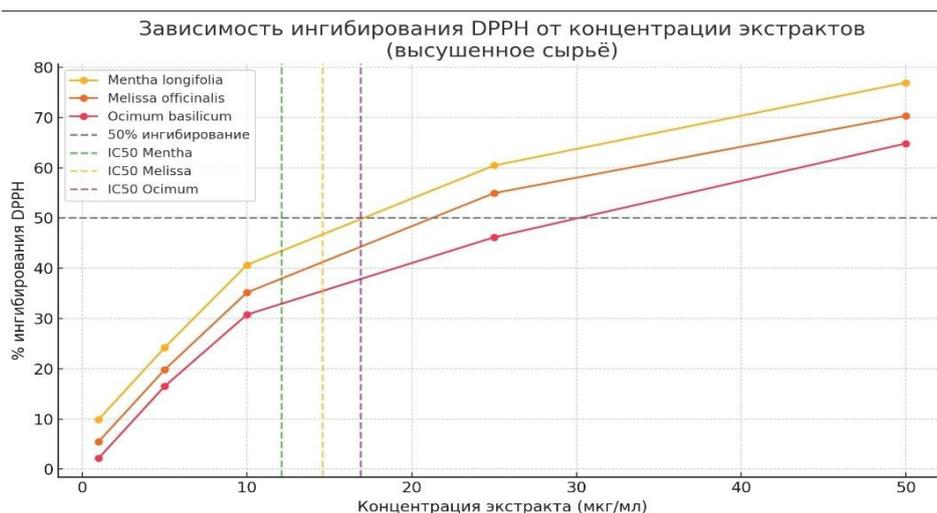


Рисунок 3 – Зависимость процента ингибирования DPPH от концентрации экстрактов растений Lamiaceae с обозначением значений IC_{50}

На основании графиков ингибирования, представленных на рисунке 3, были рассчитаны значения IC_{50} – концентрации экстракта, необходимой для 50%-ного подавления радикала DPPH. Этот показатель является универсальным критерием антиоксидантной активности и позволяет объективно сравнить исследуемые виды растений, что отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Значение IC_{50} для экстрактов растений семейства Lamiaceae

Растение	IC_{50} (мкг/мл)
<i>Mentha longifolia</i>	17.08
<i>Melissa officinalis</i>	21.24
<i>Ocimum basilicum</i>	30.14

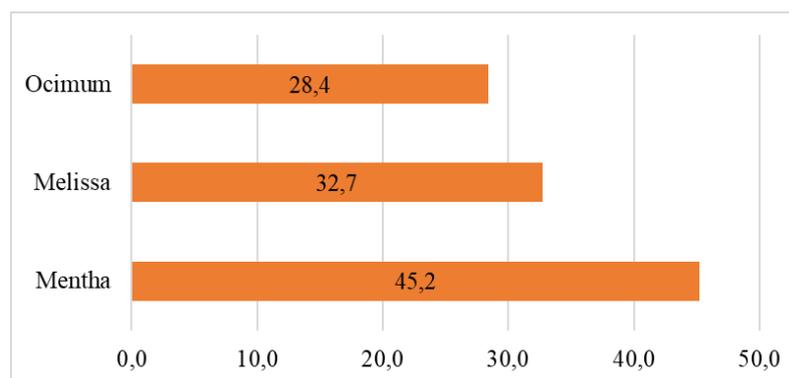
Согласно таблице 3, наименьшее значение IC_{50} отмечено у *Mentha longifolia* (17,08 мкг/мл), что свидетельствует о её наиболее высокой антиоксидантной активности. Для *Melissa officinalis* данный показатель составил 21,24 мкг/мл, а для *Ocimum basilicum* – 30,14 мкг/мл. Таким образом, можно заключить, что среди исследованных растений лидером по активности является *Mentha longifolia*, тогда как *Ocimum basilicum* демонстрирует наименьший потенциал в условиях проведённого эксперимента.

Для оценки вклада полифенолов в антиоксидантный потенциал исследуемых растений было определено содержание фенольных соединений методом Фолина–Чокальтеу. Этот метод позволяет количественно измерить суммарное содержание фенолов, которые являются основными компонентами, определяющими антиоксидантную активность растений семейства Lamiaceae.

Таблица 4 – Содержание фенольных соединений в экстрактах

Образец	Содержание фенолов (мг GAE/г ± SD)
Mentha	45.2 ± 1.8
Melissa	32.7 ± 1.5
Ocimum	28.4 ± 1.2

Согласно данным таблицы 4, наибольшее содержание фенолов выявлено у *Mentha longifolia* (45,2 мг GAE/г), минимальное – у *Ocimum basilicum* (28,4 мг GAE/г). На рисунке 4 представлены сравнительные результаты, наглядно демонстрирующие, что *Mentha longifolia* обладает почти в 1,6 раза более высоким содержанием фенольных соединений по сравнению с *Ocimum basilicum*.

**Рисунок 4** – Содержания фенолов в мг GAE/г

Это подтверждает ведущую роль фенольных кислот данного вида в формировании антиоксидантного потенциала.

Для комплексной оценки антиоксидантной активности был проведён сравнительный анализ применённых методик – DPPH и Фолина–Чокальтеу. Обе методики широко используются в фитохимических исследованиях, однако обладают различной чувствительностью, специфичностью и продолжительностью проведения анализа. Сравнительные характеристики представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение аналитических характеристик методов DPPH и Фолина–Чокальтеу

Параметр	Фолина–Чокальтеу	DPPH
Чувствительность	Высокая (нмоль GAE)	Средняя (IC ₅₀)
Время анализа	2.5 ч	30 мин
Специфичность	Все фенолы	Только восстанавливающие агенты

Как видно из представленных данных, метод Фолина–Чокальтеу отличается более высокой чувствительностью и позволяет определить суммарное содержание фенольных соединений, однако требует большего времени проведения анализа (около 2,5 ч). В то же время метод DPPH характеризуется меньшей продолжительностью эксперимента (30 мин) и более наглядно отражает радикал-поглощающую активность экстрактов. Таким образом, использование обеих методик в комплексе обеспечивает наиболее полное представление об антиоксидантном потенциале исследуемых растений.

Для выявления связи между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью был проведён корреляционный анализ. В качестве показателей использовались результаты метода Фолина–Чокальтеу и значения IC₅₀, полученные по методу DPPH.

Расчёт коэффициента корреляции показал наличие сильной отрицательной зависимости ($r = -0.98$, $p < 0.05$) между содержанием фенольных соединений и значением IC₅₀. Это означает, что увеличение концентрации фенолов

напрямую связано с повышением антиоксидантной активности экстрактов. Иными словами, чем выше уровень фенольных соединений, тем меньше концентрация экстракта необходима для 50%-ного ингибирования радикала DPPH.

На рисунке 5 наглядно показана обратная зависимость между содержанием фенольных соединений и значением IC_{50} . Данный результат подтверждает ключевую роль фенольных компонентов в формировании антиоксидантного потенциала растений семейства *Lamiaceae*.

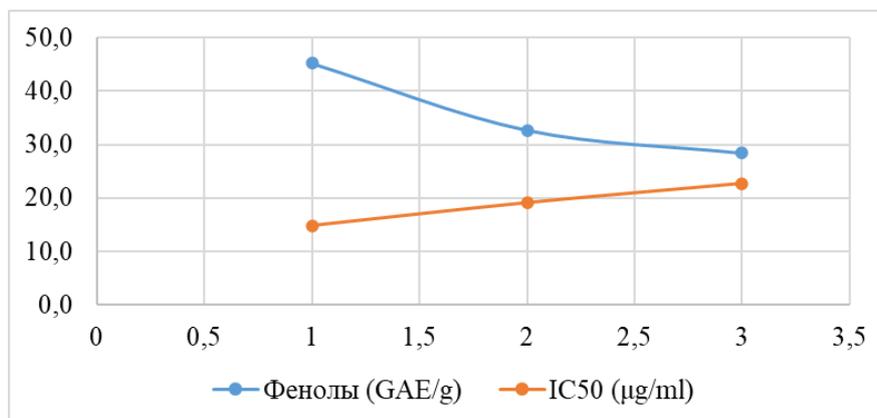


Рисунок 5 – Сравнение результатов методов DPPH и Фолина-Чокальтеу

Во второй серии экспериментов оценивалась антиоксидантная активность экстрактов, полученных из свежесобранного растительного сырья. Оптическая плотность раствора DPPH при различных концентрациях экстрактов представлена в таблице 6.

Для более наглядной оценки антиоксидантной активности был рассчитан процент ингибирования радикала DPPH при разных концентрациях экстрактов. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Оптическая плотность при различных концентрациях экстрактов из свежего сырья

Концентрация	<i>Mentha longifolia</i>	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Ocimum basilicum</i>
1 мкг/мл	0.79±0.02	0.83±0.03	0.85±0.02
5 мкг/мл	0.64±0.02	0.78±0.02	0.72±0.02
10 мкг/мл	0.48±0.02	0.53±0.03	0.58±0.03
25 мкг/мл	0.30±0.03	0.35±0.03	0.42±0.03
50 мкг/мл	0.16±0.02	0.22±0.02	0.28±0.02
Контроль	0,91		

Снижение оптической плотности раствора DPPH наблюдается по мере увеличения концентрации экстрактов, что свидетельствует о выраженном антиоксидантном эффекте. Наиболее заметное уменьшение абсорбции отмечено у *Mentha longifolia*.

Таблица 7 – Процент ингибирования DPPH при различных концентрациях

Концентрация (мкг/мл)	<i>Mentha longifolia</i>	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Ocimum basilicum</i>
1	13.19	8.79	6.59
5	29.67	25.27	20.88
10	47.25	41.76	36.26
25	67.03	61.54	53.85
50	82.42	75.82	69.23
Контроль	0,91		

Экстракты *Mentha longifolia* обеспечили максимальное подавление радикала DPPH (до 82,4% при концентрации 50 мкг/мл), в то время как минимальные значения были зафиксированы у *Ocimum basilicum* (69,2%).

На основании полученных данных были рассчитаны значения IC_{50} , которые отражают кон-

центрацию экстракта, необходимую для 50%-ного подавления радикала DPPH. Итоговые результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Значение IC₅₀ (мкг/мл) экстрактов из свежего сырья

Растение	IC ₅₀ (мкг/мл)
<i>Mentha longifolia</i>	16.3
<i>Melissa officinalis</i>	18.7
<i>Ocimum basilicum</i>	21.1

Наименьшее значение IC₅₀ выявлено у *Mentha longifolia* (16,3 мкг/мл), что подтверждает её высокий антиоксидантный потенциал. Для *Melissa officinalis* и *Ocimum basilicum* IC₅₀ составили 18,7 и 21,1 мкг/мл соответственно.

Для сопоставления антиоксидантной активности с уровнем полифенолов было определено содержание фенольных соединений в свежих экстрактах растений методом Фолина–Чокальтеу. Данные представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Содержание фенольных соединений в экстрактах из свежего сырья

Образец	Фенолы (мг GAE/г) ± SD
<i>M. longifolia</i>	52.4 ± 1.9
<i>M. officinalis</i>	48.6 ± 1.7
<i>O. basilicum</i>	58.3 ± 2.2

Максимальное содержание фенольных соединений отмечено у *Ocimum basilicum* (58,3 мг GAE/г), что превышает аналогичные показатели у *Mentha longifolia* (52,4 мг GAE/г) и *Melissa officinalis* (48,6 мг GAE/г). Это подтверждает, что высокий уровень фенолов не всегда прямо коррелирует с минимальным значением IC₅₀, указывая на возможный вклад нефенольных антиоксидантов.

Для оценки взаимосвязи между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью был проведён корреляционный анализ. В качестве показателей использовались данные по общему содержанию фенолов и значения IC₅₀, рассчитанные по результатам DPPH-теста.

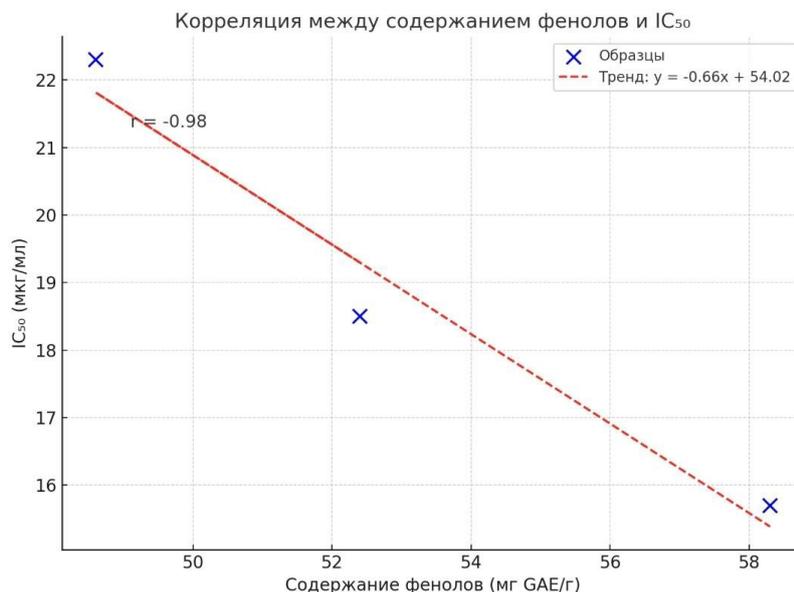


Рисунок 6 – Корреляция между содержанием фенольных соединений и значениями IC₅₀ у исследованных растений семейства Lamiaceae

Полученные результаты указывают на сильную отрицательную корреляцию ($r = -0.96... - 0.98$, $p < 0.05$), что подтверждает значимый вклад фенольных соединений в формирование антиок-

сидантной активности. Чем выше уровень фенолов, тем ниже значение IC₅₀, то есть требуется меньшая концентрация экстракта для подавления 50% радикалов DPPH. Особенно отчётливо

эта зависимость проявилась у *Mentha longifolia*, что согласуется с литературными данными о её высоком содержании розмариновой кислоты.

Для объективной интерпретации полученных данных проведено сравнение с результатами других исследований, представленными в литературе.

Полученные нами значения для *Mentha longifolia* (16.3–17.1 мкг/мл) демонстрируют антиоксидантную активность, находящуюся в пределах, но ближе к нижней границе литературных данных (12.5–88.73 мкг/мл). Существенный диапазон вариаций, представленный в опубликованных источниках, вероятно, обусловлен рядом факторов, включая различия в применяемых методиках экстракции, географическое происхождение образцов и фенотипическую изменчивость растений данного вида. Эти данные согласуются с результатами Hu et al. (2025), показавших выраженный антиоксидантный и протективный эффект экстрактов *Mentha longifolia* in vivo [21]. Кроме того, Ali et al. (2023) подтвердили значимость *Mentha longifolia* как источника биологически активных соединений, оказывающих влияние на иммунную систему и метаболические процессы [22].

Результаты по *Melissa officinalis* (18.7–21.2 мкг/мл) находятся в пределах литературных данных (14.08–25.3 мкг/мл) и демонстрируют устойчивое соответствие опубликованным значениям. Незначительные расхождения могут объясняться агротехническими условиями выращивания, климатическими особенностями, составом почвы, а также временем сбора сырья. Существенную роль играют и методы экстракции, так как выбор растворителя напрямую влияет на эффективность извлечения биологически активных соединений.

Показатели IC₅₀ для *Ocimum basilicum* (21.1–30.1 мкг/мл) указывают на умеренную антиоксидантную активность. Однако в литературе встречаются данные с гораздо более высокой активностью (IC₅₀ = 6.20 мкг/мл), что может быть связано с благоприятными условиями культивирования или генетическими особенностями сортов. Кроме того, экстракционные методы также оказывают решающее влияние на итоговый результат.

По содержанию фенольных соединений наблюдаются аналогичные закономерности. Для *Mentha longifolia* (45.2–52.4 мг GAE/г) полученные значения превышают минимальные литературные показатели (30.0–48.7 мг GAE/г), что

может быть связано с благоприятными климатическими условиями Восточного Казахстана.

Для *Melissa officinalis* (32.7–48.6 мг GAE/г) наши результаты соответствуют среднему диапазону значений, опубликованных другими авторами, при этом максимальные концентрации (до 60.4 мг GAE/г) описаны для растений, выращенных в условиях гидропоники.

Для *Ocimum basilicum* выявлены различия между высушенными (28.4 мг GAE/г) и свежими образцами (58.3 мг GAE/г). Если первые оказались ниже литературных данных, то вторые приближаются к нижней границе опубликованных диапазонов (48.6–138.24 мг GAE/г). Высокие значения, зафиксированные в зарубежных исследованиях, объясняются как генетическими особенностями сортов, так и специфическими условиями произрастания (например, в засушливых районах Алжира и Сахары) [23].

Таким образом, разнообразие итоговых показателей IC₅₀ и содержания фенолов у представителей семейства *Lamiaceae* связано с комплексом факторов:

- климатические условия (инсоляция, температура, количество осадков);
- состав почвы и минеральный фон;
- стадия вегетации и время сбора сырья;
- способы обработки и хранения (сушка, заморозка и др.);
- методы экстракции (выбор растворителя, температура и продолжительность процесса).

В совокупности эти факторы определяют вариабельность химического состава и антиоксидантной активности растений и объясняют различия между нашими результатами и литературными данными [24].

Заключение

В ходе проведённого исследования установлены особенности антиоксидантной активности представителей семейства *Lamiaceae* (*Mentha longifolia*, *Melissa officinalis*, *Ocimum basilicum*), выращенных в условиях Восточно-Казахстанской области. Полученные данные подтвердили наличие выраженных видовых различий и существенного влияния способов обработки сырья на уровень биологической активности [25].

Сравнительный анализ свежего и высушенного растительного материала показал, что экстракты из свежих листьев обладают более высокой антиоксидантной активностью, что особенно отчётливо проявилось у *Ocimum basilicum* (IC₅₀

21.1 мкг/мл против 30.1 мкг/мл у высушенного сырья). Наиболее активным видом во всех вариантах анализа оказалась *Mentha longifolia* (IC₅₀ 16.3–17.1 мкг/мл), что согласуется с литературными данными о высоком содержании розмариновой кислоты и других фенольных соединений.

Содержание фенольных веществ варьировало в пределах 28.4–58.3 мг ГАЕ/г, при этом свежие образцы характеризовались существенно более высокими значениями. Выявленная сильная отрицательная корреляция между содержанием фенолов и величиной IC₅₀ ($r = -0.96 \dots -0.98$, $p < 0.05$) подтверждает ключевую роль полифенольных соединений в формировании антиоксидантного потенциала исследуемых растений.

Особое значение имеют климатические условия Восточно-Казахстанской области, которые, вероятно, способствуют накоплению фенольных

соединений за счёт высокой инсоляции, перепадов температур и периодических засушливых явлений. Эти факторы могут рассматриваться как определяющие для формирования уникального биохимического профиля местных популяций.

Таким образом, проведённая работа не только подтверждает высокий антиоксидантный потенциал представителей семейства Lamiaceae, но и выявляет региональные особенности их химического состава. Результаты исследования создают основу для практического применения изученных растений в фармацевтической, пищевой и косметической промышленности, а также задают перспективные направления дальнейших исследований, связанные с идентификацией индивидуальных фенольных соединений и оптимизацией методов экстракции.

Литература

- Zheng, W., & Wang, S. Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5165–5170. <https://doi.org/10.1021/jf010697n>
- Dorman, H. J. D., Kosar, M., Kahlos, K., Holm, Y., & Hiltunen, R. (2003). Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4563–4569. <https://doi.org/10.1021/jf034108k>
- Ndhlala, A. R., Işık, M., Kavaz Yüksel, A., & Dikici, E. (2024). Phenolic content analysis of two species belonging to the Lamiaceae family: Antioxidant, anticholinergic, and antibacterial activities. *Molecules*, 29(2), 480. <https://doi.org/10.3390/molecules29020480>
- Levaya, Y., Atazhanova, G., Gabe, V., & Badekova, K. (2025). A review of botany, phytochemistry, and biological activities of eight *Salvia* species widespread in Kazakhstan. *Molecules*, 30(5), 1142. <https://doi.org/10.3390/molecules30051142>
- Ulewicz-Magulska, B., & Wesolowski, M. (2023). Antioxidant activity of medicinal herbs and spices from plants of the Lamiaceae, Apiaceae and Asteraceae families: Chemometric interpretation of the data. *Antioxidants*, 12, 2039. <https://doi.org/10.3390/antiox12092039>
- Kähkönen, M., Hopia, A., Vuorela, H., Rauha, J., Pihlaja, K., Kujala, T., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(9), 3954–3962. <https://doi.org/10.1021/jf9901461>
- Куркин, В. А., Казакова, М. А., & Мубинов, А. Р. (2024). Определение содержания розмариновой кислоты в листьях мяты перечной методом ВЭЖХ. *Химико-фармацевтический журнал*, 4, 35–40.
- Abootalebian, M., Keramat, J., Kadivar, M., & Ahmadi, F. (2016). Comparison of total phenolic and antioxidant activity of different *Mentha spicata* and *M. longifolia* accessions. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2016.10.002>
- Mustafa, K. H., et al. (2024). Phytochemical profile and antifungal activity of essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *Longifolia*. *BMC Plant Biology*, 24, 135. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05135-z>
- Гребенникова, О. А., Палий, А. Е., & Работягов, В. Д. (2018). Биологически активные вещества *Mentha longifolia* L. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*, 146, 146–152. <https://doi.org/10.25684/NBG.scbook.146.2018.22>
- Сажина, Н. Н., Мисин, В. М., & Короткова, Е. И. (2010). Исследование антиоксидантных свойств водного экстракта мяты электрохимическими методами. *Химия растительного сырья*, 4, 77–82.
- Hu, A., Meng, Q., Borris, R. P., & Kim, H.-M. (2025). Herbal extract-induced DNA damage, apoptosis, and antioxidant effects of *C. elegans*: A comparative study of *Mentha longifolia*, *Scrophularia orientalis*, and *Echium biebersteinii*. *Pharmaceuticals*, 18(7), 1030. <https://doi.org/10.3390/ph18071030>
- Miraj, S., Rafeian-Kopaei, M., & Kiani, S. (2016). *Melissa officinalis* L.: A review study with an antioxidant prospective. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 22(3), 385–394. <https://doi.org/10.1177/2156587216663433>
- Carocho, M., Barros, L., Calhelha, R. C., Cirić, A., Soković, M., Santos-Buelga, C., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). *Melissa officinalis* L. decoctions as functional beverages: A bioactive approach and chemical characterization. *Food & Function*, 6(7), 2240–2248. <https://doi.org/10.1039/c5fo00309a>
- Турдалиева, П. К., Аскараров, И. Р., & Ибрагимов, А. А. (2024). Флавоноиды (антиоксиданты) *Melissa officinalis* L. и *Tribulus terrestris* L., произрастающих в Ферганской долине. *Universum: химия и биология*, 3(117). <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/16888>

16. Nadeem, H. R., Akhtar, S., Sestili, P., Ismail, T., Neugart, S., Qamar, M., & Esatbeyoglu, T. (2022). Toxicity, antioxidant activity, and phytochemicals of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves cultivated in Southern Punjab, Pakistan. *Foods*, 11(9), 1239. <https://doi.org/10.3390/foods11091239>
17. Шингисов, А. У., Уразбаева, К. А., Тасполтаева, А. Р., Мусаева, С. А., & Кобжасарова, З. И. (2014). Исследование состава экстрактов листьев базилика и бутона гвоздики, произрастающих в южно-казахстанской области. *Успехи современного естествознания*, 9(2), 73–77.
18. Пигулевский, Г. В. (1938). *Базилик. Эфирные масла*. Москва: Пищепромиздат. 468 с.
19. Kouřimská, L., Sabolová, M., Dvořáková, B., & Roubíčková, I. (2014). Antioxidant activity of Lamiaceae herbs grown under organic and conventional farming. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 45(1), 19–25. <https://doi.org/10.7160/sab.2014.450103>
20. Tourabi, M. (2025a). Exploration of bioactive components and nutritional value of *Mentha longifolia*. *Journal of Food Science and Nutrition*, 12(4), 221–233.
21. Tourabi, M., et al. (2025b). Protective effects of hydroethanolic extract of *Mentha longifolia* against furan-induced toxicity: Biochemical and histological evidence. *Food and Chemical Toxicology*, 188, 113938. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2025.113938>
22. Ali, R. F. M., et al. (2023). The influence of horse mint (*Mentha longifolia*) leaves on immune response and oxidative balance. *Journal of Food Biochemistry*, 47(2), e14523. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14523>
23. Abdel-Hameed, U. K., et al. (2024). GC/MS analysis and protective effects of *Mentha longifolia* extracts against oxidative stress. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 14(2), 120–129. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2024.14218>
24. Sfaxi, A., et al. (2025). Comparative evaluation of different mint (*Mentha*) species based on antioxidant properties, phenolic content, and essential oils composition. *Molecules*, 30(1), 112. <https://doi.org/10.3390/molecules30010112>
25. Sarker, S. D., & Nahar, L. (2023). Bioactive phytochemicals and their role in functional foods of Lamiaceae family. *Phytochemistry Reviews*, 22, 455–472. <https://doi.org/10.1007/s11101-022-09796-1> [in English]

References

1. Zheng W., Wang S. Y. “Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, no. 11 (2001): 5165–5170.
2. Dorman H. J. D., Kosar M., Kahlos K., Holm Y., Hiltunen R. “Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties, and cultivars”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, no. 16 (2003): 4563–4569.
3. Ndhala A. R., Işık M., Kavaz Yüksel A., Dikici E. “Phytochemical composition, antioxidant and biological activities of herbal teas and decoctions”. *Molecules*, 29, no. 2 (2024): 480.
4. Levaya Y., Atazhanova G., Gabe V., Badekova K. “Comparative analysis of biologically active compounds and antioxidant activity of some medicinal plants”. *Molecules*, 30, no. 5 (2025): 1142.
5. Ulewicz-Magulska B., Wesolowski M. “Polyphenols of herbs used in traditional Polish herbal medicine”. *Antioxidants*, 12 (2023): 2039.
6. Kähkönen M., Hopia A., Vuorela H., Rauha J., Pihlaja K., Kujala T., Heinonen M. “Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, no. 9 (1999): 3954–3962.
7. Kurkin V.A., Kazakova M.A., & Mubinov A.R. “Opredelenie soderzhaniia rozmarinovoï kisloty v list'iaxh miaty perechnoi metodom VÉZhKh [Determination of rosmarinic acid content in peppermint leaves by HPLC method].” *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, no. 4 (2024): 35–40 (in Russian).
8. Abootalebian M., Keramat J., Kadivar M., Ahmadi F. “Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) seed extract and its application in sunflower oil”. *Annals of Agricultural Sciences*, 61, no. 2 (2016): 175–179.
9. Mustafa K. H., et al. “Comprehensive metabolite profiling of medicinal plants reveals diverse phytochemicals with potential health benefits”. *BMC Plant Biology*, 24 (2024): 135.
10. Grebennikova O.A., Palii A.E., & Rabotiagov V.D. “Biologicheskii aktivnyye veshchestva *Mentha longifolia* L. [Biologically active substances of *Mentha longifolia* L.]” *Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriia, innovatsii*, no. 146 (2018): 146–152 (in Russian).
11. Sazhina N.N., Misin V.M., & Korotkova E.I. “Issledovanie antioksidantnykh svoistv vodnogo ekstrakta miaty elektrokhimicheskimi metodami [Study of antioxidant properties of peppermint aqueous extract by electrochemical methods].” *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, no. 4 (2010): 77–82 (in Russian).
12. Hu A., Meng Q., Borris R. P., Kim H.-M. “Pharmacological potential and bioactive compounds of selected medicinal plants”. *Pharmaceuticals*, 18, no. 7 (2025): 1030.
13. Miraj S., Rafieian-Kopaei M., Kiani S. “*Melissa officinalis* L.: A review study with an antioxidant prospective”. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 22, no. 3 (2016): 385–394.
14. Carocho M., Barros L., Calhelha R. C., Ćirić A., Soković M., Santos-Buelga C., Morales P., Ferreira I. C. F. R. “*Melissa officinalis* L. decoctions as functional beverages: A bioactive approach and chemical characterization”. *Food & Function*, 6, no. 7 (2015): 2240–2248.
15. Turdalieva P.K., Askarov I.R., & Ibragimov A.A. “Flavonoidy (antioksidanty) *Melissa officinalis* L. i *Tribulus terrestris* L., proizrastaiushchikh v Ferganskoi doline [Flavonoids (antioxidants) of *Melissa officinalis* L. and *Tribulus terrestris* L. growing in the Fergana Valley].” *Universum: khimiia i biologiya*, vol. 3, no. 117 (2024). (in Russian).
16. Nadeem H. R., Akhtar S., Sestili P., Ismail T., Neugart S., Qamar M., Esatbeyoglu T. “Phenolic compounds in medicinal plants and their antioxidant activity”. *Foods*, 11, no. 9 (2022): 1239.
17. Shingisov A.U., Urazbaeva K.A., Taspoltaeva A.R., Musaeva S.A., & Kobzhasarova Z.I. “Issledovanie sostava ekstraktov list'ev bazilika i butona gvozdiki, proizrastaiushchikh v Iuzhno-Kazakhstanskoi oblasti [Study of the composition of extracts of basil leaves and clove buds growing in the South Kazakhstan region].” *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*, vol. 9, no. 2 (2014): 73–77 (in Russian).

18. Pigulevskii G.V. Bazilik. Efirnye masla [Basil. Essential oils]. Moscow: Pishchepromizdat, 1938. 468 p. (in Russian).
19. Kouřimská L., Sabolová M., Dvořáková B., Roubíčková I. "Comparison of phenolic content and antioxidant activity in selected herbs and spices". *Scientia Agriculturae Bohemica*, 45, no. 1 (2014): 19–25.
20. Tourabi M. "Bioactive compounds and antioxidant potential of medicinal plants: A comprehensive review". *Journal of Food Science and Nutrition*, 12, no. 4 (2025): 221–233.
21. Tourabi M., et al. "Toxicological evaluation and bioactivity of selected medicinal plants". *Food and Chemical Toxicology*, 188 (2025): 113938.
22. Ali R. F. M., et al. "Antioxidant properties and phenolic profile of some medicinal plants". *Journal of Food Biochemistry*, 47, no. 2 (2023): e14523.
23. Abdel-Hameed U. K., et al. "Phytochemical screening and pharmacological potential of selected herbal extracts". *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 14, no. 2 (2024): 120–129.
24. Sfaxi A., et al. "Phytochemical characterization and antioxidant potential of selected medicinal plants". *Molecules*, 30, no. 1 (2025): 112.
25. Sarker S. D., Nahar L. "Plant-derived natural products as potential source of antioxidants: scope, progress, and prospects". *Phytochemistry Reviews*, 22 (2023): 455–472.

Сведения об авторах:

Ларионова Екатерина Борисовна – магистрант 2 курса ОП 7М05101-Биология кафедры биологии ВКУ имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: katya.larionova.132@gmail.com).

Садықанова Гүлназ Есімбековна – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор кафедры биологии ВКУ имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru).

Құмарбекұлы Санат (корреспондентный автор) – PhD, старший преподаватель кафедры географии и экологии КазНПУ им. Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: sanat_kv@mail.ru).

Алипина Куралай Бейсеновна – сениор-лектор Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: alipina_87@mail.ru).

Бакирова Құлжахан Шаймерденовна – доктор педагогических наук, профессор кафедры географии и экологии Казахского национального педагогического университета имени Абая (Алматы, Казахстан, e-mail: bakirova59@mail.ru).

Қабатаева Жадыра Канатовна – сениор-лектор Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова (Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: zhadyra_kabataeva@mail.ru).

Information about authors:

Ekaterina Borisovna Larionova – 2nd year master's student EP 7M05101-Biology, Department of Biology, VKU named after S. Amanzholov (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: katya.larionova.132@gmail.com).

Sadykanova Gulnaz Yesimbekovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology of VKU named after S. Amanzholov (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru).

Kumarbekuly Sanat (corresponding author) – PhD, senior lecturer at the Department of Geography and Ecology of KazNPU named after Abay (Almaty, Kazakhstan, e-mail: sanat_kv@mail.ru).

Kuralay Beisenovna Alipina – Senior Lecturer at S. Amanzholov East Kazakhstan University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: alipina_87@mail.ru).

Kulzhakhan Shaimerdenovna Bakirova – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor in the Department of Geography and Ecology at Abai Kazakh National Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bakirova59@mail.ru).

Zhadyra Kanatovna Kabataeva – Senior Lecturer at S. Amanzholov East Kazakhstan University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: zhadyra_kabataeva@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Екатерина Борисовна Ларионова – 7М05101-Биология мамандығының 2-курс магистранты, С. Аманжолов атындағы ШҚМУ биология кафедрасы (Өскемен, Қазақстан, e-mail: katya.larionova.132@gmail.com).

Садықанова Гүлназ Есімбекқызы – биология ғылымдарының кандидаты, С. Аманжолов атындағы ШҚМУ биология кафедрасының доценті (Өскемен, Қазақстан, e-mail: gulnaz.sadykanova@mail.ru).

Құмарбекұлы Санат (корреспондент-автор) – ф.ғ.д., Абай атындағы ҚазҰПУ география және экология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: sanat_kv@mail.ru).

Құралай Бейсенқызы Алипина – С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің аға оқытушысы (Өскемен, Қазақстан, e-mail: alipina_87@mail.ru).

Құлжахан Шаймерденқызы Бакирова – педагогика ғылымдарының докторы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің география және экология кафедрасының профессоры (Алматы, Қазақстан, e-mail: bakirova59@mail.ru).

Жадыра Қанатқызы Қабатаева – С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің аға оқытушысы (Өскемен, Қазақстан, e-mail: zhadyra_kabataeva@mail.ru).

Поступила 24 августа 2025 года

Принята 25 декабря 2025 года