

Статья поступила в редакцию: 19.05.2026

Статья принята к публикации: 02.06.2026

Статья опубликована: 07.08.2026

УДК 543.3+634.24

DOI: 10.32743/UniChem.2026.146.8.22915

Сравнительный анализ макро- и микроэлементного состава листьев и незрелых плодов (гуры) *Morus nigra* L. методом ИСП-ОЭС

Шерматова Шахнозахон Шерзод кизи
студент

кафедры химии, Ферганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Фергана

Назаров Отабек Мамадалиевич
PhD

доц. кафедры химии, Ферганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: bek.nazar.2070@mail.ru

Амирова Тойирахон Шералиевна
PhD

доц. кафедры химии, Ферганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Фергана

Comparative analysis of macro- and microelement composition of leaves and unripe fruits (gura) of *Morus nigra* L. by ICP-OES method

Shermatova Shakhnozakhon

student of the Department of Chemistry, Fergana State University
Republic of Uzbekistan, Fergana

Nazarov Otabek

PhD, Associate Professor
of the Department of Chemistry, Fergana State University
Republic of Uzbekistan, Fergana

Amirova Toyirakhon

PhD, Associate Professor
of the Department of Chemistry, Fergana State University
Republic of Uzbekistan, Fergana

Аннотация

Morus nigra L. (шелковица чёрная) широко известна своим богатым фитохимическим профилем и разнообразными фармакологическими свойствами. В то время как химический состав зрелых плодов изучен достаточно подробно, данные о распределении элементов в

Библиографическое описание: Шерматова Ш.Ш. кизи, Назаров О.М., Амирова Т.Ш. Сравнительный анализ макро- и микроэлементного состава листьев и незрелых плодов (гуры) *Morus nigra* L. методом ИСП-ОЭС // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2026. 8(146). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/22915>

вегетативных и незрелых генеративных органах растения в литературе практически отсутствуют. В данной работе представлен сравнительный анализ макро- и микроэлементного состава листьев и незрелых плодов (гуры) *Morus nigra* L., собранных в фазу интенсивного роста (конец апреля) в условиях Ферганской долины Узбекистана. Количественное определение содержания элементов проводили методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС). В ходе анализа обнаружено 29 элементов. В плодах общее содержание минеральных элементов составило 7665 мг/кг, а в листьях 7985 мг/кг. Анализ выявил значительные различия в аккумуляции эссенциальных макроэлементов (K, Ca, Mg, P) и жизненно важных микроэлементов (Fe, Zn, Cu, Mn) между исследованными частями растения. Листья продемонстрировали более высокую способность к накоплению структурных минеральных компонентов, в то время как незрелые плоды (гуры) характеризовались специфическим элементным профилем с высоким содержанием мобильных питательных веществ, характерных для данной стадии развития. Полученные данные позволяют глубже понять механизмы транспорта минеральных веществ в организме *Morus nigra* L. и свидетельствуют о том, что незрелые плоды чёрной шелковицы обладают высокой питательной и потенциальной фармацевтической ценностью благодаря своему специфическому элементному балансу.

Abstract

Morus nigra L. (black mulberry) is widely recognized for its rich phytochemical profile and diverse pharmacological properties. While the chemical composition of mature fruits has been studied in sufficient detail, literature data on the distribution of elements in the vegetative and immature generative organs of the plant are virtually non-existent. This study presents a comparative analysis of the macro- and microelement composition of *Morus nigra* L. leaves and unripe fruits (locally known as «gura»), collected during the intensive growth phase (late April) under the conditions of the Fergana Valley, Uzbekistan. The quantitative determination of elemental content was performed using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). A total of 29 elements were detected in the course of the analysis. The total content of mineral elements was found to be 7665 mg/kg in the fruits and 7985 mg/kg in the leaves. The analysis revealed significant differences in the accumulation of essential macroelements (K, Ca, Mg, P) and vital microelements (Fe, Zn, Cu, Mn) between the studied parts of the plant. The leaves demonstrated a higher capacity for accumulating structural mineral components, whereas the unripe fruits (gura) were characterized by a specific elemental profile with a high content of mobile nutrients characteristic of this development stage. The obtained data provide a deeper understanding of the mechanisms of mineral transport within the *Morus nigra* L. organism and indicate that the unripe fruits of black mulberry possess high nutritional and potential pharmaceutical value due to their specific elemental balance.

Ключевые слова: *Morus nigra* L, листья, незрелые плоды, гуры, ИСП-ОЭС, макроэлементы, микроэлементы, минеральный профиль.

Keywords: *Morus nigra* L, leaves, unripe fruits, gura, ICP-OES, macroelements, microelements, mineral composition.

Введение

Morus nigra L. (чёрная шелковица) – листопадное древесное цветковое растение семейства Moraceae рода *Morus*, характеризующееся высокой экологической адаптивностью к различным почвенно-климатическим условиям, засухоустойчивостью и широким ареалом культивирования в регионах с тёплым умеренным и субтропическим климатом [6, 11, 13, 15]. Морфологически плоды *Morus nigra* L. представляют собой сочные многокостянки, формирующие единое соплодие, которое в фазе полной зрелости приобретает тёмно-фиолетовую окраску, выраженный сладко-кислый вкус и высокую сочность благодаря значительному накоплению сахаров, органических кислот и витаминных компонентов [6].

Значительный пласт современных исследований посвящен изучению терапевтических свойств и фитохимического профиля данного вида. В научной литературе подробно систематизирован исторический опыт применения различных вегетативных и генеративных органов тутовника в древней, восточной и современной народной медицине в качестве гипогликемических, противовоспалительных и антисептических средств, что создает научно-историческую базу для их дальнейшего фитохимического изучения [1,4]. По данным химического скрининга, биомасса *Morus nigra* L. содержит углеводы (8–14 %), белки (1–1,5 %), липиды (0,5–0,9 %), витамины (B1, B2, B3, C) и комплекс минеральных веществ [16,18]. Среди вторичных метаболитов черной шелковицы ключевое фармакологическое значение имеют полифенольные соединения, антоцианы (цианидин-3-О-глюкозид, цианидин-3-О-рутинозид, пеларгонидин-3-О-глюкозид), флавоноиды и их гликозиды (кверцетин-3-О-рутинозид, изокверцетин, кверцетин), гидроксикоричные кислоты (хлорогеновая кислота), а также специфические алкалоиды, бензофураны и халконы (моранигрин А, морузамин, морацин D, E, изобавакалькон, бакухалкон), кумарины (умбеллиферон, 6,7-дигидроксикумарин) и фенольные альдегиды [5, 12, 14, 17].

В ряде исследований проведено подробное морфолого-анатомическое изучение соплодий *Morus nigra* L., где определены ключевые диагностические признаки сырья, необходимые для его аутентификации и стандартизации как лекарственного растительного сырья [2], а полученные данные по химическому составу ягод черной шелковицы выявили высокий уровень органических кислот, сахаров и антоцианового комплекса, определяющего выраженные антиоксидантные свойства плодов [3]. Сравнительный анализ биохимических маркеров разных видов шелковицы позволяет оценить метаболическую специфику каждого из них. Так, сравнительная оценка антиоксидантной активности и общего биохимического состава *Morus alba* L. и *Morus nigra* L. доказала, что черная шелковица превосходит белую по концентрации фенольных соединений и интегральной антиоксидантной емкости [10]. Изучение аминокислотного профиля листьев трех видов – *Morus nigra* L., *Morus alba* L. и *Morus rubra* L., установило присутствие широкого спектра незаменимых аминокислот, динамика и количественное содержание которых строго варьируют в зависимости от вида растения [9]. Кроме того, фармакологическая активность вегетативных органов на клеточном уровне экспериментально обоснована в условиях *in vitro*: доказано выраженное модулирующее влияние отваров листьев белого и черного тутовника на функциональную активность лейкоцитов крови человека и экспериментальных животных, что подтверждает их высокий иммуностропный и противовоспалительный потенциал [7,8].

Несмотря на широкую изученность органического состава зрелых плодов, до сих пор остаётся неизученным комплексный макро- и микроэлементный профиль вегетативных и незрелых генеративных органов шелковицы чёрной на ранних стадиях вегетации. В частности, отсутствуют многоэлементные данные о динамике перераспределения элементов между листьями и незрелыми плодами (гуры) в период их интенсивного роста, а сам элементный состав локальной популяции *Morus nigra* L., адаптированной к специфическим почвенно-климатическим условиям Ферганской долины Узбекистана, ранее не подвергался системному анализу. Целью данной работы является изучение минерального состава *Morus nigra* L. методом оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-ОЭС) и оценка её биологической ценности.

Материалы и методы

Листья и незрелые плоды (гуры) *Morus nigra* L. были собраны в Алтыарыкском районе Ферганской области Республики Узбекистан в конце апреля 2026 года. Для анализа листьев и незрелых плодов (гуры) *Morus nigra* L. образцы предварительно высушивали в обычном сушильном шкафу с естественной конвекцией VWR серии DRY-line при температуре 60 – 65°C в течение 24 – 48 часов до достижения постоянной массы с целью удаления влаги. После полного высушивания воздушно-сухую массу измельчали и минерализовали для получения прозрачного раствора для получения прозрачного раствора. Для этого на аналитических весах FA220 4N отвешивали 200 мг сухого материала. Минерализацию образцов проводили с использованием системы микроволнового разложения Milestone Ethos Easy. В реакционную пробирку помещали 200 мг образца, затем добавляли 6 мл азотной кислоты, очищенной методом дистилляции с использованием установки Distillacid BSB-939-IR, работающей на основе инфракрасного излучения, а также 2 мл перекиси водорода в качестве окислителя. Смесь подвергали минерализации при температуре 180°C в течение 20 минут. После завершения процесса минерализации содержимое пробирки переносили в отдельную коническую мерную колбу и доводили объем раствора до 25 мл дистиллированной водой BIOSAN. Полученный раствор переносили в специальные пробирки автосамплера и подготавливали к проведению анализа. Исследование образцов выполняли методом ИСП-ОЭС на оптическом эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Perkin Elmer Avio 200. Измерения проводились в режиме аксиального обзора плазмы для микроэлементов и радиального – для макроэлементов при следующих оптимизированных параметрах: высокочастотная мощность плазмы: 1300–1500 Вт (стандартно 1500 Вт); расход охлаждающего потока аргона (плазмообразующий газ): 15,0 л/мин; расход вспомогательного потока аргона: 0,2 л/мин; расход распылительного потока аргона (небулайзер): 0,6 – 0,7 л/мин; скорость подачи образца перистальтическим насосом: 1,0 – 1,5 мл/мин. В качестве системы распыления использовался поперечно-поточный небулайзер (Cross-Flow) и распылительная камера Скотта (Scott spray chamber), устойчивая к органическим матрицам. Количественное определение макро- и микроэлементов проводили с использованием соответствующих калибровочных растворов и аналитических длин волн для каждого элемента. Для оценки точности и воспроизводимости результатов рассчитывали значения стандартного отклонения (SD) на основе серии параллельных

измерений. Полученные величины SD, приведенные в таблице рядом со средними значениями, находились в пределах допустимых норм, что свидетельствует о высокой воспроизводимости и надёжности применяемого метода анализа.

Результаты и обсуждение

В листьях и незрелых плодах *Morus nigra* L. в результате анализов были обнаружены 29 элементов. Из обнаруженных элементов 6 относятся к макроэлементам, 16 к микроэлементам и 7 к токсичным и тяжёлым металлам. В плодах общее содержание минеральных элементов составило 7665 мг/кг, а в листьях 7985 мг/кг (Таблица 1.).

Таблица 1.

Макро- и микроэлементный состав листьев и незрелых плодов *Morus nigra* L. (n = 3, P = 0.95)

Элемент	Длина волны (нм)	Незрелые плоды, мг/кг	S_r	Листья, мг/кг	S_r
Li	670.784	4,4 ± 0,6	0.14	5,3 ± 0,6	0.11
B	249.677	17,3 ± 3,5	0.20	12,3 ± 3,5	0.28
Na	589.592	2124,0 ± 54,8	0.03	2046,5 ± 54,8	0.03
Mg	285.213	906,2 ± 164,8	0.18	673,1 ± 164,8	0.24
Al	396.153	62,3 ± 8,4	0.13	74,2 ± 8,4	0.11
Si	251.611	210,1 ± 183,3	0.87	469,3 ± 183,3	0.39
P	213.617	627,5 ± 17,0	0.03	651,6 ± 17,0	0.03
S	181.975	430,2 ± 87,0	0.20	553,3 ± 87,0	0.16
K	766.490	1574,3 ± 347,3	0.22	2065,4 ± 347,3	0.17
Ca	317.933	1355,3 ± 97,3	0.07	1217,7 ± 97,3	0.08
Ti	334.940	6,4 ± 0,1	0.02	6,3 ± 0,1	0.02
V	292.464	4,1 ± 0,4	0.10	4,6 ± 0,4	0.09
Cr	267.716	3,7 ± 0,3	0.08	3,3 ± 0,3	0.09
Mn	257.610	6,8 ± 1,2	0.18	8,5 ± 1,2	0.14
Fe	238.204	211,7 ± 83,4	0.39	93,7 ± 83,4	0.89
Co	228.616	0,6 ± 0,0	0.00	0,6 ± 0,0	0.00
Ni	231.604	5,5 ± 0,4	0.07	5,0 ± 0,4	0.08
Cu	327.393	10,2 ± 5,1	0.50	3,0 ± 5,1	1.70
Zn	206.200	12,5 ± 4,0	0.32	6,9 ± 4,0	0.58
As	193.696	7,1 ± 0,3	0.04	7,5 ± 0,3	0.04
Se	196.026	26,5 ± 0,7	0.03	25,5 ± 0,7	0.03
Sr	407.771	34,0 ± 7,8	0.23	23,0 ± 7,8	0.34
Mo	202.031	3,1 ± 0,2	0.06	2,8 ± 0,2	0.07
Ag	328.068	-	—	-	—
Cd	228.802	0,3 ± 0,0	0.00	0,3 ± 0,0	0.00
Sn	189.927	2,1 ± 0,8	0.38	3,3 ± 0,8	0.24
Sb	206.836	4,2 ± 0,2	0.05	4,5 ± 0,2	0.04
Ba	233.527	0,8 ± 2,2	2.75	3,9 ± 2,2	0.56
Pb	220.353	7,6 ± 0,4	0.05	7,1 ± 0,4	0.06
Bi	223.061	5,7 ± 0,7	0.12	6,7 ± 0,7	0.10

Элемент	Длина волны (нм)	Незрелые плоды, мг/кг	S_r	Листья, мг/кг	S_r
Итого		7665		7985	

Примечание: Данные представлены в виде $M \pm SD$ (где M — среднее значение, SD — абсолютное стандартное отклонение); S_r — относительное стандартное отклонение (RSD в долях единицы).

Из макроэлементов обнаружены натрий, магний, фосфор, сера, калий и кальций, в листьях (7210 мг/кг) сумма макроэлементов больше, чем в незрелых плодах (7020 мг/кг). В плодах содержание макроэлементов увеличивается в следующем порядке: $S < P < Mg < Ca < K < Na$, а в листьях $S < P < Mg < Ca < Na < K$ (Рис 1.). В незрелых плодах преобладает натрий, количество которого больше, чем в листьях на 77,5 мг/кг. В листьях преобладает калий, содержание которого на 19,9 мг/кг больше, чем натрий. Но в незрелых плодах количество калия намного ниже чем количество натрия. В незрелых плодах содержание кальция и магния больше, чем в листьях. А листьях количество фосфора и серы преобладают, чем незрелых плодах. Калий и натрий играют ключевую роль в поддержании водно-солевого баланса и регуляции объёма жидкости в организме. Натрий удерживает воду в тканях, в то время как калий способствует выведению её избытка, предотвращая отеки. Вместе эти элементы обеспечивают правильную работу калий-натриевого насоса, который необходим для передачи нервных импульсов и сокращения мышц. Кроме того, оптимальное соотношение калия и натрия помогает контролировать уровень артериального давления и защищает сердечно-сосудистую систему. Полноценное поступление обоих минералов с пищей крайне важно для нормального функционирования всех клеток и поддержания высокой энергии. В незрелых плодах и листьях *Morus nigra* L. в результате анализов обнаружены следующие микроэлементы: Литий (Li), бор (B), алюминий (Al), кремний (Si), титан (Ti), ванадий (V), хром (Cr), марганец (Mn), железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), медь (Cu), цинк (Zn), селен (Se), стронций (Sr), молибден (Mo) (Рис 2.). В незрелых плодах содержание микроэлементов увеличивается в следующем порядке: $Co < Mo < Cr < V < Li < Ni < Ti < Mn < Cu < Zn < B < Se < Sr < Al < Si < Fe$, а в листьях $Co < Mo < Cu < Cr < V < Ni < Li < Ti < Zn < Mn < B < Sr < Se < Al < Fe < Si$

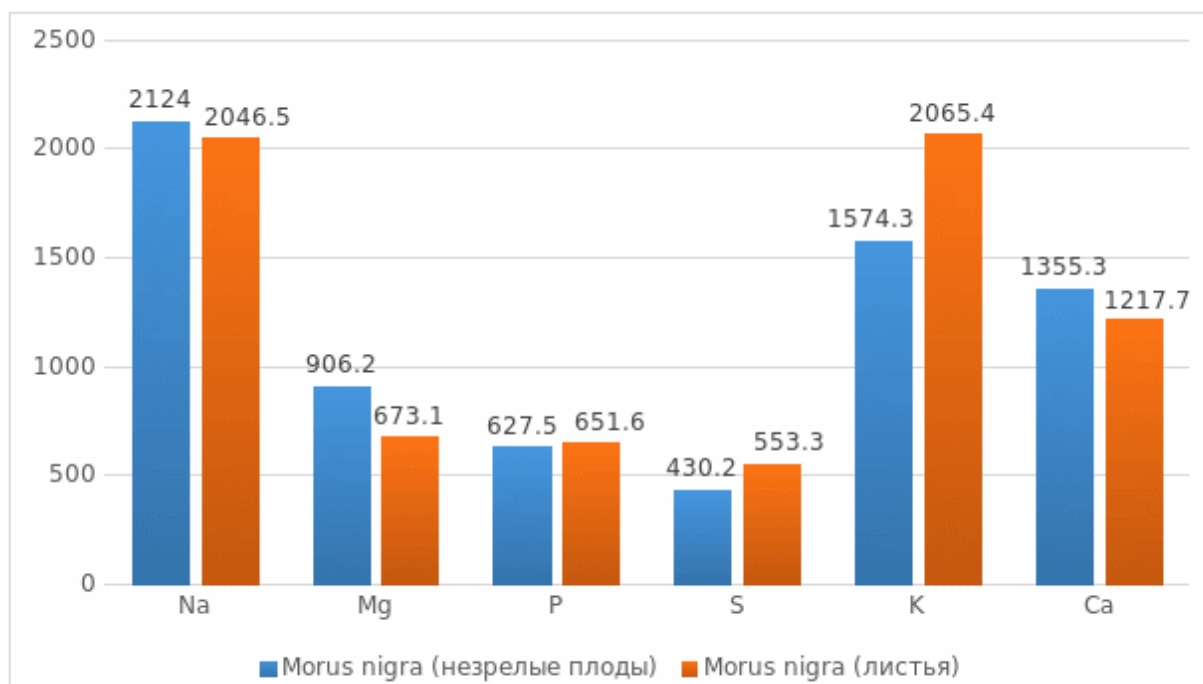


Рисунок 1. Содержание макроэлементов в *Morus nigra* L. (мг/кг)

В незрелых плодах преобладают железо, кремний и алюминий, а в листьях кремний, железо и алюминий

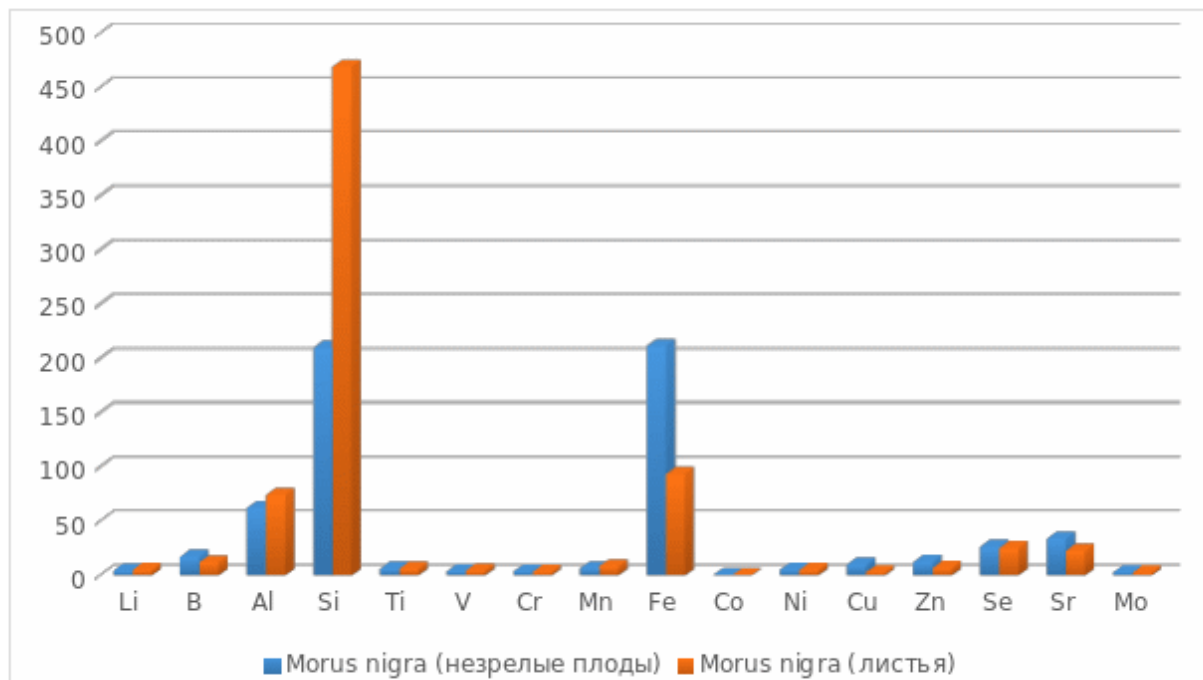


Рисунок 2. Содержание микроэлементов в *Morus nigra* L. (мг/кг)

В незрелых плодах содержание железа больше, чем кремния на 1,6 мг/кг, но в листьях кремния в 5 раз больше, чем железа. Железо является жизненно важным микроэлементом, который входит в состав гемоглобина и обеспечивает транспортировку кислорода ко всем

органам и тканям организма. Оно активно участвует в процессах клеточного дыхания, поддержании иммунитета и метаболизме энергии. Дефицит этого элемента приводит к анемии, быстрой утомляемости и снижению работоспособности, поэтому его регулярное поступление с пищей имеет решающее значение. Из токсичных элементов обнаружены мышьяк, кадмий и свинец. Мышьяк и свинец обнаружены в пределах 7,1 – 7,6 мг/кг, а концентрация кадмия в 25 раз ниже, чем мышьяка и свинца.

Заключение

В результате исследования методом ИСП-ОЭС впервые проведено профилирование 29 элементов листьев и незрелых плодов (гурь) *Morus nigra* L. в Ферганской долине. Экспериментально доказано, что на стадии интенсивного роста общая минерализация листьев (7985 мг/кг) превышает аналогичный показатель для плодов (7665 мг/кг). Данная динамика отражает выраженную биохимическую селективность органов растения и их специфическую адаптацию к почвенно-климатическим условиям региона. Полученные количественные критерии расширяют представления о минеральном обмене, важны для стандартизации сырья и научно обосновывают использование богатых железом (211,7 мг/кг) плодов для создания элемент корректирующих продуктов и БАД. Перспективы дальнейших изысканий включают изучение корреляции обнаруженного минерального профиля с органическими биоактивными веществами в процессе созревания, а также скрининг специфической фармакологической активности полученных фитоэкстрактов.

Список литературы

1. Бабаджанова З.Х., Кароматов И.Д., Жумаев Б.З., Алымова Д.К. Шелковица, тут: применение в древней, современной народной и научной медицине (обзор литературы) [Электронный ресурс]. // Молодой ученый. URL: <https://moluch.ru/archive/87/16871> (дата обращения: 23.05.2026).
2. Вахрушева Ю.А., Селина И.И. Морфолого-анатомическое изучение соплодий шелковицы черной [Электронный ресурс]. // Фармация и фармакология. URL: <https://journals.eco-vector.com/2307-9266/article/view/111299> (дата обращения: 23.05.2026).
3. Вахрушева Ю.А., Селина И.И. Изучение химического состава ягод шелковицы черной (*Morus nigra* L.) // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины: материалы 72-й открытой научно-практической конференции молодых ученых и студентов ВолгГМУ с международным участием (Волгоград, – 2014).
4. Кароматов И.Д., Косимов И.Х. Шелковица – химический состав плодов и растения // Биология и интегративная медицина. – 2019. – № 1.
5. Колайлы С., Асадов Е., Хусейнова А., Рахимова С., Кара Й. Kolaylı S., Asadov E., Huseynova A., Rahimova S., Kara Y. Phenolic composition and antioxidant properties of black mulberry (*Morus nigra* L.) fruits and leaves // Journal of Wildlife and Biodiversity. – 2024. – Т. 8, № 2.

6. Озгюр М., Учар А., Йылмаз С. Özgür M., Uçar A., Yılmaz S. The multifaceted benefits of *Morus nigra* L.: a pharmacological powerhouse // *Phytochemistry Reviews*. – 2025. – Т. 24. – DOI: 10.1007/s11101-025-10073-1.
7. Плескановская С.А., Атаева Г.С., Довлетов Д. Сравнительный анализ макро- и микроэлементного состава белого (*Morus alba* L.) и черного (*Morus nigra* L.) тутовника // *International Multilingual Journal of Science and Technology*. – 2022.
8. Плескановская С.А., Ходжагельдыева А.А., Аманмурадова Д. Влияние отваров листьев белого (*Morus alba*) и черного (*Morus nigra*) тутовника на функциональную активность лейкоцитов крови экспериментальных животных и человека *in vitro* // *Молодой ученый*. 2020. № 12 (302). С. 145–150.
9. Селина И.И. Сравнительное изучение аминокислотного состава листьев шелковицы черной (*Morus nigra* L.), шелковицы белой (*Morus alba* L.) и шелковицы красной (*Morus rubra* L.) // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3.
10. Islamova F.I., Radzhabov G.K., Musaev A.M. Антиоксидантная активность и биохимический состав у растений *Morus alba* и *Morus nigra* // *Сельскохозяйственная биология (Agricultural Biology)*. – 2022. – Т. 57, № 1.
11. Jan B., Parveen R., Zahiruddin S., Khan M.U., Mohapatra S., Ahmad S. Nutritional constituents of mulberry and their potential applications in food and pharmaceuticals: a review // *Saudi Journal of Biological Sciences*. – 2021. – № 7. – DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.056.
12. Koyu H., Kazan A., Demir S., Haznedaroglu M.Z., Celiktaş O.Y. Optimization of microwave assisted extraction of *Morus nigra* L. fruits maximizing tyrosinase inhibitory activity with isolation of bioactive constituents // *Food Chemistry*. – 2018.
13. Pawlowska A.M., Oleszek W., Braca A. Quali-quantitative analyses of flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. fruits // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2008. – № 9. – DOI: 10.1021/jf703709r.
14. Uyak C., Aglar E., Ozturk B., Doğan A., Tekin O. Biochemical characterization of mulberry (*Morus* spp.) genotypes from Türkiye (Hizan, Bitlis): a comprehensive analysis of fruit properties and bioactive compounds // *Food Science & Nutrition*. – 2024. – № 2024. – DOI: 10.1002/fsn3.4255.
15. Wang Y., Zheng M., Jiang Q., Xu Y., Zhou X., Zhang N., Sun D., Li H., Chen L. Chemical Components of the Fruits of *Morus nigra* Linn.: Methyl Caffeate as a Potential Anticancer Agent by Targeting 3-Phosphoglycerate Dehydrogenase // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2021.
16. Wang L., Wang J., Ma M., Shen L., Huang T., Huang C., Jia A., Hu X. Prenylated flavonoids from *Morus nigra* and their insulin sensitizing activity // *Phytochemistry*. – 2022. – DOI: 10.1016/j.phytochem.2022.113398.
17. Wang L., Cui X.Q., Gong T., Yan R.Y., Tan Y.X., Chen R.Y. Three new compounds from the barks of *Morus nigra* // *Journal of Asian Natural Products Research*. – 2008.
18. Xu L., Yu M., Niu L., Huang C., Wang Y., Wu C., Yang P., Hu X. Phenolic compounds isolated from *Morus nigra* and their α -glucosidase inhibitory activities // *Natural Product Research*. – 2020. – № 5. – DOI: 10.1080/14786419.2018.1491041.

References

1. Babadzhanova Z.Kh., Karomatov I.D., Zhumaev B.Z., Alymova D.K. [Mulberry: application in ancient, modern folk and scientific medicine (literature review)]. *Molodoy uchenyy*, 2015, no. 7 (87), P. 256–266. Available at: (In Russ.) (accessed 30.07.2026) – URL: <https://moluch.ru/archive/87/16871> (дата обращения: 23.05.2026).
2. Vakhrusheva Yu.A., Selina I.I. [Morphological and anatomical study of black mulberry infructescences]. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2015, no. 5 (12), P. 4–8. Available at: (In Russ.) (accessed 30.07.2026) – URL: <https://journals.eco-vector.com/2307-9266/article/view/111299> (дата обращения: 23.05.2026).
3. Vakhrusheva Yu.A., Selina I.I. [Study of the chemical composition of black mulberry (*Morus nigra* L.) berries]. *Aktual'nye problemy eksperimental'noy i klinicheskoy meditsiny: materialy 72-y otkrytoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i studentov VolgGMU s mezhdunarodnym uchastiem* (Volgograd, 2014 g.). Volgograd, VolgGMU Publ., 2014, P. 573–574. (In Russ.)
4. Karomatov I.D., Kosimov I.Kh. [Mulberry – chemical composition of fruits and plants]. *Biologiya i integrativnaya meditsina*, 2019, no. 1 (29), P. 162–172. (In Russ.)
5. Kolaylı S., Asadov E., Huseynova A., Rahimova S., Kara Y. Kolaylı S., Asadov E., Huseynova A., Rahimova S., Kara Y. Phenolic composition and antioxidant properties of black mulberry (*Morus nigra* L.) fruits and leaves // *Journal of Wildlife and Biodiversity*. – 2024. – № 2.
6. Özgür M., Uçar A., Yılmaz S. Özgür M., Uçar A., Yılmaz S. The multifaceted benefits of *Morus nigra* L.: a pharmacological powerhouse. *Phytochemistry Reviews*, 2025, vol. 24, P. 5317–5342 // *Phytochemistry Reviews*. – 2025. – DOI: 10.1007/s11101-025-10073-1.
7. Pleskanovskaya S.A., Ataeva G.S., Dovletov D. [Comparative analysis of macro- and microelement composition of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry]. *International Multilingual Journal of Science and Technology*, 2022, vol. 7, issue 9, P. 5572–5580. (In Russ.)
8. Pleskanovskaya S.A., Khodzhagel'dyeva A.A., Amanmuradova D. [Influence of decoctions of leaves of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry on the functional activity of blood leukocytes of experimental animals and humans in vitro]. *Molodoy uchenyy*, 2020, no. 12 (302), P. 145–150. (In Russ.)
9. [Comparative study of the amino acid composition of the leaves of black mulberry (*Morus nigra* L.), white mulberry (*Morus alba* L.) and red mulberry (*Morus rubra* L.)]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no. 3–4, P. 770–774. (In Russ.)
10. Islamova F.I., Radzhabov G.K., Musaev A.M. [Antioxidant activity and biochemical composition of *Morus alba* and *Morus nigra* plants]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* (Agricultural Biology), 2022, vol. 57, no. 1, P. 122–130. (In Russ.)
11. Jan B., Parveen R., Zahiruddin S., Khan M.U., Mohapatra S., Ahmad S. Nutritional constituents of mulberry and their potential applications in food and pharmaceuticals: a review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, vol. 28, no. 7, P. 3909–3921. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.056.

12. Koyu H., Kazan A., Demir S., Haznedaroglu M.Z., Celiktaş O.Y. Optimization of microwave assisted extraction of *Morus nigra* L. fruits maximizing tyrosinase inhibitory activity with isolation of bioactive constituents. *Food Chemistry*, 2018, vol. 248, P. 183–191.
13. Pawłowska A.M., Oleszek W., Braca A. Quali-quantitative analyses of flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. fruits // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,. – 2008. – № 9. – DOI: 10.1021/jf703709r.
14. Uyak C., Aglar E., Ozturk B., Doğan A., Tekin O. Biochemical characterization of mulberry (*Morus* spp.) genotypes from Türkiye (Hizan, Bitlis): a comprehensive analysis of fruit properties and bioactive compounds. *Food Science & Nutrition*, 2024, vol. 12. DOI: 10.1002/fsn3.4255.
15. Wang Y., Zheng M., Jiang Q., Xu Y., Zhou X., Zhang N., Sun D., Li H., Chen L. Chemical Components of the Fruits of *Morus nigra* Linn.: Methyl Caffeate as a Potential Anticancer Agent by Targeting 3-Phosphoglycerate Dehydrogenase // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,. – 2021.
16. Wang L., Wang J., Ma M., Shen L., Huang T., Huang C., Jia A., Hu X. Prenylated flavonoids from *Morus nigra* and their insulin sensitizing activity. *Phytochemistry*, 2022, vol. 203, P. 113398. DOI: 10.1016/j.phytochem.2022.113398.
17. Wang L., Cui X.Q., Gong T., Yan R.Y., Tan Y.X., Chen R.Y. Three new compounds from the barks of *Morus nigra* // *Journal of Asian Natural Products Research*,. – 2008.
18. Xu L., Yu M., Niu L., Huang C., Wang Y., Wu C., Yang P., Hu X. Phenolic compounds isolated from *Morus nigra* and their α -glucosidase inhibitory activities. *Natural Product Research*, 2020, vol. 34, no. 5, P. 605–612. DOI: 10.1080/14786419.2018.1491041.