

УДК 577.19:543.645.9:543.641

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ, СЕМЯДОЛЕЙ И ЛУЗГИ *SILYBUM MARIANUM*

© А.Ш. Рамазанов^{1,2*}, Ш.А. Балаева¹, Д.Т. Султанова¹

¹ Дагестанский государственный университет, ул. Магомета Гаджиева, 43а, Махачкала, 367000, Россия, a_ramazanov@mail.ru

² Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиал ОИВТ РАН, пр. И. Шамиля, 39а, Махачкала, 367030, Россия

Работа посвящена определению распределения биологически активных веществ в лузге и семядолях плодов рассторопши пятнистой, произрастающей в естественных условиях в окрестностях селения Новолакское Кумторкалинского района Республики Дагестан. Определено содержание флаволигнанов, жирного масла, белков, углеводов, дубильных веществ и органических кислот. Установлено, что жирное масло и белки накапливаются в семядолях, а углеводы, флаволигнаны и дубильные вещества – в лузге. Методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием определено содержание жирных кислот в масле плодов, семядолей и лузги. Жирнокислотный состав масел, полученных из плодов, семядолей и лузги, не имеет существенных различий. Атомно-адсорбционным методом с использованием режима пламенной атомизации определен минеральный состав образцов. Из макроэлементов в лузге накапливается только кальций (9685 мг/кг), в семядолях концентрируется магний (2714 мг/кг) и калий (6958 мг/кг). Из микроэлементов в семядолях накапливаются железо (68.8 мг/кг), медь (35.5 мг/кг) и цинк (93.2 мг/кг), в лузге – стронций (55.9 мг/кг) и марганец (20.9 мг/кг).

Ключевые слова: расторопша пятнистая, *Silybum marianum*, луга, семядоля, флаволигнаны, жирное масло, углеводы, белки.

Для цитирования: Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Султанова Д.Т. Химический состав плодов, семядолей и лузги *Silybum marianum* // Химия растительного сырья. 2025. №2. С. 253–259. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214854>.

Введение

Silybum marianum (L.) Gaertn является фармакопейным растением. Культивируется с целью получения уникальных фенольных соединений флаволигнанов, проявляющих гепатопротекторное, противоопухоловое, противовоспалительное, антифибротическое, антитоксическое и антиоксидантное действие [1, 2]. Побочным продуктом переработки плодов расторопши является жирное масло и шрот. Жирное масло используется в дерматологии, косметологии и в последнее время предлагается как пищевой продукт [3], а шрот добавляется в хлебобулочные и макаронные изделия для повышения качества питания [4, 5] в качестве безглютеновой муки [6]. Флаволигнаны локализованы в оболочке плода (лузге) около 7%, в семядолях их очень мало – 0.12%, а жирное масло в основном накапливается в семядолях (до 30%) [7]. Промышленное получение флаволигнанов усложняется необходимостью предварительного обезжиривания сырья, которое осуществляется в течение многих часов с использованием токсичного липофильного растворителя, например гексана, трудно удаляемого полностью из конечного продукта. Предварительное разделение составных частей плодов расторопши пятнистой позволит получить лузгу с высоким содержанием флаволигнанов и из семядоли – жирного масла. Затем одностадийным процессом из лузги можно извлечь флаволигнаны, а из семядоли – жирное масло.

Сведений о содержании других БАВ в лузге и семядоли плода расторопши пятнистой в доступной литературе нами не обнаружено. В связи с чем целью настоящей работы является определение не только флаволигнанов и жирного масла, но и белков, углеводов, дубильных веществ, органических кислот, макро- и макроэлементов в плодах, лузге и семядолях расторопши пятнистой, произрастающей в естественных условиях в Республике Дагестан.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Экспериментальная часть

Материалом для исследования были плоды *Silybum marianum* (расторопши пятнистой), собранные после созревания в Кумторкалинском районе Республики Дагестан в июне 2022 года. Плоды собирали в сухую безветренную погоду (число повторности – 3), сушили воздушно-теневым способом в хорошо проветриваемом помещении. Плоды представляли собой семянки длиной около 5–6 мм, шириной около 2–4 мм, массой 22 ± 1 мг, черного цвета. Сыре сушили в термостате при 50°C 5–6 ч. Для отделения лузги от семядолей использовали лабораторную мельницу и воздуходув с холодным воздухом. Отделенные фракции измельчали до размера частиц 0.1–1.0 мм. Перед исследованием на содержание БАВ были определены числовые показатели и общее содержание БАВ в образцах плодов, лузги и семядолей по методикам, приведенным в Государственной фармакопее XIV издания [8]. Жирное масло экстрагировали по методу Рушковского в аппарате Сокслета до обесцвечивания [8]. Для извлечения флаволигнанов отвешивали около 0.25 г (точная навеска) пробы и помещали в круглодонную колбу со шлифом, заливали 25 cm^3 95% этилового спирта и кипятили с обратным холодильником на водяной бане в течение 30 мин. Реакционную смесь охлаждали, фильтровали через бумажный фильтр (синяя лента) в мерную колбу вместимостью 200 cm^3 . К растительному сырью приливали 25 cm^3 того же растворителя и повторяли процесс экстракции еще два раза [8]. Содержание свободных и связанных углеводов определяли пикриновым методом [8]. Оптические плотности исследуемых растворов снимали на двухлучевом спектрофотометре «SPECORD 210 Plus BU» (Analytik Jena, Германия). Спектры спиртовых извлечений флаволигнанов снимали в УФ-области, спектры окрашенных растворов, образуемых при взаимодействии сахаров с пикриновой кислотой, снимали в видимой области. В качестве раствора сравнения при определении флаволигнанов использовали стандартный раствор силибина, при определении углеводов – раствор глюкозы. Массовую долю белка определяли методом Кельдаля [9].

Для определения содержания жирных кислот в плодах, семядолях и лузге растворитель из гексанового экстракта отгоняли на роторном испарителе «ИР-1М3». Пробы полученных масел подвергали переэтерификации в метиловые эфиры по методике, приведенной в ГОСТ 31665-2012 [10]. Определение метиловых эфиров жирных кислот осуществляли на газовом хроматографе Agilent Technologies 7820A GC System Maestro оснащенным масс-селективным детектором Agilent Technologies 5975 Series MSD с ионизацией электронным ударом, энергия ионизации 70 эВ. Для разделения компонентов использовали кварцевую капиллярную колонку с малополярной неподвижной фазой HP – 5ms $30\text{ m} \times 0.25\text{ mm}$ с толщиной пленки 0.25 мкм. Условия анализа: начальная температура термостата колонки – 150°C , выдержка при начальной температуре – 5 мин, программирование: температуры – от 150 до 210°C со скоростью $5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, выдержка при конечной температуре – 15 мин. Газ-носитель – гелий, $1\text{ cm}^3/\text{мин}$ (постоянный расход). Проба – 0.2 мкл, деление потока – 1 : 40 (лайнэр HP 5062-3587 splitless). Температура испарителя и интерфейса детектора – 280°C . Идентификацию соединений осуществляли сравнением экспериментальных масс-спектров с библиотечными (Wiley275 и NIST14) масс-спектрами. Для градуировки хроматографа использовали стандартный раствор метиловых эфиров жирных кислот Supelco 37 Component FAME Mix. Количественное определение метиловых эфиров жирных кислот с C_{14} – C_{20} проводили по площадям соответствующих пиков на хроматограмме, построенной по полному ионному току, методом внутренней нормализации площадей.

Для определения минерального состава образцы подвергались минерализации смесью концентрированных хлорной и азотной кислот марки «осч», взятых в соотношении 1 : 2 с помощью микроволновой системы минерализации TOPware (Analytik Jena) при температуре 190°C в течение 30 мин. Содержание металлов определяли атомно-адсорбционным методом с использованием режима пламенной атомизации на приборе contra AA 700 (Analytik Jena Германия) [11]. Для градуировки прибора использовали ГСО катионов металлов фирмы «ЦСОВС».

Результаты и обсуждение

Фракция лузги представляла собой коричневый сыпучий порошок, выход которого составил 45% от общей массы плодов. Фракция семядолей – липкий, жирный порошок белого цвета с молочным оттенком – выход 39%масс. Доля смешанной фракции составила 16%масс. В таблице 1 приведены числовые показатели плодов, семядолей и лузги расторопши пятнистой произрастающей в Кумторкалинском районе Республики Дагестан вблизи селения Новолакское. По содержанию влаги, золы, золы нерастворимой в 10% хлористо-водородной кислоте плоды расторопши пятнистой соответствуют требованиям ГФ XIV издания.

На рисунке 1 приведены спектры поглощения стандартного раствора силибина (1), извлеченений из плодов (2), семядолей (3) и лузги (4) в 95% этаноле, измеренных относительно 95% этанола. Максимум поглощения наблюдается при длине волны 288 ± 2 нм. Максимальную оптическую плотность имеет спиртовое извлечение лузги (4), минимальное – семядолей (3), что свидетельствует о концентрировании флаволигнанов в лузге.

На рисунке 2 приведены спектры поглощения продуктов реакции с пикриновой кислотой в щелочной среде стандартного рабочего образца глюкозы (1), извлеченений из семядолей (2), плодов (3) и лузги (4) растворопши пятнистой. В качестве раствора сравнения использовали водный раствор пикриновой кислоты. Основной максимум поглощения растворов наблюдается при длине волны 460 ± 3 нм. Аналогичный максимум поглощения наблюдается при длине волны 460 нм у раствора стандартного образца глюкозы (1). Максимальную оптическую плотность имеет раствор продукта реакции пикриновой кислоты с извлечением из лузги, минимальную – с извлечением из семядолей, т.е. содержание углеводов в лузге выше, чем семядолях.

В таблице 2 приведено суммарное содержание БАВ (жирного масла, флаволигнанов, углеводов, белков, дубильных веществ, органических кислот) в плодах, семядолях и лузге растворопши пятнистой. Жирное масло и белки накапливаются в семядолях, а углеводы, флаволигнаны и дубильные вещества в лузге. Содержание органических кислот в семядолях и лузге отличается не более чем на полтора процента. Накопление флаволигнанов в лузге (12.2%) растворопши пятнистой согласуется с данными литературных источников [12–14]. Есть работы, указывающие на накопление фенольных соединений в оболочке риса [15], льна посевного [16]. Причем содержание флаволигнанов не зависит от цвета оболочек плода [17]. Содержание 1.3% флаволигнанов в семядолях можно объяснить остаточным содержанием в них примесей лузги. Содержание жирного масла в семядолях составило 51% от массы, так, у льна посевного основная масса жирного масла накапливается в семядолях [18, 19]. Содержание дубильных веществ в лузге более чем в три раза выше, чем в семядолях. Авторы связывают [13] темный цвет лузги с накоплением в них дубильных веществ. Большая часть углеводов накапливается в лузге (около 43%), например, у семени льна углеводы тоже накапливаются в оболочке [18]. Основная масса белков накапливается в семядолях (около 25%), что наблюдается и у семени льна [19]. Накопление жирного масла и белка в семядолях, а фенольных соединений и дубильных веществ – в оболочке можно объяснить тем, что семядоля является местом накопления запаса питательных веществ, а оболочка имеет защитные функции от условий среды за счет антиоксидантных свойств фенольных соединений и обеззаражающих свойств дубильных веществ.

Так как содержание жирного масла в семядолях (51%, масс) плодов растворопши пятнистой более чем в полтора раза выше, чем содержание в самих плодах (29.7% масс), интерес представлял жирнокислотный состав жирного масла семядолей и лузги. В таблице 3 приведен жирнокислотный состав масел плодов, семядолей и лузги растворопши пятнистой. Больших колебаний в жирнокислотном составе масел не наблюдается. Содержание линолевой кислоты в масле семядолей (58%) на три процента выше, чем в масле плодов и лузги (55%). Содержание олеиновой кислоты в масле семядолей (25%) выше на процент, в масле лузги (26%) выше на два процента, чем в самих плодах (24%). Содержание эйкозановой кислоты в масле плодов (1.6%) и семядолей (1.9%) в два и более раз больше, чем в масле лузги (0.8%). Докозановой кислоты в семядолях обнаружилось около одного процента, в то время как в масле плодов и лузги обнаружено только следовые количества. Суммарное количество ненасыщенных жирных кислот в семядолях составило 83%, в лузге – 81%, а в плодах – 80%.

Таблица 1. Числовые показатели плодов, семядолей и лузги *Silybum marianum*

Показатель	Требование ГФ к плодам [8]	Плоды	Семядоли	Лузга
Влажность, %	не более 12	5.6 ± 0.2	4.3 ± 0.2	6.6 ± 0.1
Зола, %	не более 6	4.8 ± 0.1	5.8 ± 0.5	2.9 ± 0.2
Зола, нерастворимая в 10% HCl, %	не более 4	0.13 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.08 ± 0.02

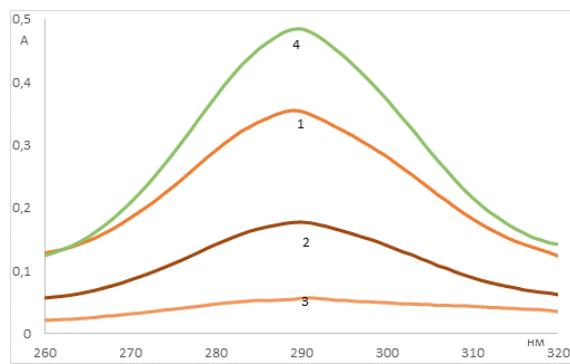


Рис. 1. Спектры поглощения спиртовых растворов стандартного образца силибина (1), извлечений из плодов (2), семядолей (3) и лузги (4) *Silybum marianum*

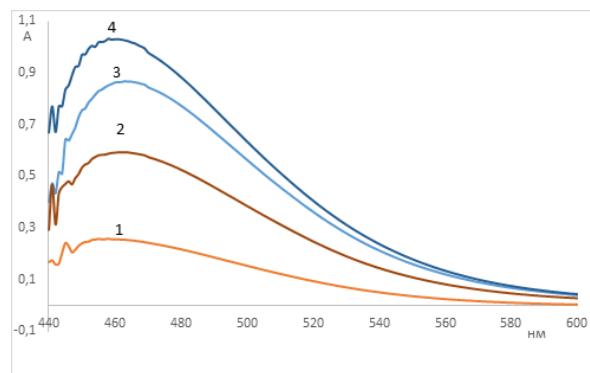


Рис. 2. Спектры поглощения продуктов реакции с пикриновой кислотой в щелочной среде: стандартного рабочего образца глюкозы (1), извлечений из семядолей (2), плодов (3) и лузги (4) *Silybum marianum*

Таблица 2. Содержание БАВ в плодах, семядолях и лузге *Silybum marianum*

БАВ	Содержание, %		
	Плоды	Семядоли	Лузга
Флаволигнаны	4.3±0.5	1.3±0.4	12.2±0.05
Жирное масло	29.7±6	51.0±1	7.9±0.2
Углеводы	35.9±0.3	24.0±1	42.8±0.3
Белки	19.4±0.5	25.4±0.4	7.5±0.5
Дубильные вещества	3.9±0.2	4.0±0.3	12.9±0.2
Органические кислоты	2.6±0.1	2.7±0.2	2.3±0.1

Таблица 3. Содержание жирных кислот в масле плодов, семядолей и лузги *Silybum marianum*

Жирная кислота	Содержание, %		
	Масло плодов	Масло семядолей	Масло лузги
Пальмитиновая	13±1	9±1	13±1
Линолевая	55±2	58±1	55±1
Оleinовая	24±1	25±1	26±1
Стеариновая	5.5±0.2	4.3±0.2	4.8±0.3
Эйкозеновая	0.2±0.1	0.1±0.05	-
Эйкозановая	1.6±0.2	1.9±0.1	0.8±0.2
Докозановая	0.3±0.1	1.0±0.2	0.1±0.05
Сумма ННЖК	80±2	83±2	81±2
Сумма НЖК	20±1	17±1	19±1

Минеральный состав продуктов питания и лекарственного растительного сырья является важным составляющим. В таблице 4 приведен минеральный состав плодов, семядолей и лузги расторопши пятнистой. Из макроэлементов в лузге концентрируется только кальций (9.7 г/кг), в семядолях концентрируются магний (2.71 г/кг) и калий (6.96 г/кг). Из микроэлементов в семядолях накапливаются железо (68.8 мг/кг), медь (35.5 мг/кг) и цинк (93.2 мг/кг), в лузге – стронций (55.9 мг/кг) и марганец (20.9 мг/кг). Содержание натрия, хрома, никеля и лития в лузге и семядолях равномерное. Продукты переработки расторопши пятнистой могут быть дополнительными источниками макро- и микроэлементов. Например, 100 г плодов или семядолей может обеспечить полные суточные нормы цинка (5–20 мг) и меди (2–10 мг), три суточных нормы хрома (0.125 мг), половину суточной нормы магния (400 мг) и марганца (2–10 мг), треть суточной нормы железа (18 мг), четверть суточной нормы калия (2.50 г) [20]. Нужно отметить обнаружение во всех образцах макроэлемента лития, который играет важную роль в обмене пуриновых оснований, нарушение которого приводит к подагре [20].

Таблица 4. Минеральный состав плодов, семядолей и лузги *Silybum marianum*

Элемент	Плоды	Семядоли	Лузга
Макроэлементы, г/кг			
Кальций (Ca)	2.94±0.02	1.32±0.03	9.69±0.02
Магний (Mg)	2.50±0.1	2.71±0.02	1.43±0.03
Калий (K)	5.43±0.03	6.96±0.02	3.17±0.01
Натрий (Na)	0.22±0.02	0.22±0.01	0.22±0.01
Микроэлементы, мг/кг			
Железо (Fe)	74.0±1	68.8±0.1	49.9±0.2
Цинк (Zn)	65.8±0.2	93.2±0.3	21.3±0.2
Хром (Cr)	45.0±1	48.7±0.2	49.4±0.2
Медь (Cu)	31.3±0.2	35.5±0.2	11.1±0.1
Стронций (Sr)	20.6±0.3	5.0±1	55.9±0.1
Марганец (Mn)	15.0±1	9.2±0.2	20.9±0.2
Никель (Ni)	2.7±0.2	3.7±0.2	2.6±0.1
Литий (Li)	1.3±0.2	1.3±0.1	1.4±0.2

Заключение

Определено содержание БАВ и минеральных компонентов в плодах, семядолях и лузге *Silybum marianum*. По содержанию жирного масла в семядолях (51%) и флаволигнанов в лузге (12.2%) можно сделать вывод, что технологически выгодно разделять семядоли от лузги перед промышленной переработкой.

Из макроэлементов в лузге накапливается кальций (9.67 г/кг), в семядолях – калий (6.96 г/кг) и магний (2.71 г/кг). Из микроэлементов в семядолях накапливаются железо (68.8 мг/кг), медь (35.5 мг/кг) и цинк (93.2 мг/кг), в лузге – стронций (55.9 мг/кг) и марганец (20.9 мг/кг).

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Дагестанского государственного университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Václav T., Jana P., Eduard J., Vladimír K., Kateřina V., Přemysl M. Systematic review of pharmacokinetics and potential pharmacokinetic interactions of flavonolignans from silymarin // Medicinal Research Reviews. 2021. Vol. 41, no. 4. Pp. 2195–2246. <https://doi.org/10.1002/med.21791>.
2. Ching-Hsuan L., Alagie J., Hsing-Ya H., Liang-Tzung L. Antiviral activities of silymarin and derivatives // Molecules. 2019. Vol. 24, no. 8. 1552. <https://doi.org/10.3390/molecules24081552>.
3. Zhen-Shan Z., Shuai W., Hui L., Bing-Zheng L., Liming C. Constituents and thermal properties of milk thistle seed oils extracted with three methods // Lwt. 2020. Vol. 126. 109282. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109282>.
4. Bortlíková V., Kolarič L., Šimko P. Application of milk thistle in functional biscuits formulation // Acta Chimica Slovaca. 2019. Vol. 12, no. 2. Pp. 192–199. <https://doi.org/10.2478/acs-2019-0027>.
5. Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. Oilseed proteins–Properties and application as a food ingredient. // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 106. Pp. 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.004>.
6. Bedrníček J., Lorenc F., Jarošová M., Bártová V., Smetana P., Kadlec J., Jirotková D., Kyselka J., Bártá J. Milk Thistle Oilseed Cake Flour Fractions: A Source of Silymarin and Macronutrients for Gluten-Free Bread // Antioxidants. 2022. Vol. 11, no. 10. 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11102022>.
7. Куркин В.А. Растворопша пятнистая: монография. Самара, 2010. 118 с.
8. Государственный фармакопея, XIV издания. М., 2018. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1189/>.
9. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М., 2019. 23 с.

10. ГОСТ 31665-2012. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. М., 2013. 11 с.
11. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Шахбанов К.Ш. Химический состав плодов и масла расторопши пятнистой, произрастающей на территории Республики Дагестан // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 113–118. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024441>.
12. Gilabadi S., Stanyon H., DeCeita D., Pendry B.A., Galante E. Simple and effective method for the extraction of silymarin from *Silybum marianum* (L.) gaertner seeds // Journal of Herbal Medicine. 2023. Vol. 37. 100619. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100619>.
13. Abenavoli L., Capasso R., Milic N., Capasso F. Milk thistle in liver diseases: past, present, future // Phytotherapy Research. 2010. Vol. 24, no. 10. Pp. 1423–1432. <https://doi.org/10.1002/ptr.3207>.
14. Křen V., Valentová K., Gažák R., Marhol P., Purchartová K., Rydlová H., Vrba J. Biosynthesis of flavonolignans in silymarin in *Silybum marianum* (L.) Gaertn. // Phytochemistry Reviews. 2013. Vol. 12, no. 4. Pp. 609–624. <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9302-8>.
15. Karimi E., Mehrabanjoubani P., Keshavarzian M., Oskoueian E., Jaafar H. Z., Abdolzadeh A. Identification and quantification of phenolic and flavonoid components in straw and seed husk of some rice varieties (*Oryza sativa* L.) and their antioxidant properties // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. Vol. 94, no. 11. Pp. 2324–2330. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6561>.
16. Corbin C., Fidel T., Leclerc E.A., Barakzoy E., Sagot N., Falguières A., Sullivan R., Jean-Philippe B., Clotilde F., Joël D., Eric L., Christophe H. Development and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum* L.) seeds // Ultrasonics Sonochemistry. 2015. Vol. 26. Pp. 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2015.02.008>.
17. Giuliani C., Tani C., Bini L. M., Fico G., Colombo R., Martinelli T. Localization of phenolic compounds in the fruits of *Silybum marianum* characterized by different silymarin chemotype and altered colour // Fitoterapia. 2018. Vol. 130. Pp. 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.09.004>
18. Феськова Е.В., Леонтьев В.Н., Жарский И.М. Комплексная переработка семян льна масличного // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2009. Т. 1, №4. С. 207–209.
19. Зубцов В.А., Миневич И.Э. Стратегия развития технологий в кормопроизводстве по использованию семян льна и продуктов их переработки // Техника и технологии в животноводстве. 2015. №4 (20). С. 72–79.
20. Хоменко О., Хоменко Е. Минеральные вещества и здоровье человека: обзор. М., 2019. 187 с.

Поступила в редакцию 7 марта 2024 г.

После переработки 27 февраля 2025 г.

Принята к публикации 11 апреля 2025 г.

Ramazanov A.Sh.^{1,2*}, Balayeva Sh.A.¹, Sultanova D.T.¹ CHEMICAL COMPOSITION OF COTYLEDONS AND HUSKS OF *SILYBUM MARIANUM*

¹Dagestan State University, M. Gadzhiev st., 43a, Makhachkala, 367000, Russia, a_ramazanov@mail.ru

²Institute of Geothermal and Renewable Energy Problems – branch of the Joint Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, I. Shamilya av., 39a, Makhachkala, 367030, Russia

The work is devoted to determining the distribution of biologically active substances in the husk and cotyledons of milk thistle fruits growing in natural conditions in the vicinity of the village of Novolakskoye, Kumtorkalinsky district, Republic of Dagestan. The content of flavolignans, fatty oils, proteins, carbohydrates, tannins and organic acids was determined. It was found that fatty oil and proteins accumulate in cotyledons, and carbohydrates, flavolignans and tannins in the husk. The content of fatty acids in the oil of fruits, cotyledons and husks was determined by gas chromatography with mass spectrometric detection. The fatty acid composition of oils obtained from fruits, cotyledons and husks has no significant differences. The mineral composition of the samples was determined by atomic adsorption method using the flame atomization mode. Of the macronutrients, only calcium (9685 mg/kg) accumulates in the husk, magnesium (2714 mg/kg) and potassium (6958 mg/kg) are concentrated in the cotyledons. Iron (68.8 mg/kg), copper (35.5 mg/kg) and zinc (93.2 mg/kg) accumulate from trace elements in cotyledons, strontium (55.9 mg/kg) and manganese (20.9 mg/kg) in husks.

Keywords: milk thistle, *Silybum marianum*, husk, cotyledons, flavolignans, fatty oil, carbohydrates, proteins.

For citing: Ramazanov A.Sh., Balayeva Sh.A., Sultanova D.T. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 2, pp. 253–259. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214854>.

* Corresponding author.

References

1. Václav T., Jana P., Eduard J., Vladimír K., Katerína V., Přemysl M. *Medicinal Research Reviews*, 2021, vol. 41, no. 4, pp. 2195–2246. <https://doi.org/10.1002/med.21791>.
2. Ching-Hsuan L., Alagie J., Hsing-Ya H., Liang-Tzung L. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 8, 1552. <https://doi.org/10.3390/molecules24081552>.
3. Zhen-Shan Z., Shuai W., Hui L., Bing-Zheng L., Liming C. *Lwt*, 2020, vol. 126, 109282. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109282>.
4. Bortlíková V., Kolarič L., Šimko P. *Acta Chimica Slovaca*, 2019, vol. 12, no. 2, pp. 192–199. <https://doi.org/10.2478/acs-2019-0027>.
5. Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, vol. 106, pp. 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.004>.
6. Bednářík J., Lorenc F., Jarošová M., Bártová V., Smetana P., Kadlec J., Jirotková D., Kyselka J., Bárta J. *Antioxidants*, 2022, vol. 11, no. 10, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11102022>.
7. Kurkin V.A. *Rastoropsha pyatnistaia: monografiya*. [Milk thistle: monograph]. Samara, 2010, 118 p. (in Russ.).
8. *Gosudarstvennoy farmakopeya, XIV izdaniya*. [State Pharmacopoeia, XIV edition]. Moscow, 2018. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol4/1189/>. (in Russ.).
9. *GOST 13496.4-2019. Korma, kombikorma, kombikormovoye syr'ye. Metody opredeleniya soderzhaniya azota i syrogo proteina*. [GOST 13496.4-2019. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining the content of nitrogen and crude protein]. Moscow, 2019, 23 p. (in Russ.).
10. *GOST 31665-2012. Masla rastitel'nyye i zhiry zhivotnyye. Poluchenije metilovykh estirov zhirnykh kislot*. [GOST 31665-2012. Vegetable oils and animal fats. Obtaining methyl esters of fatty acids]. Moscow, 2013, 11 p. (in Russ.).
11. Ramazanov A.Sh., Balayeva Sh.A., Shakhsbanov K.Sh. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 113–118. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024441>. (in Russ.).
12. Gilabadi S., Stanyon H., DeCeita D., Pendry B.A., Galante E. *Journal of Herbal Medicine*, 2023, vol. 37, 100619. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100619>.
13. Abenavoli L., Capasso R., Milic N., Capasso F. *Phytotherapy Research*, 2010, vol. 24, no. 10, pp. 1423–1432. <https://doi.org/10.1002/ptr.3207>.
14. Křen V., Valentová K., Gažák R., Marhol P., Purchartová K., Rydlová H., Vrba J. *Phytochemistry Reviews*, 2013, vol. 12, no. 4, pp. 609–624. <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9302-8>.
15. Karimi E., Mehrabanjoubani P., Keshavarzian M., Oskoueian E., Jaafar H. Z., Abdolzadeh A. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, vol. 94, no. 11, pp. 2324–2330. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6561>.
16. Corbin C., Fidel T., Leclerc E.A., Barakzoy E., Sagot N., Falguières A., Sullivan R., Jean-Philippe B., Clotilde F., Joël D., Eric L., Christophe H. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2015, vol. 26, pp. 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.02.008>.
17. Giuliani C., Tani C., Bini L. M., Fico G., Colombo R., Martinelli T. *Fitoterapia*, 2018, vol. 130, pp. 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.09.004>.
18. Fes'kova Ye.V., Leont'yev V.N., Zharskiy I.M. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimicheskiye tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya*, 2009, vol. 1, no. 4, pp. 207–209. (in Russ.).
19. Zubtsov V.A., Minevich I.E. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*, 2015, no. 4 (20), pp. 72–79. (in Russ.).
20. Khomenko O., Khomenko Ye. *Mineral'nyye veshchestva i zdorov'ye cheloveka: obzor*. [Minerals and human health: a review]. Moscow, 2019, 187 p. (in Russ.).

Received March 7, 2024

Revised February 27, 2025

Accepted April 11, 2025

Сведения об авторах

Рамазанов Арсен Шамсудинович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической и фармацевтической химии, заведующий лабораторией, a_ramazanov@mail.ru

Балаева Шамсият Абдулмеджидовна – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры аналитической и фармацевтической химии, balashamsiyat@mail.ru

Султанова Диана Темирлановна – магистрант, diana-sultanova-2018@mail.ru

Information about authors

Ramazanov Arsen Shamsudinovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Analytical and Pharmaceutical Chemistry, Head of the Laboratory, a_ramazanov@mail.ru

Balaeva Shamsiyat Abdulmedzhidovna – Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Analytical and Pharmaceutical Chemistry, balashamsiyat@mail.ru

Sultanova Diana Temirlanova – Master's student, diana-sultanova-2018@mail.ru