

## ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ МЕН РЕЖИМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Г.Н. ЖАКУПОВА , Т.Ч. ТУЛТАБАЕВА , А.Е., ШОМАН , Г.М. ТОКЫШЕВА ,  
А.Х. МУЛДАШЕВА , А.Т. САФАНДЫҚ , А.Т. АХМЕТЖАНОВА\* 

(КеАҚ «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті»,  
Қазақстан Республикасы, 010000 Астана қ., Жеңіс 62 даңғылы)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: aygerim\_talgatqyzy@mail.ru\*

Жұмыста өсімдік шикізатынан және өсімдіктердің жасушалық (*in vitro*) дақылдарынан фенолдық қосылыстарды алудың дәстүрлі және заманауи әдістері қарастырылып, салыстырмалы талдау жүргізілді. Зерттеу нысандары ретінде *Hypericum perforatum* (шайқұрай), *Melilotus officinalis* (түйежоңышқа) және *Portulaca oleracea* (портулак) таңдалды. Зерттеудің өзектілігі табиғи фенолдық қосылыстарға антиоксиданттар мен функционалды ингредиенттер көзі ретінде сұраныстың артуымен, сондай-ақ оларды алудың тиімді, экономикалық және экологиялық қауіпсіз технологияларын әзірлеу қажеттілігімен негізделді. Зерттеу мақсаты – биоактивті қосылыстардың шығымдылығы, тұрақтылығы және технологиялық тиімділігі тұрғысынан фенолдық қосылыстарды алудың оңтайлы әдісін анықтау. Жұмыста 70% этанол экстрагенті қолданылып, үш әдіс – мацерация, Соклет экстракциясы және ультрадыбыстық экстракция (UAE) – салыстырылды. Зерттеу нәтижелері бойынша фенолдық қосылыстардың ең жоғары мөлшері Соклет әдісі арқылы алынғаны анықталды: табиғи өсімдік шикізатында *Hypericum perforatum* үшін  $61,2 \pm 2,4$  мг GAE/г, *Melilotus officinalis* үшін  $56,3 \pm 1,9$  мг GAE/г және *Portulaca oleracea* үшін  $45,7 \pm 1,5$  мг GAE/г көрсеткіштері тіркелді. Ультрадыбыстық экстракция әдісі сәйкесінше  $58,4 \pm 2,1$ ;  $44,1 \pm 1,5$  және  $32,8 \pm 1,1$  мг GAE/г мәндерін көрсетті, бұл мацерация әдісіне қарағанда жоғары, бірақ Соклеттен төмен нәтиже береді. Мацерация кезінде ең төмен көрсеткіштер байқалды ( $24,2$ – $42,6$  мг GAE/г диапазонында). *In vitro* дақылдарынан алынған сығындыларда фенолдық қосылыстар мөлшері табиғи өсімдік шикізатымен салыстырғанда орта есеппен 10–20% төмен екені анықталды. Экстракция параметрлерін оңтайландыру нәтижесінде фенолдық қосылыстарды тиімді алу үшін 70% этанол және 50–70 °C температура диапазоны оңтайлы екені анықталды, бұл жағдайда максималды мәндер 70 °C температурада тіркелді. Салыстырмалы талдау көрсеткендей, Соклет әдісі максималды шығымдылықты қамтамасыз етеді, алайда жоғары температура мен энергия шығынын талап етеді. Ал ультрадыбыстық экстракция әдісі шығымдылығы сәл төмен болғанымен, экстракция уақытының қысқалығы (30 мин), еріткіш шығынының аздығы және биологиялық белсенді қосылыстардың сақталуы тұрғысынан анағұрлым тиімді және перспективалы болып табылады. Осылайша, зерттеу нәтижелері фенолдық қосылыстарды алу әдісін таңдау нақты мақсатқа байланысты болуы тиіс екенін көрсетті: максималды шығымдылық үшін – Соклет әдісі, ал технологиялық тиімділік, энергия үнемділігі және өнім сапасын сақтау үшін ультрадыбыстық экстракция әдісі ұсынылады. Алынған нәтижелер тағам өнеркәсібінде және функционалды өнімдер өндірісінде өсімдік сығындыларын алу технологияларын әзірлеуде қолданылуы мүмкін.

**Негізгі сөздер:** *Hypericum perforatum*, *melilotus officinalis* және *portulaca oleracea*, фенолдық қосылыстар, мацерация, экстракция.

## ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И РЕЖИМОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Г.Н. ЖАКУПОВА, Т.Ч. ТУЛТАБАЕВА, А.Е. ШОМАН, Г.М. ТОКЫШЕВА,  
А.Х. МУЛДАШЕВА, А.Т. САФАНДЫҚ, А.Т. АХМЕТЖАНОВА\*

(АО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Республика  
Казахстан, 010000, г. Астана, проспект Женис, 62.)

Электронная почта автора-корреспондента: aygerim\_talgatqyzy@mail.ru\*

В работе рассмотрены традиционные и современные методы получения фенольных соединений из растительного сырья и клеточных (*in vitro*) культур растений и проведен сравнительный анализ. В качестве объектов исследования были выбраны *Hypericum perforatum* (чайный гриб), *Melilotus officinalis* (вербейник) и *Portulaca oleracea* (портулак). Актуальность исследования обусловлена возросшим спросом на природные фенольные соединения как источники антиоксидантов и функциональных ингредиентов, а

также необходимостью разработки эффективных, экономически и экологически безопасных технологий их получения. Цель исследования – определение оптимального способа получения фенольных соединений с точки зрения выхода, стабильности и технологической эффективности биоактивных соединений. В работе использовался 70% этаноловый экстрагент, и сравнивались три метода – мацерация, экстракция Сокслетом и ультразвуковая экстракция (UAE). По результатам исследования установлено, что наибольшее количество фенольных соединений получалось методом Сокслета: в натуральном растительном сырье были зарегистрированы показатели  $61,2 \pm 2,4$  мг GAE/g для *Hypericum perforatum*,  $56,3 \pm 1,9$  мг GAE/g для *melilotus officinalis* и  $45,7 \pm 1,5$  мг GAE/g для *Portulaca oleracea*. Метод ультразвуковой экстракции показал значения GAE/g  $58,4 \pm 2,1$ ;  $44,1 \pm 1,5$  и  $32,8 \pm 1,1$  мг соответственно, что выше, чем у метода мацерации, но ниже, чем у Сокслета. Самые низкие показатели наблюдались при мацерации (в диапазоне 24,2-42,6 мг GAE/g). Было обнаружено, что в экстрактах, полученных из культур *In vitro*, содержание фенольных соединений в среднем на 10-20% ниже, чем в натуральном растительном сырье. В результате оптимизации параметров экстракции было обнаружено, что для эффективного получения фенольных соединений оптимальным является 70% этанол и температурный диапазон 50-70 °C, при этом максимальные значения регистрировались при 70 °C. Сравнительный анализ показал, что метод Сокслета обеспечивает максимальную урожайность, однако требует высоких температур и энергозатрат. И хотя метод ультразвуковой экстракции имеет немного более низкий выход, он более эффективен и перспективен с точки зрения короткого времени экстракции (30 минут), меньшего расхода растворителя и сохранения биологически активных соединений. Таким образом, результаты исследования показали, что выбор способа получения фенольных соединений должен зависеть от конкретной цели: для максимального выхода – метод Сокслета, а для технологической эффективности, энергоэффективности и сохранения качества продукции – предлагается метод ультразвуковой экстракции. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий получения растительных экстрактов в пищевой промышленности и производстве функциональных продуктов.

Ключевые слова: *hypericum perforatum*, *melilotus officinalis* и *portulaca oleracea*, фенольные соединения, мацерация, экстракция.

## OPTIMIZATION OF METHODS AND MODES OF EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM PLANT RAW MATERIALS

G.N. ZHAKUPOVA, T.Ch. TULTABAYEVA, A.E. SHOMAN, G.M. TOKYSHEVA,  
A.H. MULDASHEV, A.T. SAGANDYK, A.T. AKHMETZHANOVA\*

(JSC «S. Seifullin Kazakh agrotechnical research University», Republic of Kazakhstan,  
010000, Astana, Zhenis ave., 62)

Corresponding author's e-mail: aygerim\_talгатqyzy@mail.ru\*

*The paper considers traditional and modern methods of obtaining phenolic compounds from plant raw materials and cellular (in vitro) plant cultures and provides a comparative analysis. Hypericum perforatum (kombucha), Melilotus officinalis (verbena) and Portulaca oleracea (purslane) were selected as the objects of research. The relevance of the study is due to the increased demand for natural phenolic compounds as sources of antioxidants and functional ingredients, as well as the need to develop effective, economically and environmentally friendly technologies for their production. The purpose of the study – determination of the optimal method for obtaining phenolic compounds in terms of yield, stability and technological effectiveness of bioactive compounds. 70% ethanol extractant was used in the work, and three methods were compared – maceration, Soxlet extraction and Ultrasonic extraction (UAE). According to the results of the study, the largest amount of phenolic compounds was obtained by the Soxlet method: in natural plant raw materials,  $61.2 \pm 2.4$  mg GAE/g for *Hypericum perforatum*,  $56.3 \pm 1.9$  mg GAE/g for *melilotus officinalis* and  $45.7 \pm 1.5$  mg GAE/g for *Portulaca oleracea* were recorded. The ultrasonic extraction method showed GAE/g values of  $58.4 \pm 2.1$ ;  $44.1 \pm 1.5$  and  $32.8 \pm 1.1$  mg, respectively, which is higher than that of the maceration method, but lower than that of Soxlet. The lowest values were observed during maceration (in the range of 24.2-42.6 mg GAE/g). It was found that in extracts obtained from *In vitro* cultures, the content of phenolic compounds is on average 10-20% lower than in natural plant raw materials. As a result of optimization of extraction parameters, it was found that 70% ethanol and a temperature range of 50-70 °C are optimal for the effective production of phenolic compounds, while the maximum values were recorded at 70 °C. Comparative analysis has shown that the Soxlet method provides maximum yield, but requires high temperatures and energy consumption. Although the ultrasonic extraction method has a slightly lower yield, it is more effective and promising*

*in terms of a short extraction time (30 minutes), lower solvent consumption and preservation of biologically active compounds. Thus, the results of the study showed that the choice of a method for producing phenolic compounds should depend on a specific goal: for maximum yield, the Soxhlet method is used, and for technological efficiency, energy efficiency and product quality preservation, the ultrasonic extraction method is proposed. The results obtained can be used in the development of technologies for the production of plant extracts in the food industry and the production of functional products.*

**Key words:** *hypericum perforatum, melilotus officinalis және portulaca oleracea, phenolic compounds, maceration, extraction.*

### ***Kіріспе***

Қазақстан Республикасында ғылыми зерттеулерді қолдаудың, технологиялық дамудың және азық-түлік қауіпсіздігін нығайтудың маңызды элементі агроөнеркәсіптік кешенді және тамақ өңдеу өнеркәсібін дамытуға бағытталған мемлекеттік саясат болып табылады. Негізгі бағыттардың бірі Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2024 жылғы 28 маусымдағы №512 қаулысымен бекітілген Ауыл шаруашылығы өнімдерін қайта өңдеуді дамытудың 2024-2028 жылдарға арналған Кешенді жоспарын іске асыру болып табылады, ол қайта өңдеу қуаттарын жаңғырту және кеңейту, азық-түлік өнімдерінің қосылған құнын арттыру және саланы технологиялық жаңартуды ынталандыру жөніндегі шараларды көздейді [1].

Бұдан басқа, 2025 жылы Қазақстан Республикасының Үкіметі кредиттер бойынша пайыздық мөлшерлемелерді субсидиялауға, тамақ өнеркәсібі кәсіпорындарын жаңғыртуды жеңілдетілген қаржыландыруға және инновациялық технологияларды енгізуді ынталандыруға бағытталған тамақ өнеркәсібін дамытуға 44 млрд теңге бөлді, бұл импортты алмастыру, отандық өнімдердің бәсекеге қабілеттілігін арттыру және елдің азық-түлік тәуелсіздігін нығайту жөніндегі мемлекеттік стратегияның бір бөлігі болып табылады [2].

Кешенді мемлекеттік шаралар сонымен қатар ауыл шаруашылығы шикізатын қайта өңдеу кезінде қаржылық және нормативтік қолдауды, азық-түлік өнімдерін өндіруге инвестицияларды ынталандыруды және қайта өңделген өнім экспортын кеңейтуді қамтиды, бұл биологиялық белсенді заттар мен тағамдық ингредиенттерді қайта өңдеудің барлық кезеңдерінде заманауи технологиялық шешімдерді енгізу үшін қолайлы жағдайлар жасайды.

Мацерация және Сокслет (аппарат Сокслет) экстракциясы сияқты дәстүрлі экстракция әдістері қарапайымдылығы мен қол жетімділігіне байланысты фитохимияда маңызды болып табылады. Мацерация өсімдік материалын еріткіште бөлме температурасында ұзақ уақыт әдетте 24-72 сағат бойы жібітуді

қамтиды, бұл еритін заттардың еріткіш диффузиясына мүмкіндік береді. Бұл әдіс әсіресе термолабильді қосылыстар үшін өте қолайлы, өйткені ол *H. perforatum* құрамындағы гиперидин сияқты сезімтал биоактивті заттарды ыдырататын жоғары температурадан аулақ болады. Негізгі артықшылықтарға төмен шығындар, жабдыққа қойылатын минималды талаптар және полярлы және жартылай полярлы қосылыстар үшін тиімді су, этанол немесе олардың қоспалары сияқты еріткіштердің кең ауқымын пайдалану мүмкіндігі жатады [3]. Алайда, мацерация ұзақ уақыт экстракциядан, еріткіштің жоғары ағынынан және интенсивті әдістермен салыстырғанда төмен өнімділіктен зардап шегеді, бұл көбінесе толық емес экстракцияға және ұзақ өңдеу процесінде микробтардың ластану қаупіне әкеледі [4-5]. *P. oleracea* зерттеулерінде көлемді шектейтін 48 сағатты қажет етті, 80% метанолмен мацерация фенолдардың орташа жалпы құрамын (TPC) бір граммға шамамен 5,11 мг галл қышқылының эквивалентін (мг GAE/г) қамтамасыз етті [6].

### ***Зерттеу материалдары мен әдістері***

#### ***Зерттеу әдістері***

Бастапқы өсімдік шикізатын алу үшін Орталық Қазақстанның табиғи жағдайында белсенді гүлдену кезеңінде жиналған өсімдіктердің кептірілген жер үсті бөліктері пайдаланылды. *In vitro* жасуша дақылдары биомассаның тұрақты өсуін қамтамасыз ететін оңтайлы концентрацияда 2,4-Д және кинетин қосылған мурасиге және Скуга (MS) қоректік ортасында каллус тінін өсіру арқылы алынды [8-9]. Шикізат 40 °С-тан аспайтын температурада кептіріліп, 0,5–1,0 мм фракцияға дейін ұнтақталған.

Экстракция үш схема бойынша жүргізілді:

1. Мацерация: 5 г өсімдік шикізаты 100 мл 40% этанол құйып, 25 °С температурада 24 сағат бойы тұрақты араластырумен ұсталды.

2. Сокслет әдісі: 5 г шикізатты алу Сокслет аппаратында 6 сағат еріткіштің қайнау температурасында (шамамен 78 °С) жүргізілді.

3. Ультрадыбыстық экстракция (UAE): 5 г шикізат ультрадыбыстық ваннада 30 минут ішінде 50 °С температурада 100 мл 40% этанолға алынды (жиілігі 40 кГц, қуаты 150 Вт).

Экстракциядан кейін барлық ерітінділер сүзіліп, тұрақты көлемге жеткізілді. Жалпы фенолдық қосылыстардың саны (TPC) стандарт ретінде галл қышқылын қолдана отырып, Фолин–Чокальтеу колориметриялық әдісімен анықталды. Оптикалық тығыздық 765 нм - де өлшенді. Нәтижелер бір грамм құрғақ затқа (мг GAE/г) мг галл қышқылында көрсетілген. (Зерттеу барысында фенолдық қосылыстардың мөлшері мг GAE/г құрғақ зат бірлігінде анықталды).

Бұл зерттеудің мақсаты өсімдік шикізатынан (*Hypericum Perforatum* (шәйқурай), *Melilotus Officinalis* (түйежоңышқа) және *Portulaca Oleracea* (портулак)) фенолдық қосылыстарды одан әрі сүт өнімдерін байытушы ретінде пайдалану үшін алудың ең жақсы әдісін анықтау болды. Салыстыру үшін үш түрлі әдіс қолданылды: мацерация, Сокслет экстракциясы және ультрадыбыстық экстракция (UAE). Экстрагент ретінде 70% этанол қолданылды, өйткені бұл еріткіш жоғары полярлықты, қауіпсіздікті және фенол мен флавоноидты қосылыстардың кең спектрін алу қабілетін біріктіретін әмбебап қасиеттерге ие [10-11].

**Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау**

Өсімдік шикізатынан биологиялық белсенді заттарды (ББЗ) алу тағамдық қоспаларды, функционалды өнімдерді және тамақ өнер-

кәсібіне арналған ингредиенттерді өндірудегі маңызды қадам болып табылады. Өсімдік материалдарында биоактивті қосылыстардың кең спектрі бар - полифенолдар, флавоноидтар, кумариндер, каротиноидтар, витаминдер және антиоксидантты, қабынуға қарсы және иммуномодуляциялық белсенділігі бар басқа метаболиттер. Бұл заттарды тиімді алу үшін мақсатты қосылыстардың функционалды белсенділігін сақтай отырып және шығындарды азайта отырып, жоғары шығымдылығын қамтамасыз ететін әдістерді қолдану қажет [12-13].

Мацерация және Сокслет экстракциясы сияқты дәстүрлі экстракция әдістері қарапайымдылығы мен қол жетімділігіне байланысты кеңінен қолданылады. Мацерация өсімдік материалын еріткіште ұзақ уақыт бойы төмен температурада жібітуді қамтамасыз етеді, бұл әсіресе термолабильді қосылыстар үшін өте маңызды. Алайда, бұл әдіс ұзақ мерзімдермен, еріткіштің көп тұтынылуымен және көбінесе мақсатты заттардың төмен шығымдылығымен сипатталады. Еріткіштің үздіксіз айдау және конденсация цикліне негізделген Сокслет экстракциясы қосылыстардың толық алынуын қамтамасыз етеді, бірақ жоғары энергия шығынын қажет етеді және ыстыққа сезімтал (ББЗ) деградациясына әкелуі мүмкін [14-15].

Бұл деректерді жалпылау үшін әдебиеттерді шолудан алынған негізгі параметрлерге негізделген әдістерді бағалайтын салыстырмалы кесте (1-кесте) берілген.

Кесте 1. Экстракция әдістерінің салыстырмалы сипаттамалары

Әдіс	Экстракция уақыты	Еріткіш шығыны	Шығу тиімділігі	Энергия тұтыну	Термолабильді қосылыстар үшін жарамдылық	Экологиялық әсер
Мацерация	Жоғары (24–72 с.)	Жоғары	Орташа	Төмен	Жоғары	Орташа (жоғары еріткіш қалдықтары)
Сокслет	Орташа (6–24 с.)	Жоғары	Жоғары	Жоғары	Төмен	Жоғары (улы еріткіштер, энергия)
UAE	Төмен (15–60 мин)	Төмен	Жоғары	Орташа	Жоғары	Төмен (жасыл технологияның әлеуеті)

Бұл кестеде суреттелген: мацерация және Сокслет сияқты дәстүрлі әдістер қол жетімділікке баса назар аударады, бірақ тиімділікті құрбан етеді, ал UAE сияқты заманауи тәсілдер шығу мен тұрақтылықты оңтайландыруды ұсынады. *H. perforatum* үшін (UAE) антиоксиданттар үшін оңтайлы; *M. officinalis* үшін Сокслет кумариндерге жарамды; және *P. oleracea* MAE үшін *Omega-3* экстракциясын күшейтеді. Тиімділікті салыстыру үшін үш түрлі әдіс қолданылды: мацерация, Сокслет экстракциясы және ультрадыбыстық экстракция (UAE). Бастапқы өсімдік шикізатын алу үшін Орталық Қазақстанның табиғи жағдайында белсенді гүлдену кезеңінде жиналған өсімдіктердің кептірілген жер үсті бөліктері пайдаланылды. "in vitro" жасуша дақылдары биомассаның тұрақты өсуін қамтамасыз ететін оңтайлы концентрацияда Мурасиге және Скут (MS) (MS+ метилжасмонат 0,1%) қоректік ортада өсімдік шикізатын өсіру арқылы алынды.

Жүргізілген зерттеу *Hypericum Perforatum*, *Melilotus officinalis* және *Portulaca Oleracea* дақылдарының "in vitro" өсімдік шикізатынан фенолдық қосылыстарды алу тиімділігі қолданылатын экстракция әдісіне айтарлықтай тәуелді екенін көрсетті. Өсімдік жасушалық дақылдарының өсімдік шикізатын алудың оңтайлы түрі мен технологиялық параметрлері

зерттеліп, таңдалды. Мацерация әдісі үшін экстракцияның оңтайлы параметрлері: температура 50 °C, этил спиртінде ұстау ұзақтығы 24 сағат (қараңғыда), stegler айналмалы буландыру қондырғысында экстракциялау ұзақтығы-30 мин. Перколяция әдісі үшін оңтайлы экстракция параметрлері: температура 40 °C, Сокслет аппаратында экстракция ұзақтығы 3-4 сағат. Ультрадыбыстық экстракция (UAE) әдісі үшін экстракцияның оңтайлы параметрлері: температура 50 °C, этил спиртінде экспозиция ұзақтығы 30 сағат (қараңғыда), ультрадыбыстық ваннада экстракция ұзақтығы 30 мин. Жалпы фенолдық қосылыстардың ең жоғары мәндері мацерация мен ультрадыбыстық экстракциямен салыстырғанда өнімділіктің 25-40% жоғарылауын қамтамасыз ететін перколяция әдісін қолдану арқылы алынады. "In vitro" дақылдары табиғи жағдайда жиналған өсімдіктермен салыстырғанда фенолдық заттардың жоғары құрамымен сипатталатыны анықталды, оларды пайдалану қайталану және қайталама метаболиттердің биосинтезін бағытталған реттеу мүмкіндігі тұрғысынан қызығушылық тудырады.

Жалпы антиоксидантты экстракцияның үш әдісінің салыстырмалы талдауының нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Өсімдіктердің әртүрлі түрлерінің өсімдік және In vitro шикізат сығындыларындағы жалпы фенолдық қосылыстардың (мг GAE/г құрғақ зат) құрамы

Өсімдік түрі	Өсімдіктер типі	Экстракция әдістері		
		Мацерация	Сокслет (аппаратом Сокслета)	Ультрадыбыс (UAE)
<i>Hypericum perforatum</i>	Табиғи өсімдік шикізаты	42,6 ± 1,3	61,2 ± 2,4	58,4 ± 2,1
<i>Hypericum perforatum</i>	In vitro өсірілген өсімдік шикізаты	36,9 ± 1,2	54,5 ± 2,0	49,8 ± 1,7
<i>Melilotus officinalis</i>	Табиғи өсімдік шикізаты	31,4 ± 0,9	56,3 ± 1,9	44,1 ± 1,5
<i>Melilotus officinalis</i>	In vitro өсірілген өсімдік шикізаты	27,6 ± 1,0	50,1 ± 1,6	39,7 ± 1,3
<i>Portulaca oleracea</i>	Табиғи өсімдік шикізаты	24,2 ± 0,8	45,7 ± 1,5	32,8 ± 1,1
<i>Portulaca oleracea</i>	In vitro өсірілген өсімдік шикізаты	20,5 ± 0,7	40,2 ± 1,3	28,1 ± 1,0

Сокслет әдісі фенолдық қосылыстарды алудың жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Табиғи өсімдік пен in vitro шикізатты салыстыру кезінде жасуша дақылдарының сығындыларындағы фенолдық қосылыстардың концентрациясы тұтас өсімдік материалының сығындыларымен салыстырғанда біршама төмен (орта есеппен 10-20 %) екені анықталды.

Бұл in vitro дақылдардағы жасушалардың толық емес дифференциациясына және табиғи ортадағы стресс факторларына ұшыраған өсімдіктермен салыстырғанда қайталама метаболизмнің салыстырмалы түрде төмен деңгейіне байланысты [16-17].

Сонымен қатар, in vitro дақылдардан алынған сығындылар құрамның көбеюімен

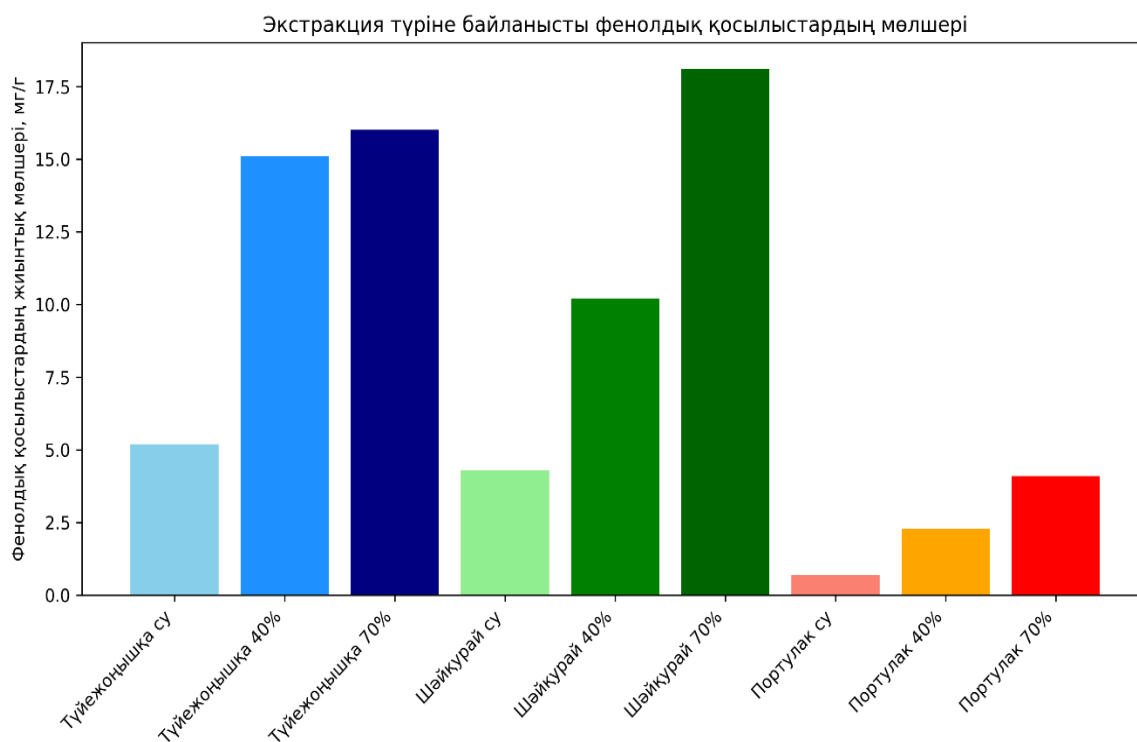
және тұрақтылығымен сипатталады, бұл шикізаттың бұл түрін стандартталған фитопрепараттар мен функционалды ингредиенттер үшін перспективалы етеді [18-19].

Фенолды қосылыстардың жалпы құрамының ең жоғары мәндері мацерация мен ультрадыбыстық экстракциямен салыстырғанда өнімділікті 25-40% арттыруды қамтамасыз ететін перколяция әдісін қолдану арқылы алынады. «in vitro» дақылдары табиғи жағдайда жиналған өсімдіктермен салыстырғанда фенолдық заттардың жоғары құрамымен сипатталатыны анықталды, олардың қолданылуы қайталану мүмкіндігі және қайталама метаболиттердің биосинтезін бағытталған реттеу тұрғысынан қызығушылық тудырады [20].

Демек, Сокслет аппаратындағы перколяция әдісі антиоксиданттық белсенділігі бар функционалды ингредиенттер мен сығындыларды жасауға арналған табиғи өсімдік және «in vitro» жасушалық материалдан биология-

лық белсенді қосылыстарды оқшаулаудың оңтайлы әдісі ретінде ұсынылады.

Сондықтан 70% этанолмен ультрадыбыстық экстракция функционалды ингредиенттер мен айқын антиоксиданттық белсенділігі бар сығындыларды жасауға арналған өсімдік және in vitro жасушалық материалдан биологиялық белсенді қосылыстарды оқшаулаудың оңтайлы әдісі ретінде ұсынылуы мүмкін. Алынған сығындылар құрғақ заттар мен полифенол қосылыстарының жалпы мөлшеріне тексерілді. Экстракция температурасы 30-70 °С аралығында зерттелді. Өсімдік шикізатынан қайталама метаболиттерді алу тиімділігі 30 °С, 40 °С, 50 °С, 60 °С, 70 °С температурада нәтижелер көрсеткендей, 70 °С температура оптималды болды, мацерацияның ұзақтығы 24 сағат, экстракция 10 минут сығындының көлемі 100 мл. нәтижелер деректері сурет-1 көрсетілген.



Сурет 1. Түйежоңышқа, шәйқурай және портулак сығындыларындағы құрғақ заттар мен фенолдық қосылыстардың жиынтық құрамы

Алынған нәтижелерге сәйкес, Сокслет әдісі барлық зерттелген өсімдіктер үшін фенолдық қосылыстардың ең жоғары шығымын қамтамасыз етті. Атап айтқанда, табиғи өсімдік шикізатында *Hypericum perforatum* үшін 61,2 мг GAE/г, *Melilotus officinalis* үшін 56,3 мг GAE/г және *Portulaca oleracea* үшін 45,7 мг GAE/г мәндері тіркелді. Бұл көрсеткіштер

мацерация және ультрадыбыстық экстракция нәтижелерінен жоғары.

Ультрадыбыстық экстракция (UAE) Сокслет әдісімен салыстырғанда біршама төмен нәтиже көрсеткенімен, мацерация әдісіне қарағанда жоғары тиімділік көрсетті. Сонымен қатар, бұл әдіс экстракция уақытын айтарлықтай қысқартуға (30 мин) және еріткіш шығынын азайтуға

мүмкіндік береді. УД әсерінен пайда болатын кавитациялық құбылыстар жасуша құрылымын бұзып, мақсатты қосылыстардың бөлінуін жеделдететіні белгілі.

Мацерация әдісі ең төмен көрсеткіштерді көрсетті, бұл оның ұзақ уақытты қажет етуімен және масса алмасу процесінің баяулығымен түсіндіріледі.

Табиғи өсімдік шикізаты мен *in vitro* дақылдарын салыстыру нәтижесінде, *in vitro* үлгілерінде фенолдық қосылыстар мөлшері орта есеппен 10–20% төмен екені анықталды. Бұл құбылыс жасушалардың толық дифференциацияланбауымен және табиғи стресс факторларының болмауымен түсіндіріледі. Дегенмен, *in vitro* дақылдары құрамының тұрақтылығымен және қайта өндірілу мүмкіндігімен ерекшеленеді.

Температуралық фактордың әсерін зерттеу нәтижесінде экстракция тиімділігі 30–70 °С диапазонында артатыны анықталды. Ең жоғары көрсеткіштер 70 °С температурада тіркелді, бұл еріткіштің диффузиялық қабілетінің артуымен және фенолдық қосылыстардың ерігіштігінің жоғарылауымен түсіндіріледі.

Экстрагент ретінде қолданылған этанол-су қоспалары ішінде 70% этанол барлық үлгілер үшін ең тиімді болды. Мысалы, шәйқурай сығындысында фенолдық қосылыстар мөлшері 18,1 мг ГАЕ/г жетті, бұл басқа концентрациялармен салыстырғанда жоғары нәтиже көрсетті. Түйежоңышқа мен портулак үшін де ұқсас үрдіс байқалды.

Осылайша, алынған нәтижелер экстракция әдісін таңдауда тек шығымдылық емес, сонымен қатар уақыт, энергия шығыны және мақсатты қосылыстардың тұрақтылығы сияқты факторларды кешенді түрде ескеру қажеттігін көрсетеді.

#### **Қорытынды**

Жүргізілген зерттеу нәтижелері *Hypericum perforatum*, *Melilotus officinalis* және *Portulaca oleracea* өсімдік шикізатынан фенолдық қосылыстарды алудың тиімділігі қолданылатын экстракция әдісіне тікелей тәуелді екенін көрсетті.

Салыстырмалы талдау нәтижесінде Сокслет әдісі фенолдық қосылыстардың ең жоғары шығымын қамтамасыз ететіні анықталды. Бұл әдіс әсіресе термостабильді қосылыстарды толық экстракциялау үшін тиімді болып табылады. Алайда, оның негізгі кемшіліктері ретінде жоғары температура, ұзақ уақыт және энергия шығынының көптігі анықталды.

Ультрадыбыстық экстракция (UAE) әдісі шығымдылығы жағынан Сокслеттен біршама төмен болғанымен, экстракция уақытының қысқалығы, энергия тиімділігі және экологиялық қауіпсіздігімен ерекшеленеді. Сондықтан бұл әдіс функционалды тағам өнімдерін өндіруде биологиялық белсенді қосылыстарды алудың перспективалы тәсілі ретінде қарастырылуы мүмкін.

Мацерация әдісі қарапайымдылығына қарамастан, ең төмен тиімділік көрсетті және өндірістік мақсатта қолдану үшін шектеулі болып табылады.

Температуралық және еріткіш факторларын оңтайландыру нәтижесінде 70% этанолды қолдану және 50–70 °С температура диапазоны фенолдық қосылыстарды тиімді экстракциялау үшін оңтайлы екені анықталды. *In vitro* өсірілген өсімдік шикізаты табиғи өсімдіктермен салыстырғанда фенолдық қосылыстардың төмен мөлшерін көрсеткенімен, олардың құрамының тұрақтылығы мен стандартталуы бұл шикізатты функционалды ингредиенттер алу үшін перспективалы етеді. Осылайша, экстракция әдісін таңдау нақты мақсатқа байланысты жүргізілуі тиіс: максималды шығымдылық қажет болған жағдайда – Сокслет әдісі, ал технологиялық тиімділік пен тұрақтылық маңызды болған жағдайда – ультрадыбыстық экстракция әдісі ұсынылады.

#### **Алғыс, мүдделер қақтығысы (қаржыландыру)**

Зерттеулер ИРН АР23489321 "In vitro өсірілетін өсімдік шикізатының қайталама метаболиттерін пайдалана отырып алынған функционалдық сүт өнімдерінің технологиясын әзірлеу" гранттық қаржыландыру жобасы шеңберінде орындалды.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28.06.2024 № 512 «Об утверждении Комплексного плана по развитию переработки сельскохозяйственной продукции на 2024–2028 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000512> (дата обращения: 13.01.2026).
2. На поддержку пищевой промышленности в 2025 году выделили 44 млрд тенге [Электронный ресурс] // Kapital.kz. — 14.10.2025. — Режим доступа: <https://kapital.kz/economic/141476/napod-derzhku-pishevoj-promyshlennosti-v-2025-godu-vydilili-44-mlrd-tenge.html> (дата обращения: 13.01.2026).
3. Жакупова Г. Н. и др. Перспективы применения растений Северного Казахстана в производстве продуктов питания функционального назначения //Вестник Алматинского технологи-

ческого университета. – 2025. – Т. 147. – №. 1. – С. 99-106. doi:10.48184/2304-568X-2025-1-99-106

4. Petropoulos S. A. et al. Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part // *Antioxidants*. – 2019. – Т. 8. – №. 8. – С. 293. doi:10.3390/antiox8080293

5. Fernández-Poyatos M. P., Llorent-Martínez E. J., Ruiz-Medina A. Phytochemical composition and antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: Influence of the steaming cooking process // *Foods*. – 2021. – Т. 10. – №. 1. – С. 94. doi:10.3390/foods10010094

6. Alara O. R., Abdurahman N. H., Ukaegbu C. I. Extraction of phenolic compounds: A review // *Current research in food science*. – 2021. – Т. 4. – С. 200-214. doi: 10.1016/j.crfs.2021.03.011

7. Xu L., Wang X. A Comprehensive Review of Phenolic Compounds in Horticultural Plants // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Т. 26. – №. 12. – С. 5767. doi:10.3390/ijms26125767

8. Assouguem A. et al. Innovative approaches in the extraction, identification, and application of secondary metabolites from plants // *Phyton*. – 2025. – Т. 94. – №. 6. – С. 1631. doi:10.32604/phyton.2025.065750

9. Yüksel i. T. Automatic solvent extraction of bioactive molecules rich in phenolics and flavonoids from *hypericum perforatum* L.: optimization and multivariate analysis // *gida*. – 2025. – т. 50. – №. 6. – с. 1200-1219. doi:10.15237/gida.gd25123.

10. Zhang Q.-W. et al. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review // *Chin. Med.* 2018. Vol. 13. Art. 20. doi:10.1186/s13020-018-0177-x

11. Shen L. et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2023. – Т. 101. – С. 106646. doi:10.1016/j.jultsonch.2023.106646

12. Мулдашева А. и др. Исследование различных методов извлечения полифенолов из растительного сырья: исследование различных методов извлечения полифенолов из растительного сырья // *Наука и образование*. – 2025. – Т. 4. – №. 2 (79). – С. 76-84. doi:10.52578/2305-9397-2025-2-4-76-84

13. Lesellier E., Lefebvre T., Destandau E. Recent developments for the analysis and the extraction of bioactive compounds from *Rosmarinus officinalis* and medicinal plants of the Lamiaceae family // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2021. – Т. 135. – С. 116158. doi:10.1016/j.trac.2020.116158

14. Pingret D., Fabiano-Tixier A. S., Chemat F. Ultrasound-assisted extraction. – 2013. doi:10.1039/9781849737579-00089

15. Uwineza P.A., Waśkiewicz A. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 1–30. doi:10.3390/molecules25173847

16. Destandau E., Michel T. Microwave-assisted extraction. – 2022. doi:10.1039/9781849737579.

17. Wawrosch C., Zotchev S. B. Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies—status and outlook // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2021. – Т. 105. – №. 18. – doi:C. 6649-6668 10.1007/s00253-021-11539-w

18. Laina K. T. et al. Optimization of Combined Ultrasound and Microwave-Assisted Extraction for Enhanced Bioactive Compounds Recovery from Four Medicinal Plants: Oregano, Rosemary, Hypericum, and Chamomile // *Molecules*. – 2024. – Т. 29. – №. 23. – С. 5773. doi.org/10.3390/molecules29235773

19. Yusoff I. M. et al. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins // *Food research international*. – 2022. – Т. 157. – С. 111268. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111268

20. Dias Bertoco Júnior F. et al. Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds and Flavonoids from Banana Inflorescence and Characterization of Its Fibrous Residue // *Separations*. – 2025. – Т. 12. – №. 5. – С. 109. doi:10.3390/separations12050109

## REFERENCES

1. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot [Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated] 28.06.2024 № 512 «Ob utverjdenii Kompleksnogo plana po razvitiyu pererabotki selskohozyaistvennoi produkcii na 2024–2028 godi» [On Approval of the Comprehensive Plan for the Development of Agricultural Product Processing for 2024-2028] [Elektronnii resurs]. – Rejim dostupa: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000512> (data obrascheniya: Access mode:13.01.2026). (In Russian)

2. Na podderjku pishevoi promishlennosti v 2025 godu videlili 44 mlrd tenge [44 billion tenge was allocated to support the food industry in 2025] // [Elektronnii resurs] // [Electronic resource]. Kapital.kz. – 14.10.2025. — Rejim dostupa: <https://kapital.kz/economic/141476/na-podderzhku-pishevoj-promyshlennosti-v-2025-godu-vydelili-44-mlrd-tenge.html> (data obrascheniya: Access mode: 13.01.2026). (In Russian)

3. Jakupova G. N. i dr. Perspektivi primeneniya rastenii Severnogo Kazahstana v proizvodstve produktov pitaniya funkcionalnogo naznacheniya [Prospects for the Use of Plants from Northern Kazakhstan in the Production of Functional Food Products] // *Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Almaty Technological University]. – 2025. – Т. 147. – №. 1. – С. 99-106. doi:10.48184/2304-568X-2025-1-99-106 (In Russian)

4. Petropoulos S. A. et al. Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part // *Antioxidants*. – 2019. – Т. 8. – №. 8. – С. 293. doi:10.3390/antiox8080293

5. Fernández-Poyatos M. P., Llorent-Martínez E. J., Ruiz-Medina A. Phytochemical composition and

- antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: Influence of the steaming cooking process // *Foods*. – 2021. – Т. 10. – №. 1. – С. 94. doi:10.3390/foods10010094
6. Alara O. R., Abdurahman N. H., Ukaegbu C. I. Extraction of phenolic compounds: A review // *Current research in food science*. – 2021. – Т. 4. – С. 200-214. doi: 10.1016/j.crfs.2021.03.011
7. Xu L., Wang X. A Comprehensive Review of Phenolic Compounds in Horticultural Plants // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Т. 26. – №. 12. – С. 5767. doi: 10.3390/ijms26125767
8. Assouguem A. et al. Innovative approaches in the extraction, identification, and application of secondary metabolites from plants // *Phyton*. – 2025. – Т. 94. – №. 6. – С. 1631. doi:10.32604/phyton.2025.065750
9. Yüksel i. T. Automatic solvent extraction of bioactive molecules rich in phenolics and flavonoids from *hypericum perforatum* L.: optimization and multivariate analysis // *gda*. – 2025. – т. 50. – №. 6. – с. 1200-1219. doi:10.15237/gda.gd25123.
10. Zhang Q.-W. et al. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review // *Chin. Med*. 2018. Vol. 13. Art. 20. doi:10.1186/s13020-018-0177-x
11. Shen L. et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2023. – Т. 101. – С. 106646. doi:10.1016/j.ultsonch.2023.106646
12. Muldasheva A. i dr. Issledovanie razlichnih metodov izvlecheniya polifenolov iz rastitelnogo sirya\_ issledovanie razlichnih metodov izvlecheniya polifenolov iz rastitelnogo sirya [Research on various methods of extracting polyphenols from plant raw materials: Research on various methods of extracting polyphenols from plant raw materials] // *Nauka i obrazovanie [Science and Education.]*. – 2025. – Т. 4. – №. 2 (79). – С. 76-84. doi:10.52578/2305-9397-2025-2-4-76-84 (In Russian)
13. Lesellier E., Lefebvre T., Destandau E. Recent developments for the analysis and the extraction of bioactive compounds from *Rosmarinus officinalis* and medicinal plants of the Lamiaceae family // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. – 2021. – Т. 135. – С. 116158. doi:10.1016/j.trac.2020.116158
14. Pingret D., Fabiano-Tixier A. S., Chemat F. Ultrasound-assisted extraction. – 2013. doi:10.1039/9781849737579-00089
15. Uwineza P.A., Waśkiewicz A. Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 1–30. doi:10.3390/molecules25173847
16. Destandau E., Michel T. Microwave-assisted extraction. – 2022. doi:10.1039/9781849737579.
17. Wawrosch C., Zotchev S. B. Production of bioactive plant secondary metabolites through in vitro technologies—status and outlook // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2021. – Т. 105. – №. 18. – doi:C. 6649-6668 10.1007/s00253-021-11539-w
18. Laina K. T. et al. Optimization of Combined Ultrasound and Microwave-Assisted Extraction for Enhanced Bioactive Compounds Recovery from Four Medicinal Plants: Oregano, Rosemary, Hypericum, and Chamomile // *Molecules*. – 2024. – Т. 29. – №. 23. – С. 5773. doi.org/10.3390/molecules29235773
19. Yusoff I. M. et al. A review of ultrasound-assisted extraction for plant bioactive compounds: Phenolics, flavonoids, thymols, saponins and proteins // *Food research international*. – 2022. – Т. 157. – С. 111268. doi: 10.1016/j.foodres.2022.111268
20. Dias Bertoco Júnior F. et al. Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds and Flavonoids from Banana Inflorescence and Characterization of Its Fibrous Residue // *Separations*. – 2025. – Т. 12. – №. 5. – С. 109. doi:10.3390/separations12050109