

**А.А. Баядилова<sup>\*</sup>, Г.Б. Абдилова<sup>1</sup>, К.С. Бекбаев<sup>1</sup>, А. Төлеуғазықызы<sup>2</sup>, Ш.А. Амирханов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Шәкәрім университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

<sup>\*</sup>e-mail: assylzhanai@gmail.com

## **ЖҮЗІМ СЫҒЫНДЫСЫНАН БАҒАЛЫ КОМПОНЕНТТЕРДІ ЭКСТРАКЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІ**

**Аңдатпа:** Мақалада шарап жасаудың қосалқы өнімі болып табылатын жүзім сығындыларынан құнды компоненттерді алудың әртүрлі әдістері қарастырылады. Еріткіштерді қолдана отырып экстракциялаумен қатар, экстракциялаудың дәстүрлі және инновациялық әдістерінің тиімділігіне, сондай-ақ қатты-сұйықтықты экстракциялау, жоғары критикалық флюидтік экстракциялау, ультрадыбысты күшейткішті экстракциялау, еріткішпен жеделдетілген экстракциялау, престелген сұйықтықтарды пайдалана отырып экстракциялау сияқты жаңа технологияларға ерекше назар аударылады. Мысалы, жоғары критикалық флюидтерді пайдалана отырып экстракциялау қатты матрицалардан мақсатты компоненттерді бөліп алу үшін салыстырмалы түрде жаңа әдіс болып табылады. Ультрадыбыстық күшейтілген экстракциялау кавитация құбылысына негізделген, онда ультрадыбыстық қысым толқындары таралады, ал экстрагенттерді тасымалдау жоғары жылжыту күштерінің есебінен күшейтіледі. Престелген сұйықтықтарды пайдалана отырып экстракциялау еріткіш ретінде 100% су пайдаланылады. Зерттеу нәтижелері жүзім сығындыларын антиоксиданттық және қабынуға қарсы қасиеттері бар функционалдық өнімдерді алу үшін шикізат ретінде пайдаланудың жоғары перспективаларын растайды. Тамақ қалдықтарынан және шарап жасаудың жанама өнімдерінен полифенолдар, ақуыздар, лигнин, пектиндер және майлар сияқты биоактивті қосылыстарды алу процесі маңызды баламалы стратегияға айналады. Перспективалы, тиімді, орнықты және экологиялық таза әдістері жоғары критикалық экстракциялау және ультрадыбыстық экстракциялау болып табылады.

**Түйін сөздер:** жүзім қалдықтары, жүзім қабығы, жүзім сүйектері, жүзім сабақтары, экстракция.

### **Кіріспе**

Жүзім бүкіл әлемде өсірілетін және тұтынылатын қалыпты климаттың неғұрлым экономикалық маңызды дақылдарының бірі болып табылады. 2022 жылы әлемде жүзім отырғызу алаңы 7,3 млн гектарды құрады, бұл 70 млн тоннадан астам жеміс берді, оның 47,4% – шараптық сұрыптары, 45,4% – асханалық сұрыптары, ал 8% – кептіруге арналған жүзім [1]. Қазақстанда бүгінгі күні жүзім 16 мың гектарға жуық алқапта өсіріледі, ал 2023 жылы өндіріс көлемі 63,5 мың тоннаны құрады [2]. Қазақстандық жүзім шаруашылығы үшін республиканың оңтүстік өңірлеріндегі өндірістің шоғырлануы тән, онда жүзімнің 98%-ы Алматы, Жамбыл және Қызылорда облыстарында өсіріледі (сурет 1).



1 сурет – Қазақстанда 2019-2023 жылдар кезеңіндегі жүзім өндірісінің жыл сайынғы көлемі (тонна)

Қазақстанда жүзім шаруашылығы әртүрлі климаттық аймақтарда дамуда, бұл жүзім сұрыптарының кең ассортиментін өсіруге мүмкіндік береді. Каберне Совиньон, Мерло және Шардоне сияқты кең таралған сұрыптар Оңтүстік Қазақстанда, атап айтқанда Алматы облысында көптеп өсіріледі. Климаты неғұрлым салқын өңірлерде, мысалы, Жетісу өңірінде Саперави, Ркацители және Мускат сияқты сұрыптар кеңінен танымал.

Шарап өндіру процесінде қалдықтардың едәуір көлемі (жанама өнімдер) пайда болады, олар көбінесе қоршаған ортаға тасталады, бұл экологиялық проблемаларды ыдырау, жағымсыз иістер және қалдықтарды жағу кезінде ауаның ластануын тудырады (кесте 1) [3].

1 кесте – Шарап жасау процесінде жүзімнен пайда болатын жанама өнімдердің пайызы [4]

| Жанама өнім       | Жүзім пайызы (шамамен)            |
|-------------------|-----------------------------------|
| Жүзім өсінділері  | 2,5-7,5                           |
| Жүзім күнжарасы   | 15% құрғақ (ылғалды 25-45% дейін) |
| Жүзім сүйектері   | 3-6                               |
| Шарап қалдықтары  | 3,5-8,5                           |
| Жүзім кесінділері | 5 т/жылына                        |

Бұл қалдықты жүзім сығындылары деп атайды және олар жүзім қабығынан, тұқымынан, сабағынан тұрады [5].

Жүзім сығындылары қалдық ретінде құрамы көбінесе қалдық түріне, жүзім сұрыпына, отырғызу жағдайына, өңдеу әдісіне және басқа да көптеген факторларға байланысты (кесте 2).

2 кесте – Қызыл және ақ жүзімнің әртүрлі сұрыптарының сығындыларын талдауды қамтитын зерттеулерден алынған жүзім сығындыларының құрамы [6]

| Қосылыстар                       | Мөлшері г/100 г | Қосылыстар | Мөлшері г/100 г |
|----------------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| Күлділік                         | 1,73-9,10       | Na         | 87-244          |
| Аққуыз                           | 3,57-14,17      | K          | 1184-2718       |
| Май                              | 1,14-13,90      | Mg         | 92-644          |
| Тағамдық талшықтардың жалпы саны | 17,28-88,70     | Ca         | 91-961          |
| Ерімейтін талшықтар              | 16,44-63,70     | Mn         | 6-1356          |
| Еритін талшықтар                 | 0,72-12,78      | Fe         | 5-5468          |
| Көмірсулар                       | 12,20-40,53     | Zn         | 2-2254          |
| Фенол қосылыстарының жалпы саны  | 0,28-8,70       | Cu         | 39-130          |
| Фруктоза                         | 0,38-8,91       | P          | 4-3157          |
| Глюкоза                          | 0,21-26,34      |            |                 |

Шарап өнеркәсібінің қалдықтары (қабығы, сүйектері және сабақтары) орташа алғанда пайдаланылған жүзім салмағының 30%-ын құрайды [7].

Жүзімнің қабығы шарап жасау қалдықтарының негізгі компоненті болып табылады және сығу салмағының 65%-ын құрайды. Бұрындары ол негізінен компост ретінде пайдаланылған немесе пайдалануға жарамсыз деп есептелген. Алайда фенолды қосылыстардың жоғары болуы жүзім қабығын биологиялық белсенді фитохимиялық заттардың құнды көзі болып табылады [8]. Антоциандар – көбінесе қабықта кездесетін фенол қосылыстарының табы, ал флаван-3-олдар қабықта да, тұқымдарда да ұқсас концентрацияларда болады [9]. Малвидин-3-О-глюкозид – жүзім қабығынан табылған ең құнды антоциан, одан кейін пеонидин-3-О-глюкозид табылады [10].

Жүзімнің сабақтары жүзімнің шашақты бір шоғынан бөлу процесінде түзіледі және шарап өндірісінде өңделетін шикізаттың жалпы массасының шамамен 3-6%-ын құрайды [11]. Олар целлюлоза және гемицеллюлоза [12], танниндер [13] (6-7%) сияқты лигноцеллюлозалық қосылыстардан және лигниннің (22-47%) едәуір құрамынан тұрады [14]. Бұл қосылыстардың сабақтардағы шоғырлануы географиялық шығу тегі, климат, өнімді жинау уақыты және жүзімнің сұрыпы сияқты бірқатар факторларға байланысты. Жүзім сабақтарындағы фенолды қосылыстардың негізгі компоненттері – бұл флаван-3-олдар, гидроксикышқылдары, флавонолдар және стибендер [15].

Жемістің жалпы салмағының шамамен 5%-ын құрайтын жүзім сүйектері шарап пен шырын өндірісінде маңызды жанама өнім болып табылады [16]. Жыл сайын әлемдік ауқымда 3 млн тоннадан астам жүзім сүйегі шығарылады. Олар клетчаткаға, ақуыздарға, көмірсутектерге, липидтерге, минералдарға және полифенольді қосылыстарға бай. Сүйектерде фенол қосылыстары (барлық алынатын заттардың 70% дейін), омега-6 май қышқылдары мен витаминдер бар [17]. Бұдан басқа, олардан антиоксиданттық белсенділігі бар флаван-3-ола мен проантоцианиндер табылды. Жүзім сүйектерінен алынған сығындыларда токоферолдар мен токотриенолдар бар [16].

Осылайша, жүзім сығындыларын өңдеу және олардан құнды компоненттерді алу шарап жасау өнеркәсібінің қалдықтарын азайтуға мүмкіндік беріп қана қоймай, әртүрлі пайдалы қасиеттері бар биологиялық белсенді заттарды алуға ықпал ететін перспективалы бағыт болып табылады.

### **Зерттеу әдістері**

Мақалада жүзім қалдықтарынан полифенолдар, флавоноидтар және органикалық қышқылдар сияқты белсенді заттарды тиімді бөлуге мүмкіндік беретін түрлі экстракциялау әдістері қарастырылады.

Тұтастай алғанда, жүзімді қайта өңдеудің жанама өнімдерінен полифенолдарды экстракциялау үшін неғұрлым жиі пайдаланылатын әдіс қатты-сұйықтықты экстракциялау (SLE) болып табылады - бұл заттарды қатты матрицадан онымен байланыста болатын еріткішке ауыстыру процесі. Экстракциялаудың тиімділігі еріткіштің түріне, температурасына, экстракция уақытына және еріткіш/қатты заттың арақатынасына байланысты. Жүзім сығындысынан полифенолдарды экстракциялау үшін көбінесе этанол, метанол, ацетон және су сияқты еріткіштер пайдаланылады, бұл ретте этанолдың сумен қоспалары жақсы нәтиже көрсетті. Еріткішті таңдау экстракция мақсаттарына және бастапқы материалдың ерекшеліктеріне байланысты екенін атап өту маңызды [18].

Жүзімді қайта өңдеудің жанама өнімдері сияқты үлгілер үшін Сокслеттегі экстракция мен мацерация неғұрлым қолайлы әдістер болып табылады. Мұндай үлгілердегі көптеген биологиялық белсенді компоненттер термиялық тұрақсыз және/немесе фотосезгіш. Сондықтан экстрагирленетін заттың мөлшерін ұлғайтудан басқа, экстракция сондай-ақ функционалдық ингредиенттерді белсенді түрде алуды қамтамасыз етуге бағытталған.

Сокслеттегі экстракция матрицаны жаңа еріткішпен бірнеше рет жууды қамтиды, бұл жылы еріткішті пайдалану арқылы талданатын заттың неғұрлым жоғары еруіне ықпал етеді. Бұл техниканың классикалық мацерациямен салыстырғанда негізгі артықшылықтары, бұл уақытты, энергияны үнемдеуге мүмкіндік береді. Сокслет көбінесе әртүрлі табиғи көздерден құнды биоактивті қосылыстарды алу үшін пайдаланылады [19]. Термосезгіш қосылыстардың экстракциясын қоспағанда, бұл әдіс экстракцияның басқа дәстүрлі әдістеріне қарағанда тиімділігі анағұрлым жоғары. Өнеркәсіптік қолдану, жаңғыртылу, тиімділік және экстрактпен манипуляция тұрғысынан, ол сондай-ақ ультрадыбыстық, микротолқынды сәулелену және жоғары критикалық сұйықтықтардың көмегімен экстракциялау сияқты жаңа әдістермен салыстырғанда артықшылықтарға ие [20].

Дәстүрлі әдістер көп уақытты және еріткіштердің үлкен көлемін талап етеді, сондай-ақ иондау, гидролиз және тотығу салдарынан полифенолдардың жоғалуына әкеледі. Соңғы жылдары уақытты қысқартуға, еріткіштерді пайдалануды азайтуға және мақсатты қосылыстарды алуды сақтап немесе жақсартып, тиімділікті арттыруға бағытталған экстракциялаудың жаңа әдістері әзірленді [21].

Қазіргі уақытта жаңа инновациялық технологиялар тамақ өнеркәсібі тарапынан үлкен қызығушылық тудырып отыр, өйткені олар экстракцияның дәстүрлі әдістерін қолдануға байланысты проблемаларды шешуге көмектеседі. Бұл жаңа технологиялар тұтынушылардың ең аз өңделген өнімдер мен жанама өнімдерге өсіп келе жатқан сұранысын қанағаттандыру мақсатында, сондай-ақ «жасыл» экстракция тұжырымдамасының талаптарына сәйкес келу мақсатында зерттеледі. Бұл тұжырымдама энергия тұтынуды төмендету кезінде қосылған құны жоғары қосылыстарды тиімді және тұрақты алу процесі болып табылады [22]. Субкритикалық су, импульстік электр өрістері, жоғары қысыммен өңдеу және т.б. сияқты экстракцияның жаңа әдістері жүзім қалдықтарын қоса алғанда, әртүрлі өсімдік көздерінен қайталама метаболиттердің (ең алдымен фенолдардың) және жанама өнімдер экстракциясын күшейтеді [23].

Жоғары критикалық флюидті экстракция (SFE) – қатты матрицалардан мақсатты компоненттерді бөліп алудың салыстырмалы түрде жаңа әдісі. SFE қатты үлгілерден органикалық қосылыстарды алу үшін жоғары критикалық флюидтердің бірегей қасиеттерін пайдаланады [24]. Жоғары критикалық флюид – бұл өзінің температурасы мен қысымынан жоғары, жақсы еріту қабілеті (сұйықтық ретінде), жоғары диффузиясы, төмен тұтқырлығы және ең аз беттік тартылуы бар зат. Осы сипаттамалардың арқасында SFE жоғары критикалық фазада жылдам массалық өтуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді және үлгінің қуысына кіру қабілетін жақсартады, бұл жылдам және тиімді экстракциялауды қамтамасыз етеді. SFE

органикалық еріткіштерді пайдалана отырып, экстракциялаудың дәстүрлі әдістеріне экологиялық тұрақты балама болуы мүмкін, өйткені ол тез, автоматтандырылған және селективті бола отырып, уытты еріткіштердің көп мөлшерін пайдалануды болдырмайды. Бұдан басқа, экстракциялау кезінде жарық пен ауаның болмауы органикалық еріткіштерді пайдалану арқылы дәстүрлі экстракциялау кезінде болуы мүмкін деградация процестерін төмендетеді [18]. Экстракциялау уақыты мен температурасы қосылыстардың жоғары шығыстарына қол жеткізу және энергия шығындарын барынша азайту үшін өте қиын. Температураның көтерілуі ерігіштік пен диффузияны жақсартады, бірақ 50°C жоғары температурада фенолдардың тұрақтылығы төмендейді. Кейбір зерттеулер көрсеткендей, 60°C температурада жүзім сығындыларынан фенолдарды алу тиімділігін арттырады [25].

Ультрадыбыстық күшейтілген экстракциялау кавитация құбылысына негізделген, мұнда ультрадыбыстық қысым толқындары таралады, ал экстрагенттердің тасымалдануы жоғары жылжыту күштері есебінен күшейеді [26]. Құйынды және ішкі диффузияның үдеуі бөлшектердің соқтығысуымен, жоғары жылдамдықпен, макро тұтынумен және кавитациялық көпіршіктердің жарылуынан пайда болатын микропоралы бөлшектердің бұзылуынан туындайды. Сұйық және қатты фаза арасындағы байланыстың жоғары ауданына байланысты ультрадыбыстық күшейтілген экстракция дәстүрлі әдістерден әлдеқайда жылдам [27]. Қуатты ультрадыбыстың акустикалық кавитациясы жасушалық қабырғаны бұзады, еріткішке жасушалық құрамның қолжетімділігін жеңілдетеді, осылайша массаның ауысуын жақсартады [28]. Бұдан басқа, UAE жоғары антиоксиданттық белсенділігі бар полифенолдарға бай өсімдік сығындыларын алу үшін қолайлы әдістердің бірі болып табылатындығы расталды [29].

Еріткіш арқылы жеделдетілген экстракция (ASE) – бұл қысым арқылы экстракциялау немесе престелген сұйықтықты пайдалана отырып экстракциялау әдісі. ASE қатты үлгілерден органикалық заттардың экстракциясын жақсарту үшін жоғары температурада (100-180°C) және жоғары қысымда дәстүрлі еріткіштерді пайдаланады. Қысым мен температураның жоғарылауы еріткіштің өткізгіштігін арттырады, бұл матрицаның терең енуіне және кеуектердегі заттардың шығарылуын арттыруға ықпал етеді. Жоғары температура компоненттердің ерігіштігін арттырады және массаның тасымалдануын жылдамдатады, сондай-ақ еріткіш пен матрицаның өзара әрекеттесуін әлсіретеді. Бұл факторлар компоненттерді неғұрлым жоғары нәтижелерімен жылдам және тиімді алуды қамтамасыз етеді. Аталған ерекшеліктерді ескере отырып, көптеген зерттеулер жүзім сығындыларынан фенолдар алу үшін ASE әдісін пайдаланды. Monrad, J. K және бірлескен авторлары жүзім сығындысынан антоциандар мен процианидиндерді экстракциялаудың екі баламалы әдісін әзірледі және ASE көмегімен экстракцияға әсер ететін айнымалыларды зерттеді [30, 31].

Престелген сұйықтықтарды пайдалану арқылы экстракциялау – еріткіш ретінде 100% су пайдаланылса, престелген сұйықтықтарды пайдалану арқылы экстракция (PLE) әдетте қыздырылған суды пайдалану арқылы экстракциялау, субкритикалық су экстракциясы (SWE), қысыммен төмен полярлы су экстракциясы немесе қысыммен ыстық су экстракциясы деп аталады [32]. Бөлме температурасында және атмосфералық қысымда судың ауқымды сутекті-байланысқан құрылымы бар, бұл оны диэлектрлік өткізгіштігі ( $\epsilon$ ) жоғары полярлы еріткіш етеді. Бұл оны полярлы емес органикалық заттарды алу үшін тиімсіз еріткіш етеді. Алайда суды қыздыру кезінде оның үстіңгі бетінің кернеуі, тұтқырлығы және өткізгіштігі төмендейді, бұл оның диффузиялық қасиеттерін жақсартады. Жеткілікті қысым мен температура кезінде су сұйық күйін сақтайды және төмен полярлы молекулаларды ерітуге қабілетті болады. Бұл судың диэлектрлік өткізгіштігінің 80-нен (25°C және атмосфералық қысымда) 27-ге (250°C және 50 бар) дейін төмендеуіне байланысты. Бұл мән метанол ( $\epsilon = 33$ ) мен этанол ( $\epsilon = 24$ ) диэлектрлік өткізгіштері арасында орналасқан, бұл суға органикалық еріткіштің сипаттамаларын береді [33].

Субкритикалық флюидтердің (SSE) көмегімен экстракциялау, сондай-ақ сұйықтық қысымымен экстракциялау (PLE) және ыстық престомен экстракциялау (HPE) ретінде белгілі, су, этанол, метанол, гексан, этилацетат және олардың қоспалары сияқты әртүрлі полярлы еріткіштердің кең спектрін пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл SSE-ге үлкен бейімділік береді, ол полярлық компоненттерден (мысалы, полифенолдар, көмірсулар немесе белоктар) орташа/полярлық емес компоненттерге (мысалы, липидтер мен каротиноидтер) [34]. Бұдан басқа, субкритикалық еріткіштің физикалық қасиеттерін (тығыздық, ионды өнім, диэлектрлік өткізгіштік сияқты) температура мен қысымды өзгерте отырып, жұқа модуляциялауға болады [35].

## **Ғылыми нәтижелерді талқылау**

De Andrade және Machado өз зерттеулерінде ультрадыбыстық технологияны пайдалану арқылы экстракциялау кезінде флавоноидтардың құрамы, антиоксиданттық әлеуеті және фенолды профиль бойынша сонификацияның 20 минутында ең жақсы нәтижелерге қол жеткізілгенін көрсетті. Алайда, фенолдардың, стибендердің, флаванолдардың және фенол қышқылдарының жоғары болуына ықпал еткен 60°C температурасында ультрадыбысты қолдану осы көрсеткіштердің төмендеуіне әкелді [36].

Еріткішпен экстракциялаудың негізгі принципі еріткіштердің басым әсер етуінде жатыр [37]. Кейбір қосылыстар бір еріткіште екіншісіне қарағанда жақсырақ ериді. Кейбір қосылыстар бір еріткіште екіншісіне қарағанда жақсырақ ериді. Еріткішті таңдау экстрагирленетін полифенолдардың мөлшеріне және экстракция жылдамдығына әсер етеді [38]. Жүзімді қайта өңдеудің жанама өнімдеріндегі фенолды қосылыстар қарапайым (мысалы, фенолды қышқылдар, антоциандар) жоғары полимерленген (мысалы, танниндер) және әртүрлі мөлшерде болады. Әдетте жанама өнімдерден еріткіште еритін фенолдар қоспасы шығарылады. Үлгіге байланысты (шикізат, қолданылатын технология және т.б.) фенолдар көмірсулар, липидтер және ақуыздар сияқты өсімдіктің басқа компоненттерімен де байланысты болуы мүмкін. Сондықтан шикі экстракттен жағымсыз компоненттерді алып тастау үшін экстракция хаттамасында қосымша кезеңдер талап етілуі мүмкін. Жүзімді қайта өңдеудің жанама өнімдерінің біртекті еместігін ескере отырып, нақты қолайлы экстракция процедурасы жоқ. Экстракцияның тиімділігін және экстракттардың шоғырлануын арттыруға бір, екі және үш рет экстракциялау арқылы қол жеткізілуі мүмкін. Экстракцияның дәстүрлі әдістерінде негізгі назар еріткішті таңдауға және процестің тиімділігін арттыру үшін жылу немесе механикалық энергияны қосу мүмкіндігіне аударылады. Бұл жүйедегі массаны тасымалдау жылдамдығын өзгерту арқылы қол жеткізіледі [39].

Зерттеу нәтижелері бойынша [40] A. Natolino және басқа да авторлар субкритикалық еріткіштерді қолдана отырып экстракциялау жүзім сығындыларынан полифенолдардың экстракция тиімділігін және шығымын айтарлықтай арттырды. Ең жақсы нәтижелер 120°C температурада, 100 бар қысымда және 10 минут экстракция уақытында су мен этанолдың (50%) субкритикалық қоспасын қолданған кезде алынды. SSE жағдайында полифенолдардың мөлшері 1,5 есеге, ал антиоксиданттық белсенділік дәстүрлі экстракциямен салыстырғанда 3 есеге артты. Экстракцияның бастапқы сатысын математикалық модельдеу SSE полифенолдарды классикалық қатты-сұйықтық экстракциясына қарағанда 5 есе жылдам экстракциялауға мүмкіндік беретінін көрсетті.

## **Қорытынды**

Тамақ қалдықтары мен жүзім шаруашылығының жанама өнімдерінен полифенолдар, белоктар, лигнин, пектиндер және майлар сияқты биоактивті қосылыстарды бөліп алу процесі, оның көптеген пайдалы қасиеттері мен өнеркәсіптік қолданылуына байланысты маңызды балама стратегияға айналууда. Мұндай қосылыстарды бөліп алуға бағытталған инновациялық экстракциялау әдістерін әзірлеу белсенді түрде жалғасуда, бұл ретте негізгі мақсат - максималды шығымға қол жеткізу үшін эксперименттік параметрлерді оңтайландыру. Жаңа технологияларға бағытталған қазіргі зерттеулер аясында жасыл еріткіштерді пайдалануға және энергия тұтынуды азайтуға ықпал ететін экологиялық таза тәсілдерді әзірлеудің маңыздылығы айқын. Әрбір зерттеу экстракциялық технологияларды оңтайландыру, пайдалы заттардың шығымын арттыру және экологиялық әсерді азайту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Даму перспективалары тиімдірек, тұрақты және экологиялық таза әдістер, мысалы, жоғары критикалық экстракциялау және ультрадыбыстық экстракциялау сияқты әдістер бойынша одан әрі жұмыс істеуді қамтиды. Бұл ретте әр технологияның ерекшеліктерін ескере отырып, әмбебап оңтайлы әдіс жоқ екенін түсіну маңызды; олардың әрқайсысы саланың мақсаттары мен қажеттіліктеріне байланысты бейімделуі мүмкін. Болашақтағы зерттеулер осы технологияларды өнеркәсіптік деңгейде олардың тиімділігін және тұрақтылығын арттыру мақсатында енгізуге бағытталуы тиіс.

## **Әдебиеттер тізімі**

1. OIV (International Organisation of Vine and Wine). World Statistics in 2022; International Organisation of Vine and Wine. – Paris, France, 2020; Available online: <https://www.oiv.int/what-we-do/global-report?oiv>. Accessed on 23 January 2024.

2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and Livestock Products. Production in 2022. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Accessed on 23 January 2024.
3. Current trends and possibilities for exploitation of grape pomace as a potential source for value addition / P. Chowdhary et al // *Environmental Pollution*. – 2021. – Volume 278, 1 June – P. 116796. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116796>.
4. Galanakis Ch.M. Handbook of Grape Processing By-Products Sustainable Solution / Ch.M. Galanakis. – 2017. – P. 29-31.
5. Addition of grape pomace in the hydration step of parboiling increases the antioxidant properties of rice/ T.C.V. Balbinoti et al // *International Journal of Food Science + Technology*. – 2020. – № 55. – P. 2370-2380. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14481>.
6. Grape Pomace Valorization: A Systematic Review and Meta-Analysis/ B. Antoni' et al // *Foods* – 2020. – № 9(11). – P. – 1627. <https://doi.org/10.3390/foods9111627>.
7. Makris, D.P. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts/ D.P. Makris, G. Boskou, N.K. Andrikopoulos // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2007. – № 20(2). – P 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.04.010>.
8. Shrikhande, A.J. Wine by-products with health benefits / A.J. Shrikhande // *Food Research International* – 2000. – № 33. – P. 469-474. [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00071-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00071-5).
9. Cook N.C. Flavonoids-Chemistry, metabolism, cardio protective effects, and dietary sources/ N.C. Cook, S. Samman // *The Journal Nutritional Biochemistry*. – 1996. – № 7. – P. 66-76. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9).
10. Wine by-products: phenolic characterization and antioxidant activity evaluation of grapes and grape pomaces from six different french grape varieties / I. Ky et al // *Molecules*. – 2014. – № 19. – P. 482-506. <https://doi.org/10.3390/molecules19010482>.
11. Extraction kinetics modeling of antioxidants from grape stalk (*Vitis vinifera* var. Bobal): influence of drying conditions / J.V. García-Pérez et al // *Journal Food Engineering*. – 2010. – № 101. – P. 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.008>.
12. Prozil S.O. Chemical composition of grape stalks of *Vitis vinifera* L. from red grape pomaces/ S.O. Prozil, D.V. Evtuguin, L.P.C. Lopes // *Industrial Crops Products*. – 2012. – № 35. – P. 178-184. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.035>.
13. Evaluation of grape stalks as a bioresource/ L. Ping et al // *Industrial Crops Products*. – 2011. – № 33. – P. 200-204. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.009>.
14. Spigno G. Antioxidants from grape stalks and marc: influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts/ G. Spigno, D.M. De Faveri // *Journal Food Engineering*. – 2007. – № 78. – P. 793-801. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.020>.
15. Deployment of response surface methodology to optimise recovery of grape (*Vitis vinifera*) stem polyphenols / E. Karvela et al // *Talanta*. – 2009. – № 79 – P. 1311-1321. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.05.042>.
16. Choi Y. Antioxidant and antiproliferative properties of a tocotrienol-rich fraction from grape seeds/ Y. Choi, J. Lee // *Food Chemistry*. – 2009. – № 114. – P. 1386-1390. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.018>.
17. Free radical scavenging of grape pomace extracts from Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera*) / L.M.A.S. De Campos et al // *Bioresource Technology*. – 2008. – № 99. – P. 8413-8420. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.058>.
18. Ignat I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables/ I. Ignat, I. Volf, V.I. Popa // *Food Chemistry*. – 2011. – № 126. – P. 1821-1835. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>.
19. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review/ J. Azmir et al // *Journal Food Engineering*. – 2013. – № 117. – P. – 426-436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>.
20. Baiano A. Recovery of biomolecules from food wastes – a review / A. Baiano // *Molecules* – 2014. – № 19. – P. 14821-14842. <https://doi.org/10.3390/molecules190914821>.
21. Wang L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants/ L. Wang, C.L. Weller // *Trends in Food Science & Technology*. – 2006. – № 17. – P. 300-312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>.

22. Galanakis C.M. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural byproducts: a viewpoint of opportunities and challenges / C.M. Galanakis // *Food and Bioprocess Processing*. – 2013. – № 91. – P. 575-579. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.01.004>.
23. Extraction of anthocyanins from grape skins assisted by high hydrostatic pressure/ M. Corrales et al // *Journal Food Engineering*. – 2009. – № 90. – P. 415-421. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.003>.
24. Wells M.J.M. Principles of extraction and the extraction of semivolatile organics from liquids / In *Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry* // M.J.M. Wells. – Hoboken, NJ, 2003. – Vol. 162. <https://doi.org/10.1002/0471457817.ch2>.
25. Spigno G. Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics / G. Spigno, L. Tramelli, D.M. De Faveri // *Journal of Food Engineering*. – 2007. – № 81. – P. 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.021>.
26. Improvement of leaching process of Geniposide with ultrasound/ J.-b. Ji et al // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2006. – № 13(5). – P. 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2005.08.003>.
27. Extraction of phenolics from *Vitis vinifera* wastes using non-conventional techniques / A.A. Casazza et al // *Journal of Food Engineering*. – 2010. – № 100(1). – P. 50-55. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.026>.
28. Ultrasound extracted flavonoids from four varieties of Portuguese red grape skins determined by reverse-phase high-performance liquid chromatography with electrochemical detection/ I. Novak et al // *Analytica Chimica Acta*. – 2008. – № 630(2). – P. 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.10.002>.
29. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel / M.K. Khan et al // *Food Chemistry* – 2010. – № 119(2). – P. 851-858. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.046>.
30. Subcritical solvent extraction of anthocyanins from dried red grape pomace / J.K. Monrad et al // *Journal Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – № 58 – P. 2862-2868. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf904087n>.
31. Subcritical solvent extraction of procyanidins from dried red grape pomace/ J.K. Monrad et al // *Journal Agricultural and Food Chemistry*. – 2010. – № 58. – P. 4014-4021. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9028283>.
32. Pronyk C. Design and scale-up of pressurized fluid extractors for food and bioproducts/ C. Pronyk, G. Mazza // *Journal of Food Engineering*. – 2009. – № 95(2). – P. 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.002>.
33. Pressurized hot water extraction (PHWE) / C.C. Teo et al // *Journal of Chromatography A*. – 2010. – № 1217(16). – P. 2484-2494. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.12.050>.
34. Gallego R. Sub- and supercritical fluid extraction of bioactive compounds from plants, food-by-products, seaweeds and microalgae – an update/ R. Gallego, M. Bueno, M. Herrero // *TrAC in Trends Analytical Chemistry*. – 2019. – № 116. – P. 198-213. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.04.030>.
35. Understanding biomass fractionation in subcritical & supercritical water/ M.J. Cocero et al // *Journal of Supercritical Fluids*. – 2018. – № 133. – P. 550-565. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.08.012>.
36. Syrah Grape Skin Residues Has Potential as Source of Antioxidant and Anti-Microbial Bioactive Compounds/ R.B. de Andrade et al // *Biology*. – 2021. – № 10. – P. 1262. <https://doi.org/10.3390/biology10121262>.
37. Vatai T. Extraction of phenolic compounds from elder berry and different grape marc varieties using organic solvents and/or supercritical carbon dioxide/ T. Vatai, M. Škerget, Ž. Knez // *Journal of Food Engineering*. – 2009. – № 90. – P. 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.028>.
38. Xu B.J. Chang A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents/ B.J Xu, S.K.C. Chang // *Journal of Food Science*. – 2007. – № 72 – P. 159-166. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00260.x>.
39. Wang L.C.L. Weller Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants / L. Wang, C.L. Weller // *Trends in Food Science & Technology*. – 2006. – № 17. – P. 300-312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>.
40. Natolino A. Intensification of grape marc (*Vitis vinifera*) exploitation by subcritical water-ethanol extraction. Effect on polyphenol bioactivities and kinetic modelling/ A. Natolino, P. Passaghe, G.

### **Қаржыландыру туралы ақпарат**

*Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым комитеті (Грант № BR24992914) қаржыландырды.*

**А.А. Баядилова<sup>\*</sup>, Г.Б. Абдилова<sup>1</sup>, К.С. Бекбаев<sup>1</sup>, А. Төлеуғазықызы<sup>2</sup>, Ш.А. Амирханов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Шәкәрім университет,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина»,

010011, г. Астана, проспект Женис, 62

<sup>\*</sup>e-mail: assylzhanai@gmail.com

### **МЕТОДЫ ЭКСТРАКЦИИ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ВИНОГРАДНЫХ ВЫЖИМОК**

*В статье рассматриваются различные методы экстракции ценных компонентов из виноградных выжимок, являющихся побочным продуктом виноделия. Особое внимание уделяется эффективности традиционных и инновационных методов экстракции, включая экстракцию с использованием растворителей, а также новым технологиям, таким как твердо-жидкостная экстракция, сверхкритическая флюидная экстракция, экстракция с ультразвуковым усилением, ускоренная экстракция растворителем, экстракция с использованием прессованных жидкостей. Например, экстракция с использованием сверхкритических флюидов является относительно новой техникой для извлечения целевых аналитиков из твердых матриц. Экстракция с ультразвуковым усилением основана на явлении кавитации, при котором происходит распространение ультразвуковых волн давления, а перенос экстрагентов усиливается за счет высоких сил сдвига. Экстракция с использованием прессованных жидкостей заключается в том, что в качестве растворителя используется 100% вода. Результаты исследования подтверждают высокие перспективы использования виноградных выжимок как сырья для получения функциональных продуктов с антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Процесс извлечения биоактивных соединений, таких как полифенолы, белки, лигнин, пектины и масла, из пищевых отходов и побочных продуктов виноделия становится важной альтернативной стратегией. Наиболее перспективными, эффективными, устойчивыми и экологически чистыми методами являются сверхкритическая экстракция и ультразвуковая экстракция.*

**Ключевые слова:** виноградные отходы, виноградная кожура, виноградные косточки, виноградные стебли, экстракция.

**A. Bayadilova<sup>\*</sup>, G. Abdilova<sup>1</sup>, K. Bekbayev<sup>1</sup>, A. Toleugazykyzy<sup>2</sup>, Sh. Amirkhanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey,

<sup>2</sup>S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, 62 Zhenis Avenue

<sup>\*</sup>e-mail: assylzhanai@gmail.com

### **METHODS OF EXTRACTION OF VALUABLE COMPONENTS FROM GRAPE POMACE**

*This article discusses various methods of extracting valuable components from grape pomace, a by-product of winemaking. Special attention is given to the effectiveness of traditional and innovative extraction methods, including solvent extraction, as well as new technologies such as solid-liquid extraction, supercritical fluid extraction, ultrasound-assisted extraction, accelerated solvent extraction, and pressurized liquid extraction. For example, supercritical fluid extraction is a relatively new technique for extracting target analytes from solid matrices. Ultrasound-Assisted Extraction is based on the phenomenon of cavitation, where pressure ultrasound waves propagate, and the transfer of extractants is enhanced by high shear forces. Pressurized Liquid Extraction involves using 100% water as the solvent. The research results confirm the high potential of using grape pomace as a raw material for obtaining functional products with antioxidant and anti-inflammatory properties. The process of extracting bioactive compounds, such as polyphenols, proteins, lignin, pectins, and oils, from food waste and by-products of winemaking is becoming an important alternative strategy. The most promising, efficient, sustainable, and environmentally friendly methods are supercritical extraction and ultrasound-assisted extraction.*

**Key words:** grape waste, grape skins, grape seeds, grape stems, extraction.



### Авторлар туралы мәліметтер

**Асыл Аргынгазыевна Баядилова\*** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Шәкәрім университеті, Қазақстан; e-mail: assylzhanai@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9805-5875>.

**Галия Бекеновна Абдилова** – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, тамақ инженериясы зерттеу мектебі, Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан Республикасы; e-mail: [abdilova1979@bk.ru](mailto:abdilova1979@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

**Кайрат Серикжанович Бекбаев** – техника ғылымдарының кандидаты, тамақ инженериясы зерттеу мектебі, Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан Республикасы; e-mail: [k\\_bekbaev@mail.ru](mailto:k_bekbaev@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9591-0370>.

**Акерке Төлеуғазықызы** – PhD, Техникалық факультет, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан Республикасы; e-mail: [akerke.0192t@gmail.com](mailto:akerke.0192t@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2061-1699>.

**Шыңғыс Амиржанұлы Амирханов** – PhD, Тамақ инженериясы зерттеу мектебі, Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан Республикасы; e-mail: [shyngys\\_a@inbox.ru](mailto:shyngys_a@inbox.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5594-1981>.

### Сведения об авторах

**Асыл Аргынгазыевна Баядилова\*** – докторант, исследовательская школа пищевой инженерии, Шәкәрім университет, Семей, Республика Казахстан; e-mail: [assylzhanai@gmail.com](mailto:assylzhanai@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9805-5875>.

**Галия Бекеновна Абдилова** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, исследовательская школа пищевой инженерии, Шәкәрім университет, Семей, Республика Казахстан; e-mail: [abdilova1979@bk.ru](mailto:abdilova1979@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

**Кайрат Серикжанович Бекбаев** – кандидат технических наук, исследовательская школа пищевой инженерии, Шәкәрім университет, Семей, Республика Казахстан; e-mail: [k\\_bekbaev@mail.ru](mailto:k_bekbaev@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9591-0370>.

**Акерке Төлеуғазықызы** – PhD, Технический факультет, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан; e-mail: [akerke.0192t@gmail.com](mailto:akerke.0192t@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2061-1699>.

**Шыңғыс Амиржанұлы Амирханов** – PhD, Исследовательская школа пищевой инженерии, Шәкәрім университет, Семей, Республика Казахстан; e-mail: [shyngys\\_a@inbox.ru](mailto:shyngys_a@inbox.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5594-1981>.

### Information about the authors

**Assyl Bayadilova\*** – PhD student, research school of food engineering, Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [assylzhanai@gmail.com](mailto:assylzhanai@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9805-5875>.

**Galiya Abdilova** – candidate of technical sciences, associate professor, research school of food engineering, Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [abdilova1979@bk.ru](mailto:abdilova1979@bk.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

**Kairat Bekbayev** – candidate of technical sciences, science professor, research school of food engineering, Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [k\\_bekbaev@mail.ru](mailto:k_bekbaev@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9591-0370>.

**Akerke Toleugazykyzy** – PhD, Technical Faculty, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: [akerke.0192t@gmail.com](mailto:akerke.0192t@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2061-1699>.

**Shynggys Amirkhanov** – PhD, Department of Food Technology Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: [shyngys\\_a@inbox.ru](mailto:shyngys_a@inbox.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5594-1981>.

*Редакцияға енуі 03.02.2025*

*Өңдеуден кейін түсуі 11.03.2025*

*Жариялауға қабылданды 12.03.2025*