

FTAMP 65.09.03

А.А. Баядилова¹ – негізгі автор, | ©
Г.Б. Абдилова², К.С. Бекбаев³, К.С. Байчиева⁴, А.Б. Арын⁵



ORCID

^{1,4,5}Докторант, ^{2,3}Техн.ғылым. канд., қауымдас. профессор

¹<https://orcid.org/0009-0000-9805-5875> ²<https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>

³<https://orcid.org/0000-0001-9591-0370> ⁴<https://orcid.org/0009-0001-8691-4625>

⁵<https://orcid.org/0009-0006-9436-9520>



^{1,2,3,4,5}Шәкәрім университеті,



Семей, Қазақстан



¹assylzhanai@gmail.com

<https://doi.org/10.55956/GDRW6729>

МОЛЕКУЛЯРЛЫҚ СУТЕКТИҢ ЖҮЗІМ ҚАБЫҒЫНАН БИОАКТИВТІ ЗАТТАРДЫҢ БӨЛІНУІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Берілген жұмыста жүзім қабығынан құнды қосылыстарды бөліп алу тиімділігі төрт түрлі еріткішті қолдану арқылы зерттелінді: бақылау үлгісі, сутекпен қанықтырылған, қышқылдандырылған, сондай-ақ қышқылдандырылған және сутекпен қанықтырылған. Үлгілерде жалпы полифенолдар (TPC), флавоноидтар (TFC), антоциандар (TMA) мөлшері және DPPH, ABTS және FRAP әдістерімен антиоксиданттық белсенділік анықталды. Сулы экстракттерде зерттелген еріткіштер арасында елеулі айырмашылықтар байқалмады. Этанолды жүйелерде қышқылдандыру мен сутекпен қанықтыру үйлесімі TPC және TMA көрсеткіштерінің, сондай-ақ DPPH және ABTS әдістері бойынша антиоксиданттық белсенділіктің айтарлықтай артуына әкелді. Бұл ретте FRAP көрсеткіштері іс жүзінде өзгеріссіз қалды, бұл молекулярлық сутектің әсерінің селективті сипатын көрсетеді: ол полифенолдар мен антоциандардың шығымын арттырады, бірақ FRAP әдісімен бағаланатын тотықсыздандырғыш қабілетіне әсер етпейді. Алынған нәтижелер жүзім қалдықтарынан құнды биологиялық белсенді қосылыстар шығымын бағытты түрде арттыру үшін сутекпен қанықтырылған қышқылдандырылған этанолды еріткіштерді қолданудың болашағы бар екенін растайды.

Тірек сөздер: жүзім қабығы, полифенолдар, сутек, экстракция, антиоксиданттық белсенділік.



Баядилова, А.А. Молекулярлық сутектің жүзім қабығынан биоактивті заттардың бөлінуіне әсері [Мәтін] / А.А. Баядилова, Г.Б. Абдилова, К.С. Бекбаев, К.С. Байчиева, А.Б. Арын // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №2(92). – Б.137-146. <https://doi.org/10.55956/GDRW6729>

Кіріспе. Шарап өндірісінің қосалқы өнімдері, соның ішінде жүзім сығындылары, жоғары қосылған құн әлеуеті бар бағалы ресурс болып табылады, бұл ең алдымен, полифенолдарға – фенол қышқылдарына, флавонолдарға және антоциандарға байланысты [1,2].

Жүзім сығындысындағы полифенолдардың сандық және сапалық құрамы жүзім сортына, өсіру аймағына, өсіру жағдайларына және шарап өндірісінің технологиялық ерекшеліктеріне байланысты айтарлықтай өзгереді [1,3]. Бұл қосылыстардың көпшілігі жүзімнің қабығы мен тұқымында

шоғырланған [4] және екі негізгі топқа бөлінеді: флавоноидтарға (антоциандар, флаван-3-олдар, флавоноиддар, флавонолдар) және флавоноидты емес қосылыстарға (фенол қышқылдары, стилбендер, таннидер, кумариндер) [5,6]. Бұл полифенолдар айқын антиоксидантты қасиеттерге (бос радикалдарды бейтараптандыру және тотығу стрессін азайту), антимикробтық (бактерияларға және кейбір саңырауқұлақтарға қарсы әсер) және қабынуға қарсы (қабыну процестерін басу) әсерге ие [1,2,7], бұл оларды әр түрлі қолдану салаларында перспективті етеді.

Осы қасиеттерінің арқасында жүзім сығындысының полифенолдары тамақ, косметика және фармацевтика салалары үшін қызығушылық тудырады. Оларды іс жүзінде пайдалану және биологиялық белсенділігін сақтай отырып, жоғары сапалы экстрактивтер алу үшін экстракция процестерін оңтайландыру қажет. Жүзім қалдықтарын қайта өңдеуге тартудың тиімділігі экстракциялық тәсілді және процесс режимдерін таңдаумен айқындалады [8]. Еріткіштер мен энергия шығындарының уыттылығын төмендетуге бағытталған «жасыл» экстракциялық технологиялардың (жоғары критикалық СО₂ – экстракция, ультрадыбыстық, микротолқынды және т.б.) белсенді дамуына қарамастан, олардың көпшілігі шектеулі селективтілікпен, экстракцияланатын қосылыстардың жеткіліксіз тұрақтылығымен сипатталады немесе ұзақ уақыт өңдеуді талап етеді [9]. Бұл биологиялық белсенді компоненттердің шығуы мен сақталуын арттыруға бағытталған баламалы тәсілдерді іздеу қажеттілігін негіздейді.

Соңғы жылдары сутекпен қанықтырылған еріткіштер қолданатын экстракциялау жүйелері зерттеушілердің қызығушылығын тудырады. Молекулалық сутек (H₂) жоғары диффузиялық қабілеті және антиоксиданттық әлеуеті бар қалпына келтіру қосылыстарына жатады. Оның ерігіштігі сумен салыстырғанда органикалық еріткіштерде жоғары, ал молекуласының кіші мөлшері мен липофильділігі өсімдік шикізатының жасушалық құрылымдарымен әрекеттесуге ықпал етеді [10,11]. Сутекпен қанықтырылған еріткіштердің биологиялық белсенді қосылыстарды экстракциялаудағы тиімділігі бірнеше зерттеулерде расталғанымен, сутектің қышқылдандырылған экстракция орталарымен үйлескендегі әсері жөніндегі мәліметтер әлі де шектеулі [10].

Осыған байланысты, бұл зерттеу жүзім қабығынан биологиялық белсенді қосылыстарды экстракциялау тиімділігіне молекулалық сутек пен еріткіштерді қышқылдандырудың әсерін бағалауға бағытталған.

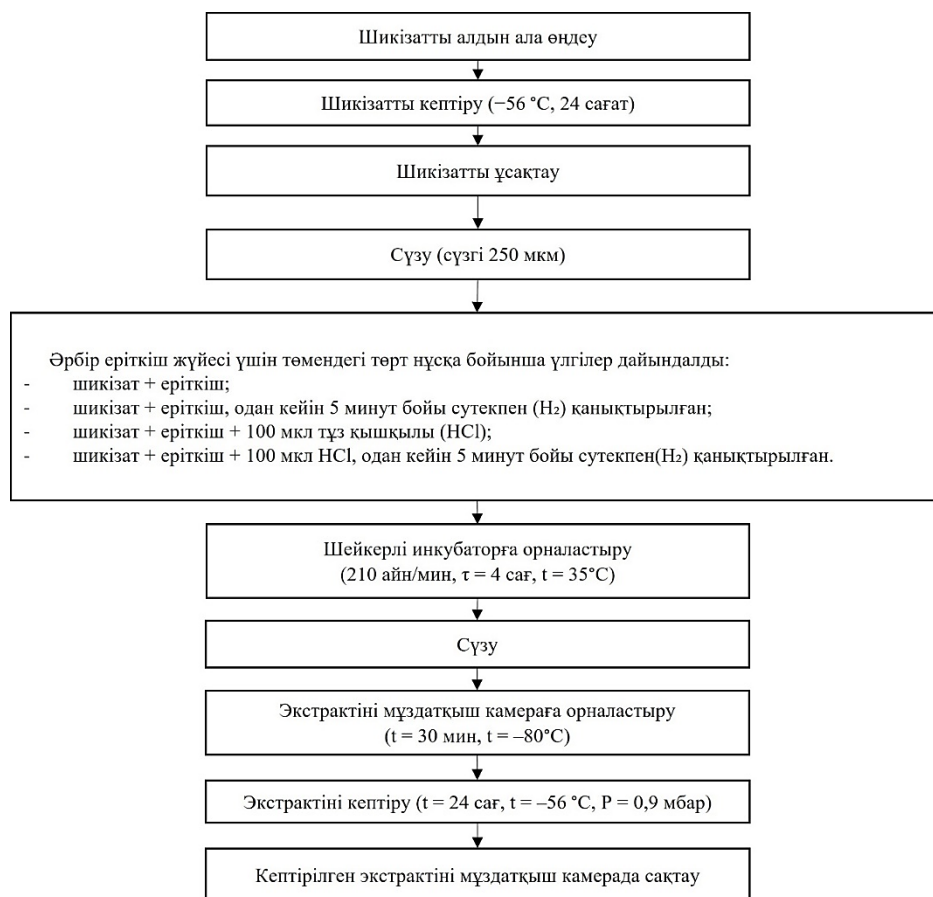
Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу объектісі ретінде механикалық тәсілмен дәндері мен сабақтарынан бөлініп алынған жүзім қабығы пайдаланылды. Үлгілер лиофильді кептіруден (Martin Christ Alpha 1-2 LD) өткізілді, содан кейін ұнтақ тәрізді күйге дейін ұсақталды және экстракция жүргізілгенге дейін – 20°C температурада сақталды.

Экстракция. Қышқылдандырылған еріткіштер (су, этанол) 0,1%-дық HCl ерітіндісін қосу арқылы алынды. Сутекпен қанықтырылған еріткіштер молекулалық сутекпен (тазалығы 99,99%) 5 минут бойы барботажау арқылы дайындалды [8]. Әрбір үлгіні зерттеу үш тәуелсіз қайталауда жүзеге асырылды (n = 3).

Экстракция мацерация әдісімен жүргізілді: 1 г жүзім қабығы ұнтағы тиісті еріткіштің 20 мл-мен (1:20 қатынасы, г/мл) 1-суретте көрсетілген схема бойынша герметикалық жабылған шыны флакондарда араластырылды. Үлгілер 35°C температурада тұрақты араластыру (210 айн/мин) арқылы 4 сағат бойы инкубацияланды. Экстракция аяқталғаннан кейін ерітінділер қағаз

сүзгі арқылы сүзілді. Этанолды еріткіштер вакуумды кептіру шкафында 35°C температурада, сулы экстрактілер лиофильді кептіргіште кептірілді. Құрғақ экстрактілер талдау жүргізілгенге дейін – 80°C температурада сақталды.

Биобелсенді қосылыстардың мөлшерін және антиоксиданттық белсенділікті талдау. Жалпы фенолды қосылыстардың (TPC), флавоноидтардың (TFC) және моноантоциандардың (TMA) мөлшері, сондай-ақ экстрактілердің антиоксиданттық белсенділігі (DPPH, ABTS және FRAP) әдебиетте сипатталған стандартты спектрофотометриялық әдістер қолданылу арқылы анықталды [10,11].



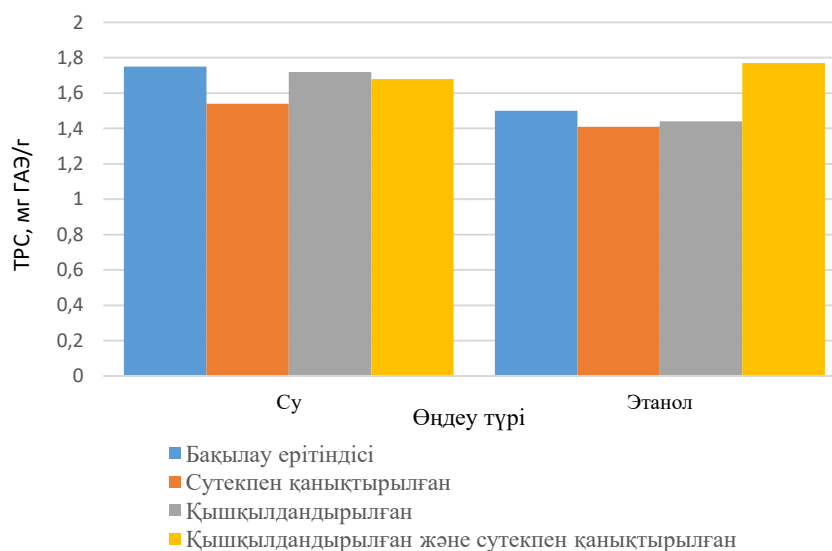
Сурет 1. Өңдеу кезеңдерінің тізбегі

Жұмыста Фолин – Чокальтеу реактиві, галл қышқылы, кварцетин, тролокс (Trolox), DPPH (2,2'-дифенил-1-пикрилгидразил), ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензтиазолин-6-сульфон қышқылы)), калий персульфаты, натрий карбонаты, натрий ацетаты, ацетонитрил, этанол, мұзды сірке қышқылы, ортофосфор қышқылы, тұз қышқылы (0,1 М HCl) пайдаланылды. Барлық реактивтер Sigma (АҚШ) және Merck (Германия) компанияларынан сатып алынды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жүргізілген эксперименттер еріткіш түрінің, қышқылдандыру мен молекулалық сутекпен қанықтырудың жүзім қабығынан алынған экстрактілердегі фенолды

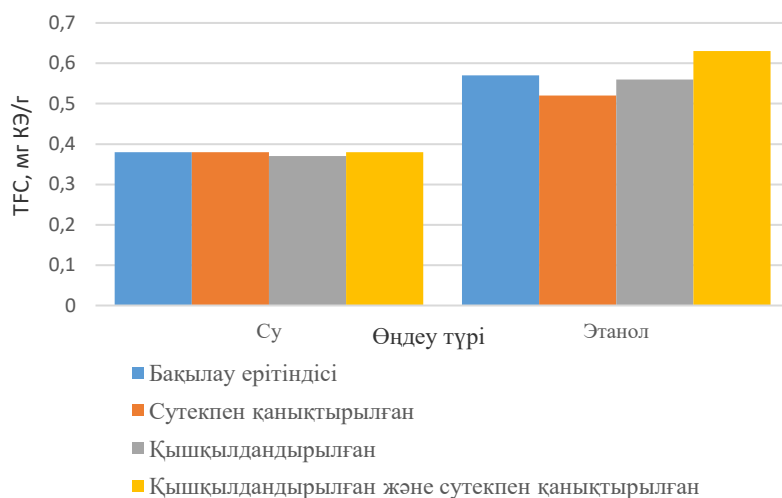
қосылыстардың, флавоноидтардың, антоциандардың шығымына және антиоксиданттық белсенділікке айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.

Фенолды қосылыстардың жалпы мөлшері (TPC). Сулы экстрактілерде өңдеу нұсқалары арасында TPC бойынша елеулі айырмашылықтар байқалмады. Этанолдық жүйелерде жеке алғанда қышқылдандыру да, сутекпен қанықтыру да таза этанолмен салыстырғанда көрсеткіштердің артуына әкелмеді. TPC көрсеткіштерінің максималды мәндері тек қышқылдандыру мен H₂-қанықтырудың бірлескен әсері кезінде алынды, бұл көрсеткіштер барлық басқа нұсқалардың көрсеткіштерінен жоғары болды (2-сурет). Қышқылды орта полифенолдардың жасушалық қабырғадан босатылуына ықпал етеді, ал молекулярлық сутек экстракция барысында олардың тотығу деградациясының алдын алады. Ұқсас нәтижелер аюқұлақ (*Primula veris* L.) гүлдерінен жасалған экстракцияда да байқалды; бұл зерттеуде еріткіштерге сутекті қосу фенолды қосылыстардың мөлшерін едәуір жоғарылатқан [11]. Сутекпен қанықтырылған еріткіштер басқа зерттеулерде де әртүрлі өсімдік қалдықтары мен қабықтардан фенолды қосылыстарды тиімді түрде бөліп алған [12].



Сурет 2. Экстрактідегі фенолдардың жалпы мөлшері

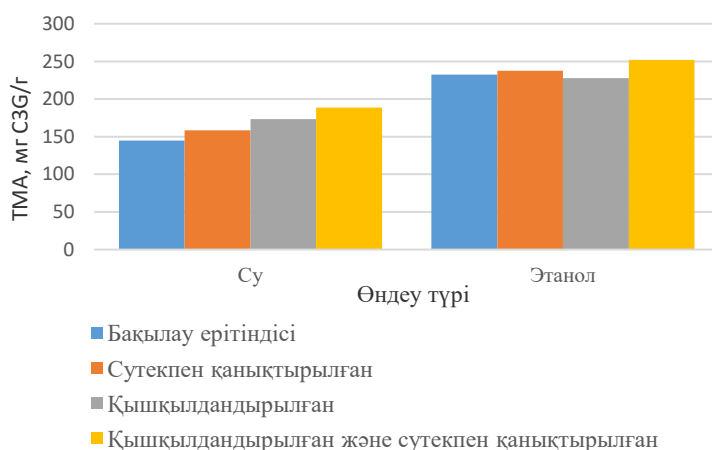
Флавоноидтардың жалпы мөлшері (TFC). Сулы экстрактілер еріткіштің кез келген модификациясына іс жүзінде сезімтал емес болып шықты. Этанолды жүйелерде көрініс басқаша болды: сутекпен қанықтыру бақылаумен салыстырғанда TFC көрсеткішінің төмендеуіне әкелсе, қышқылдандырудың өздігінен нәтижеге өзгеріс енгізбеді. Тек екі фактордың үйлесімі ғана флавоноидтардың айтарлықтай ең жоғары шығымын қамтамасыз етті (3-сурет). Қышқылды орта флавоноидтардың ерігіштігі мен тұрақтылығын арттырады, ал молекулярлық сутек оларды тотығу мен полимерленуден қорғайды. Ұқсас әсер сыртқы гүл (*Primula veris* L.) бойынша жүргізілген жұмыста байқалған [11].



Сурет 3. Экстрактіндегі флавоноидтардың жалпы мөлшері

Моноантоциандардың жалпы мөлшері (ТМА). Қышқылдандыру сулы экстрактілерде ТМА шығымын айтарлықтай арттырды, ал сутектің қосылуы қосымша өсім берді — ең жоғары мәндер дәл қышқылдандырылған және сутекпен қанықтырылған сулы үлгілерде тіркелді. Этанолды экстрактілерде нұсқалардың көпшілігі жақын нәтижелер көрсетті, тек қышқылдандыру мен сутектің үйлесімі ғана H_2 қосылмаған қышқылдандырылған этанолдың көрсеткіштерінен асып түсті (4-сурет).

Қышқылдандыру антоциандарды тұрақтандырады және олардың ерігіштігін арттырады, ал молекулярлық сутек олардың тотығу деградациясының алдын алады. Этанолда бұл әсер ортаның полярлығы төмендеуіне байланысты баяу байқалады. Ұқсас заңдылықтар әртүрлі өсімдік қалдықтарына қатысты да [13] сипатталған.

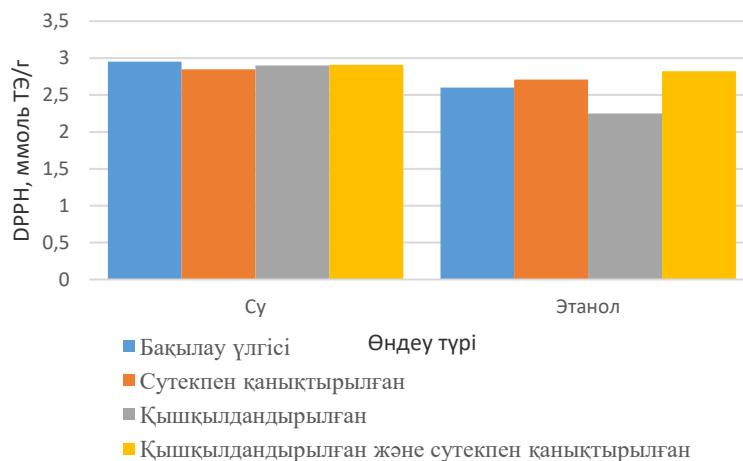


Сурет 4. Моноантоциандардың жалпы мөлшері (ТМА)

Антиоксиданттық белсенділік (DPPH және ABTS радикалдарын байланыстыру қабілеті). DPPH әдісі бойынша сулы экстрактілер этанолды экстрактілермен салыстырғанда жоғары көрсеткіштер көрсетті. Бұл ретте

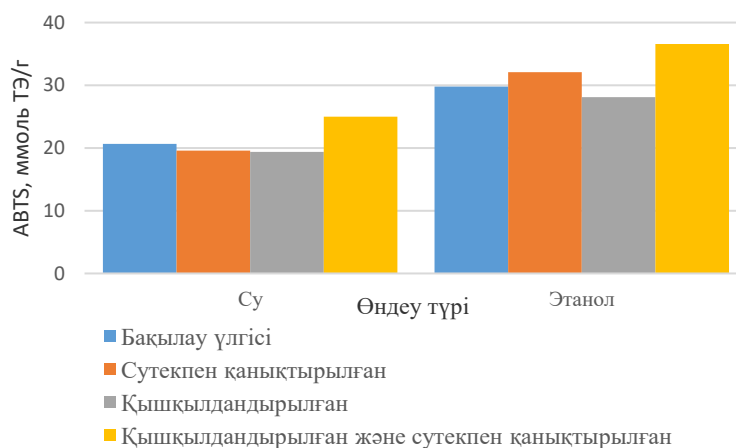
сулы экстрактілерде өңдеу нұсқалары арасындағы айырмашылықтар минималды болды.

Этанолды экстрактілерде жеке алғанда сутекпен қанықтыру немесе қышқылдандыру таза этанолмен салыстырғанда DPPH-белсенділігінің артуына әкелмеді. Алайда қышқылдандыру мен сутекпен қанықтырудың үйлесімі этанолды үлгілер арасында ең жоғары мәндерді қамтамасыз етіп, H_2 қосылмаған қышқылдандырылған этанолдың көрсеткішінен жоғары болды (5-сурет).



Сурет 5. Антиоксиданттық белсенділік (DPPH радикалын байланыстыру қабілеті)

ABTS-белсенділігіне қатысты да ұқсас көрініс байқалды. Сулы экстрактілерде нұсқалар арасында елеулі айырмашылықтар анықталған жоқ. Этанолды экстрактілерде ABTS бойынша ең жоғары мәндер қышқылдандыру мен сутекпен қанықтырудың бірлескен әсері кезінде алынды, бұл H_2 қосылмаған қышқылдандырылған үлгілердегі көрсеткіштерден жоғары (6-сурет).

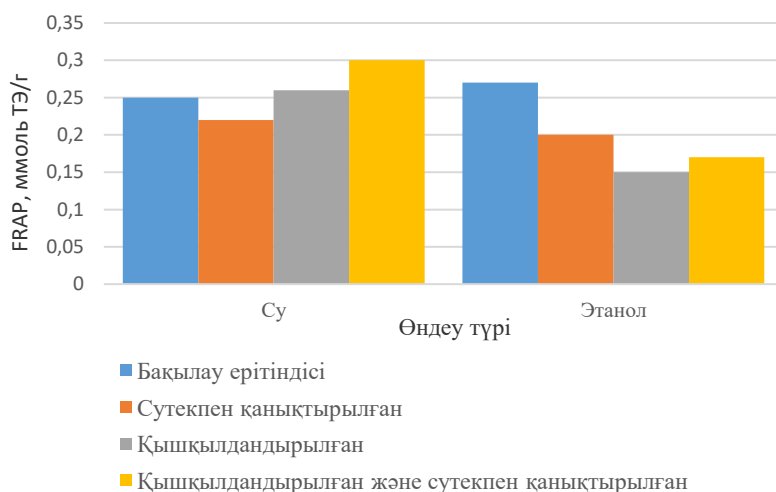


Сурет 6. Антиоксиданттық белсенділік (ABTS радикалын байланыстыру қабілеті)

Біріктірілген нұсқадағы антиоксиданттық белсенділіктің жоғары болуы екі фактордың синергизмімен түсіндіріледі: қышқылдандыру шикізаттан полифенолдар мен флавоноидтардың босатылуына ықпал етеді, ал молекулярлық сутек экстракция барысында бұл қосылыстарды тотығудан қорғайды. Әрбір фактордың жеке өзі мұндай әсерге қол жеткізбейді.

Ұқсас нәтижелер [11,12], зерттеулерінде алынған, мұнда сутекпен қанықтырылған еріткіштерді қолдану экстрактілердің DPPH және ABTS-белсенділігін арттырған.

Тотықсыздандырғыш антиоксиданттық қабілеті (FRAP-талдау). Барлық басқа көрсеткіштерге қарағанда, FRAP мәндері сулы да, этанолды да экстрактілердің барлық өңдеу нұсқаларында іс жүзінде өзгеріссіз қалды (7-сурет). TPC, TFC, TMA, DPPH және ABTS-белсенділігінің айтарлықтай артуы аясында FRAP көрсеткішінің өзгеріссіз қалуы қышқылдандыру мен молекулярлық сутек әсерінің селективті сипатын айқындайды. Олар радикалдарды байланыстыру механизмдерін тиімді күшейтеді, бірақ темір иондарының ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$) тотықсыздануына іс жүзінде әсер етпейді. Бұл әдістердің механизмдерінің түбегейлі әртүрлілігіне байланысты: DPPH және ABTS бос радикалдарды байланыстыру қабілетін бағаласа, FRAP тек Fe^{3+} -қа қатысты тотықсыздандырғыш қабілетті өлшейді.



Сурет 7. Тотықсыздандырғыш антиоксиданттық қабілеті (FRAP-талдау)

Қорытынды. Бұл зерттеуде еріткіштерді молекулярлық сутекпен (H_2) қанықтыру және қышқылдандырудың жүзім қабығынан биологиялық белсенді қосылыстарды экстракциялауға әсері алғаш рет жүйелі түрде зерттелді. Еріткіштерді модификациялаудың тиімділігі олардың табиғатына тікелей байланысты екені анықталды: сулы жүйелерде зерттелген көрсеткіштердің басым бөлігінде елеулі өзгерістер байқалмады, ал этанолды экстрактілерде қышқылдандыру мен сутекпен қанықтыру комбинациясы биологиялық белсенді қосылыстардың негізгі топтарының шығымын едәуір арттырды.

Жалпы фенолды қосылыстардың (TPC), флавоноидтардың (TFC) және мономерлі антоциандардың (TMA) ең жоғары мөлшеріне тек екі фактордың бірлескен әсері арқылы ғана қол жеткізілді. Осыған ұқсас заңдылық DPPH

және ABTS тесттері бойынша антиоксиданттық белсенділікте де байқалды. Бұл ретте FRAP әдісімен анықталған тотықсыздандырғыш қабілет іс жүзінде өзгеріссіз қалды, бұл молекулярлық сутек пен қышқылдандыру әсерінің селективті сипатын растайды: олар радикалдарды байланыстыру механизмдерін күшейтеді, бірақ темір иондарының тотықсыздану реакцияларына әсер етпейді.

Алынған нәтижелер молекулярлық сутектің және қышқылдандырудың әсерінің айқын селективтілігін көрсетеді: олар негізінен полифенолдардың (флавоноидтар мен антоциандарды қоса алғанда) шығарылуын және радикалдарды ұстауға негізделген антиоксиданттық белсенділікті (DPPH және ABTS) күшейтеді, бірақ темір иондарын тотықсыздандыру қабілетіне (FRAP) іс жүзінде әсер етпейді. Мұндай селективті әсер полифенолдарды тотығулық деградациядан қорғаумен және қышқылды тотықсыздандырғыш ортада олардың жасуша қабырғасынан босап шығуын жақсартумен түсіндіріледі. Қышқылдандырылған этанолдық еріткіштерді молекулярлық сутекпен қанықтыру арқылы пайдалану жүзім өңдеу қалдықтарынан мақсатты және жоғары тиімділікпен биоактивті қосылыстарды алуға бағытталған экологиялық таза («green») тәсіл болып табылады.

Ұсынылып отырған әдіс агроөнеркәсіптік қалдықтарды тұрақты өңдеу және антиоксиданттық белсенділігі жоғары функционалды ингредиенттер алу үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Әдебиеттер тізімі

1. Lopes J. da C., Madureira J., Margaça F.M.A., Cabo Verde S. Grape Pomace: A Review of Its Bioactive Phenolic Compounds, Health Benefits, and Applications // *Molecules*. – 2025. – DOI: 10.3390/molecules30020362.
2. Karastergiou A., Gancel A.L., Jourdes M., Teissedre P.L. Valorization of Grape Pomace: A Review of Phenolic Composition, Bioactivity, and Therapeutic Potential // *Antioxidants*. – 2024. – DOI: 10.3390/antiox13091131.
3. Rondeau P., Gambier F., Jolibert F., Brosse N. Compositions and chemical variability of grape pomaces from French vineyard // *Industrial Crops and Products*. – 2013. – Vol. 43, No. 1. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.06.053.
4. Guaita M., Bosso A. Polyphenolic characterization of grape skins and seeds of four Italian red cultivars at harvest and after fermentative maceration // *Foods*. – 2019. – Vol. 8, No. 9. – DOI: 10.3390/foods8090395.
5. Kammerer D., Claus A., Carle R., Schieber A. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2004. – Vol. 52, No. 14. – DOI: 10.1021/jf049613b.
6. Yang C., et al. Phenolic composition of grape pomace and its metabolism // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2024. – DOI: 10.1080/10408398.2022.2146048.
7. Galante M., Brassesco M.E., Santos C.M., Beres C., Fai A.E.C., Cabezudo I. Grape pomace as a natural source of antimicrobial agents for food preservation // *Frontiers in Nutrition*. – 2025. – DOI: 10.3389/fnut.2025.1650450.
8. Azmir J., et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review // *Journal of Food Engineering*. – 2013. – Vol. 117, No. 4. – P. 426–436. – DOI: 10.1016/J.JFOODENG.2013.01.014.
9. Engin T., et al. Use of hydrogen-rich solvent and principal component analysis improves the recovery of phytochemicals from grape wastes // *Journal of Agriculture and Food Research*. – 2025. – Vol. 22. – Art. 102033. – DOI: 10.1016/J.JAFR.2025.102033.
10. Alwazeer D., et al. Hydrogen incorporation into solvents can improve the extraction of phenolics, flavonoids, anthocyanins, and antioxidants: A case-study using red

- beetroot // Industrial Crops and Products. – 2023. – Vol. 202. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117005.
11. Engin T., Çiğdem A., Alma M.H., Alwazeer D. Hydrogen-rich solvent method enhances the extraction of phenolics, pigments, reducing sugars, organic acids, and vitamin C from cowslip (*Primula veris* L.) flower // Food Chemistry. – 2025. – Vol. 463. – Art. 141271. – DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2024.141271.
 12. Alwazeer D., Elnasanelkasim M.A., Çiğdem A., Engin T., LeBaron T.W. Incorporation of molecular hydrogen into solvents increases the extraction efficiency of phenolics, flavonoids, anthocyanins, and antioxidants: the case of lemon peels // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2023. – Vol. 7. – DOI: 10.3389/fsufs.2023.1223027.
 13. Alwazeer D. Hydrogen-rich solvent method in phytochemical extraction: Potential mechanisms and perspectives // Phytochemical Analysis. – 2024. – DOI: 10.1002/pca.3304.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған BR24992914 «Лигноцеллюлозалық қосалқы өнімдердің құндылығын арттыруға бағытталған құны жоғарылатылған өнімдерді өндірудің кешенді биотехнологиялық шешімдері» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 09.04.26 түсті, 11.06.26 қабылданды.

А.А. Баядилова¹, Г.Б. Абдилова¹, К.С. Бекбаев¹, К.С. Байчиева¹, А.Б. Арын¹

¹Шәкәрім университет, Семей, Қазақстан

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА ВЫХОД БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОЖУРЫ ВИНОГРАДА

Аннотация. В данной работе изучали эффективность извлечения ценных соединений из кожуры винограда с использованием четырех типов растворителей: обычного, H₂-насыщенного, подкисленного, а также подкисленного с насыщением водородом (H₂). В образцах определяли содержание общих полифенолов (TPC), флавоноидов (TFC), антоцианов (TMA) и антиоксидантную активность методами DPPH, ABTS и FRAP. В водных экстрактах значимых различий между исследуемыми растворителями не выявлено. В этанольных системах комбинация подкисления и насыщения водородом приводила к достоверному росту TPC и TMA, а также антиоксидантной активности по методам DPPH и ABTS. При этом показатели FRAP оставались практически неизменными, что указывает на селективный характер влияния молекулярного водорода: он преимущественно усиливает выход полифенолов и антоцианов, но не влияет на восстановительную способность, оцениваемую методом FRAP. Полученные результаты подтверждают перспективность использования водород-насыщенных подкисленных этанольных растворителей для направленного повышения выхода ценных биологически активных соединений из виноградных отходов.

Ключевые слова: виноградная кожура, полифенолы, водород, экстракция, антиоксидантная активность.

A.A. Bayadilova¹, G.B. Abdilova¹, K.S. Bekbayev¹, K.S. Baychiyeva¹, A.B. Aryn¹

¹Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan

**INFLUENCE OF MOLECULAR HYDROGEN ON THE YIELD OF BIOACTIVE
COMPOUNDS FROM GRAPE POMACE**

Abstract. In this study, the efficiency of extracting valuable compounds from grape skin was investigated using four types of solvents: conventional, H₂-saturated, acidified, and acidified and saturated with molecular hydrogen (H₂). The samples were analyzed for total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), total monomeric anthocyanins (TMA), and antioxidant activity using DPPH, ABTS, and FRAP assays. No significant differences were observed between the studied solvents in aqueous extracts. In ethanolic systems, the combination of acidification and hydrogen saturation led to a statistically significant increase in TPC and TMA contents, as well as in antioxidant activity measured by DPPH and ABTS methods. At the same time, the FRAP values remained almost unchanged, indicating the selective nature of molecular hydrogen's effect: it primarily enhances the extraction of polyphenols and anthocyanins but does not affect the reducing capacity assessed by the FRAP method. The obtained results confirm the promise of using acidified ethanolic solvents saturated with molecular hydrogen for the targeted and efficient extraction of valuable biologically active compounds from grape processing waste.

Keywords: grape skin, polyphenols, molecular hydrogen, extraction, antioxidant activity.