Баядиловой Асыл Аргынгазыевна

8D07101 – «Технологияялық машиналар мен жабдықтар» бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған

Жүзім қалдықтарынан құнды компоненттерді бөліп алу режимдерін әзірлеу негізінде экстракциялау қондырғысының тиімділігін арттыру

тақырыбындағы диссертациясына

АҢДАТПА

Жұмыстың жалпы сипаттамасы.

Диссертациялық жұмыс молекулалық сутекті қолданатын мерзімді әрекетті экстракциялау қондырғыны әзірлеуге және жүзім қалдықтарынан биобелсенді компоненттерді бөліп алу процесінің рационалды параметрлерін негіздеуге арналған. Молекулалық сутек қысымының, температураның және процесс ұзақтығының жүзім қабығы экстрактілеріндегі фенолдық, флавоноидтық компоненттердің, мономерлі антоциандардың жалпы мөлшеріне және антиоксиданттық белсенділігіне әсер ету заңдылықтары зерттелді. Масса тасымалдау процесінің математикалық сипаттамасы жасалды, жабдық параметрлері инженерлік тұрғыдан негізделді және әзірленген техникалық шешімнің техника-экономикалық тиімділігі бағаланды.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың 2021–2030 жылдарға арналған тұжырымдамасына сәйкес, басым бағыттардың бірі ауыл шаруашылығы шикізатын тиімді пайдалану, қайта өңдеу өнеркәсібін дамыту және қайталама ресурстардан жоғары қосылған құны бар өнімдер алу болып табылады. Шарап және шырын өндірісінде түзілетін жүзім сығындысы фенолдық және флавоноидтық компоненттер, антоциандар сияқты биобелсенді компоненттердің перспективалы көзі болып саналады. Алайда экстракциялаудың дәстүрлі әдістері өңдеу ұзақтығының жоғары болуымен және масса тасымалдауды қарқындату мүмкіндіктерінің шектеулілігімен сипатталады. Бұл тиімді экстракциялық жабдықты әзірлеу және оның рационалды жұмыс режимдерін негіздеу қажеттілігін туындатады.

Экстракция тиімділігін арттырудың перспективалы бағыттарының бірі молекулалық сутекті қолдану болып табылады. Сонымен қатар, молекулалық сутек қысымының жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді бөліп алуға әсері және герметикалық экстракциялық жабдықтағы процестің жүру заңдылықтары бұрын зерттелмеген. Осыған байланысты молекулалық сутектің реттелетін артық қысымымен жұмыс істейтін экстракциялық жабдықты әзірлеу және процестің рационалды параметрлерін негіздеу жүзім қалдықтарынан биобелсенді компоненттерді бөліп алу тиімділігін арттыруға бағытталған өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландыратын BR24992914 «Лигноцеллюлозалық қосалқы

өнімдердің құндылығын арттыруға бағытталған құны жоғарылатылған өнімдерді өндірудің кешенді биотехнологиялық шешімдері» ғылыми бағдарламасы аясында, 217 «Ғылымды дамыту» мемлекеттік бағдарламасының 101 «Ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық қызмет субъектілерін бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру» бағдарламасы бойынша орындалды.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: жүзім сығындысынан құнды – биобелсенді компоненттерді бөліп алу тиімділігін арттыруға бағытталған молекулалық сутекті ортамен жұмыс істейтін экстракциялау қондырғысын әзірлеу және экстракция процесінің тиімді режимдерін негіздеу.

Зерттеу міндеттері

1. Жүзім қалдықтарынан биобелсенді компоненттерді экстракциялаудың қолданыстағы әдістері мен жабдықтарына талдау жүргізу және процестің тиімділігін жоғарылату тәсілі ретінде молекулалық сутекті қолданудың орындылығын негіздеу;
2. Жүзім қабығынан биобелсенді компоненттердің бөлінуіне экстракция процесі параметрлерінің әсерін, оның ішінде мацерация, гидродистилляция және аса жоғары критикалық CO2 экстракция әдістерінде молекулалық сутекті қолдану тиімділігін алдын ала эксперименттер негізінде зерттеу және экстракциялау қондырғысының молекулалық сутекпен қамтамасыз етілу жүйесімен жабдықталған конструкциясын жасау;
3. Жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді экстракциялау процесінің математикалық сипаттамасын әзірлеу, эксперименттік экстракциялау қондырғысындағы технологиялық (қысым, температура, өңдеу ұзақтығы) параметрлердің полифенолдар бөлінуіне әсерін зерттеу;
4. Эксперименттік экстракциялау қондырғысын қолдану арқылы жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді бөліп алудың техника-экономикалық тиімділігін талдау.

Зерттеу нысаны. Жүзім сығындысынан биобелсенді компоненттерді бөліп алуға арналған экстракциялау қондырғысы.

Зерттеу әдістері. Жұмыста жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді экстракциялау процестерін зерттеудің теориялық және тәжірибелік әдістері қолданылды. Теориялық зерттеулер жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді экстракциялау кинетикасын математикалық модельдеуді, масса тасымалының заңдылықтарын талдауды және эксперименттің экстракциялық қондырғысының инженерлік есептеулерін жүргізуді қамтыды. Тәжірибелік зерттеулер әзірленген экстракциялық қондырғыда молекулалық сутек қысымын, температураны және процесс ұзақтығын өзгерту арқылы жүргізілді. Экстракция тиімділігін бағалау үшін экстрактілердегі фенолдық компоненттердің, флавоноидтық компоненттердің, мономерлі антоциандардың мөлшерін және антиоксиданттық белсенділікті анықтаудың физика-химиялық және спектрофотометриялық әдістері, сондай-ақ жоғары тиімді сұйықтық хроматографиясы қолданылды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы. Молекулалық сутектің реттелетін қысымымен жұмыс істейтін экстракциялық қондырғының конструкциялық шешімі әзірленді. Қондырғы герметикалық жұмыс камерасымен жабдықталған және жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді бөліп алуға арналған (қосымша А). Тәжірибелік зерттеулер негізінде экстракциялық қондырғы жұмысының рационалды режимдік параметрлері анықталды. Атап айтқанда, молекулалық сутектің артық қысымы – 5×10^5 Па, температура – 35 °С және экстракция ұзақтығы – 1800 с мәндерінде экстрактілердегі фенолдық қосылыстардың, флавоноидтардың және мономерлі антоциандардың мөлшері жоғарылады және антиоксиданттық белсенділік көрсеткіштері артты.

Қорғауға шығарылатын негізгі қағидалар:

- Молекулалық сутекпен қанықтырылған модификацияланған этанолды экстрагентті қолдану жүзім қабығынан фенолдық қосылыстардың (TPC), флавоноидтардың (TFC) және мономерлі антоциандардың (TMA) бөлінуін, сондай-ақ алынған экстрактілердің DPPH және ABTS көрсеткіштері бойынша антиоксиданттық белсенділігін арттырады.
- Герметикалық экстракциялық қондырғы молекулалық сутекпен қанықтырылған экстрагентті пайдалану және артық қысымдағы сутектік ортаны қалыптастыру арқылы жүзім қабығынан биобелсенді қосылыстарды бөліп алуды қамтамасыз етеді.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы.

Практикалық маңыздылығы экстракциялау қондырғысын әзірлеуден және оның жұмыс режимдерін негіздеуден тұрады. Молекулалық сутек қысымы мен режимдік параметрлердің жүзім қабығынан биобелсенді компоненттерді бөліп алуға әсері туралы эксперименттік деректер алынды. Зерттеу нәтижелерін жүзім сығындысын қайта өңдеу технологияларын әзірлеуде және шарап пен шырын өндірісіне арналған экстракциялау қондырғыларын жобалауда қолдануға болады. Алынатын экстрактілер тағам өнімдерінің әлеуетті ингредиенттері ретінде қарастырылады.

Алынған нәтижелердің дәлдігі физикалық, химиялық және спектрофотометриялық талдау әдістерін қолдану, процесті режимдік параметрлердің бақыланатын мәндерінде зерттеу, эксперименттік деректерді математикалық өңдеу және оларды модельдік тәуелділіктермен салыстыру арқылы қамтамасыз етілді.

Жұмыстың практикалық нәтижелерінің апробациясы.

Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары мен нәтижелері халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда, сондай-ақ «Шәкәрім университеті» КеАҚ «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының отырыстарында баяндалып, талқыланды.

Диссертациялық зерттеудің практикалық нәтижелері «Алматы технологиялық университеті» АҚ Тамақ қауіпсіздігі ғылыми-зерттеу институтында (Қазақстан Республикасы) және Iğdır University Инновациялық

тағам технологияларын әзірлеу, қолдану және зерттеу орталығында (Түркия Республикасы) апробациядан өтті, бұл тиісті апробация актілерімен расталады.

Автордың жеке үлесі.

Автордың жеке үлесі ғылыми-техникалық әдебиеттерге талдау жүргізуді, эксперименттік зерттеулерді жоспарлау мен жүргізуді, экстракциялау қондырғының конструкциялық шешімін әзірлеуге қатысуды, режимдік параметрлерді негіздеуді, алынған нәтижелерді өңдеу мен түсіндіруді, экстракция процесінің математикалық сипаттамасын әзірлеуді және техника-экономикалық бағалауды жүргізуді, сондай-ақ диссертация материалдарын дайындауды қамтиды.

Жарияланымдар.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 6 ғылыми еңбекте жарияланған, оның ішінде: 1 (бір) мақала – Web of Science/Scopus халықаралық дерекқорларында индекстелетін ғылыми журналда (Q2, CiteScore 2025 деректері бойынша процентилі – 75); 2 (екі) мақала – Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған ғылыми басылымдарда; 1 (бір) жұмыс – халықаралық ғылыми-практикалық конференциялар материалдарында жарияланды. Сонымен қатар, ҚР пайдалы моделіне 1 патент (№11184 - тіркеу номері 2025/1115.2) алынды және өнертабысқа патент алу үшін 1 өтінім (№2026/1111.1) берілді.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі.

Докторлық диссертация кіріспеден, 5 тараудан және қорытындыдан тұрады. Жұмыс қосымшаларды қоса алғанда, компьютерде терілген мәтіннің 174 бетінде баяндалған. Диссертациялық жұмыста 48 сурет, 17 кесте, 163 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі және 6 қосымша қамтылған.

Қойылған міндеттерді шешудің толықтығын бағалау.

Алынған мәліметтер диссертациялық жұмыстың мақсатына сәйкес келеді және барлық тапсырмалар келесідей сәтті орындалды деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

1. Жүзім қалдықтарынан биобелсенді компоненттерді экстракциялаудың қолданыстағы әдістері мен жабдықтарына талдау жүргізіліп, дәстүрлі экстракция әдістерінің технологиялық шектеулері анықталды. Экстракция процесін қарқындату және биобелсенді компоненттердің бөліп алу тиімділігін арттыру тәсілі ретінде молекулалық сутекті қолданудың орындылығы негізделді.

2. Мацерация, гидродистилляция және аса жоғары критикалық CO_2 экстракция әдістерінде молекулалық сутекті қолданудың тиімділігі, сондай-ақ қысымның, температураның және өңдеу ұзақтығының биобелсенді компоненттердің бөлінуіне әсері тәжірибелік түрде зерттелді. 4 % молекулалық сутекті қолдану кезінде аса жоғары критикалық CO_2-экстракцияда фенолдық қосылыстар мөлшері 21,84-тен 33,75 мг GAE/100 мл-ге дейін артты. Жүзім қабығын экстракциялаудың рационалды параметрлері негізделді: молекулалық

сутектің реттелетін артық қысымы – 5×10^5 Па, температура – 35 °С, процесс ұзақтығы – 1800 с, қатты және сұйық фазалардың арақатынасы – 1:20, экстрагент – этанолдың 70 %-дық сулы ерітіндісі. Аталған жағдайларда TPC – 2,04 мг GAE/г, TFC – 0,68 мг QE/г, TMA – 263,61 мг C3G/г, DPPH – 3,29 мг TE/г, ABTS – 39,01 мкмоль TE/г және FRAP – 0,180 мг GAE/г көрсеткіштеріне қол жеткізілді. Сонымен қатар молекулалық сутекті беру жүйесімен және технологиялық параметрлерді реттеу мүмкіндігімен жабдықталған мерзімді әрекетті экстракциялық қондырғының конструкциясы әзірленді.

3. Молекулалық сутекті қолдану кезінде «қатты өсімдік матрицасы – сұйық экстрагент» жүйесінде жүретін масса алмасу процесінің математикалық сипаттамасы әзірленді. Экстракция кинетикасы масса тасымалының тиімді көлемдік коэффициенті $k_f a$ арқылы сипатталып, оның қысымға, температураға және өңдеу ұзақтығына тәуелділігі анықталды. Эксперименттік қондырғыда жүргізілген зерттеулер аталған параметрлердің жүзім қабығынан полифенолдардың бөліну қарқындылығы мен экстрагентке өту дәрежесіне әсер ететінін көрсетті. Алынған нәтижелер негізінде процестің негізгі кинетикалық заңдылықтары айқындалып, математикалық модельдің эксперименттік деректерге сәйкестігі бағаланды. Бұл қондырғының рационалды жұмыс режимдерін негіздеуге мүмкіндік берді.

4. Әзірленген экстракциялық қондырғыны қолданудың техника-экономикалық тиімділігі бағаланды. Жылына 837,31 кг экстракт өндіру жағдайында есептік түсім 26,79 млн теңгені, күрделі салымдар 6,51 млн теңгені, ал этанолды 95 % регенерациялау жағдайындағы жылдық қаржылық нәтиже 7,10 млн теңгені құрады. Қондырғының есептік ақталу мерзімі 0,92 жылды құрады, бұл ұсынылған технологиялық шешімнің экономикалық тұрғыдан орындылығын көрсетеді.