

FTAMP 65.53.33

Ш.Е. Дуисебаев¹ – негізгі автор, ©
М.И. Сатаев², А.М. Азимов³, Ж.С. Аширбаев⁴,
Н.В. Алексеева⁵, З.М. Шакирьянова⁶



^{1,4}Ғылыми қызметкер, ²Техн. ғылым. д-ры, профессор, ³PhD, ⁵Профессор,
⁶Кіші ғылыми қызметкер

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-6465-2118> ²<https://orcid.org/0000-0001-9308-1839>
³<https://orcid.org/0000-0002-1316-5854> ⁴<https://orcid.org/0000-0003-0125-1744>
⁵<https://orcid.org/0000-0003-4279-6249> ⁶<https://orcid.org/0000-0002-1984-3847>



^{1,2,3,4,5,6}«InnovTechProduct» ЖШС, Шымкент қ., Қазақстан
^{1,2,3,4}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент қ., Қазақстан



¹shyngys.86@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/ZTFR4785>

ГАЗДЫ КЕПТІРУ ҚОНДЫРҒЫСЫМЕН ТИІМДІ ЖАҒДАЙДА ЖЕМІС-ЖИДЕКТЕРДІ КЕПТІРУ ӘДІСІ

Аңдатпа. Зерттеу жемістерді газды кептіру кезінде қыздыру температурасының дайын өнімдегі ылғалдың массалық үлесіне әсерін зерттейді. Газды кептіру – жыл бойына қажетті коректік заттармен қамтамасыз ете алатын кептірілген жемістерді өндіруге мүмкіндік беретін өнімді сақтаудың перспективалы әдісі. Осы мақаладағы егжей-тегжейлі эксперименттер жемістерді кептірудің оңтайлы режимдерін орнатуға бағытталған. Тәжірибелерді талдау үшін Қазақстанда қолданыстағы нормативтік құжаттарға сәйкес стандартты әдістер қолданылды. Қазақстанның оңтүстігінде өсетін жемістер үшін конвективтік кептіру схемалары ұсынылды. Құрылған схемаларға сәйкес кептіру процесі кезіндегі қыздыру температурасы соңғы өнімге әсер ететінін көруге болады. Талдау көрсеткендей, қыздыру температурасының жоғарылауы кептіру уақытының қысқаруына әкеледі. Көрсетілген уақытта кептірілген өнімнің салыстырмалы массасының ең жоғары конверсия жылдамдығы анықталады. Сонымен қатар, ылғалдың максималды ұшпа жылдамдығына жаңа шикізаттың температурасы, мөлшері және құрылымы әсер ететіні анықталды. Негізгі сапа көрсеткіштеріне сенсорлық бағалау жүргізілді: дәм, түс, иіс және консистенция. Көрсеткіштердің оңтайлы сипаттамалары анықталды. 50–65 °C температурада экстракция жүргізілді. Көптеген тәжірибелердің нәтижелері газды кептіру параметрлерін ұсынудың қажеттілігін көрсетті. Өрік үшін газды кептіру температурасы – 55-65°C, қара өрік үшін – 60-65°C. Мұндай нәтижелер жемістер мен көкөністерді өңдеу технологиясында пайдалы болады.

Тірек сөздер: газды кептіру, температура, жемістер, өрік, қара өрік, талдау.



Дуисебаев, Ш.Е. Газды кептіру қондырғысымен тиімді жағдайда жеміс-жидектерді кептіру әдісі [Мәтін] / Ш.Е. Дуисебаев, М.И. Сатаев, А.М. Азимов, Ж.С. Аширбаев, Н.В. Алексеева, З.М. Шакирьянова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №3(89). – Б.71-81. <https://doi.org/10.55956/ZTFR4785>

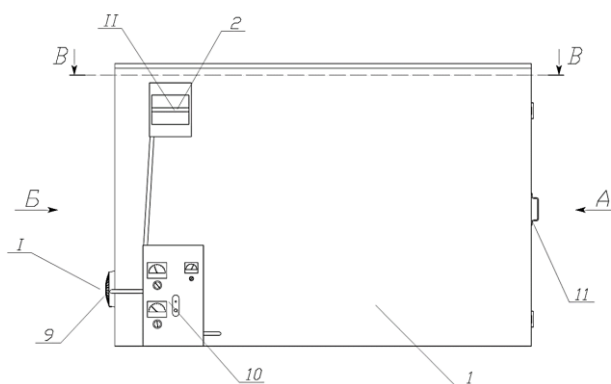
Кіріспе. Конвективті кептіру – тағамдық консервілеудің жетілдірілген әдістерінің бірі [1]. Кептіру кезеңінің ең жақсы нәтижелеріне көптеген эксперименттерді жүргізу арқылы қол жеткізіледі. Сондықтан ғылыми

негізде кептіру режимдерінің қолайлы сипаттамаларын таңдау қажет. Нәтижесінде жоғары сапалы дайын өнім шығады. Кептірілген өнімнің сенсорлық және физика-химиялық қасиеттерін көрсету маңызды [2-4].

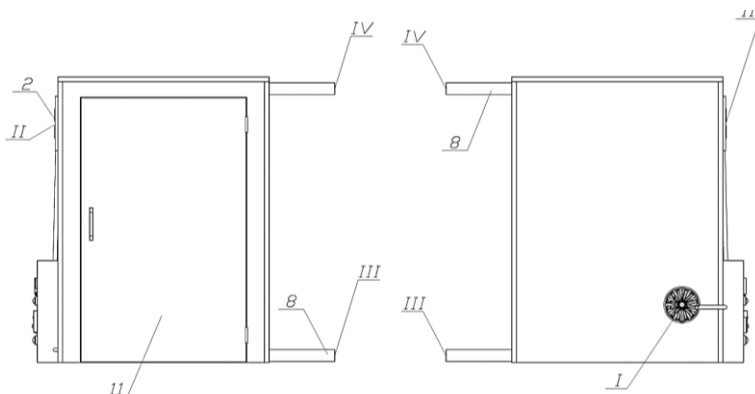
Конвективті кептіру әдісі арқылы жеміс шикізатының алуан түрін сақтауға болады. Жемістер маусымдық өнім болғандықтан, кептірілген жемістерді өндіру олардың жыл бойына халыққа қол жетімділігін қамтамасыз етеді, сол арқылы диеталардың тағамдық құрылымын жақсартады. Кептірілген жемістерді дербес өнім ретінде сатуға болады немесе түрлі тағамдарға қосымша ретінде пайдаланып, оларды витаминдер мен микроэлементтермен байытуға мүмкіндік береді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Газды кептіргіштің міндеті буланған ылғалды жою, өнімге рационалды температуралық әсерді сақтау және өнімді кептіру шығындарын барынша азайту арқылы алынған өнімнің сапасын арттыру болып табылады. Бұған ылғалдылығы жоғары материалдарды құрғатуға арналған электр конвективті кептіргіште, оның ішінде кептірілетін материалы бар он екі торлы науалар салынған кептіру камерасы бар корпус, екі аралық және төменгі науалар, төменгі және жоғарғы жағында қарсы токпен параллель бағытталған ауа ағыны бар желдеткіштер және корпуста автоматты басқару құрылғысы болуы арқылы қол жеткізіледі [5,6]. Ауаны және шығатын жоғарғы саңылауларды және оны буланған ылғалмен бірге кетіруге арналған төменгі саңылауды, өнертабысқа сәйкес кептіру камерасы аралық науалар арқылы екі бөлікке және әр деңгейдің үстіңгі және төменгі жағында екі торлы науаны қамтитын үш деңгейге бөлінеді, олардың арасында температура сенсоры орнатылған, кептіру температурасының максималды реттегішін орнату кезінде орнату температурасы бар автоматты басқару блогына қосылған. конденсат аккумуляторы. Техникалық нәтиже буланған ылғалды кетіру, өнімге ұтымды температуралық әсерді сақтау және өнімді кептіруге кететін энергия шығындарын азайту арқылы алынған өнімнің сапасын арттырудан тұрады [7].

Газды кептіргіштің жұмыс принципі сызбалар арқылы түсіндіріледі. 1-суретте құрылғының жалпы бүйірлік көрінісі берілген. 2-суретте – А көрінісі, 3-суретте – Б көрінісі, 4-суретте – В-В қимасы, 5-суретте – D-D қимасы, ал 6-суретте оң жақтан артқы көрініс көрсетілген (корпустың артқы және оң жақ бүйір қабырғалары шартты түрде алынбаған). 7-суретте сол жақтан артқы көріністің техникалық сызбасы берілген. Корпустың артқы және бүйірлік (сол) қабырғалары шартты түрде көрсетілмеген.

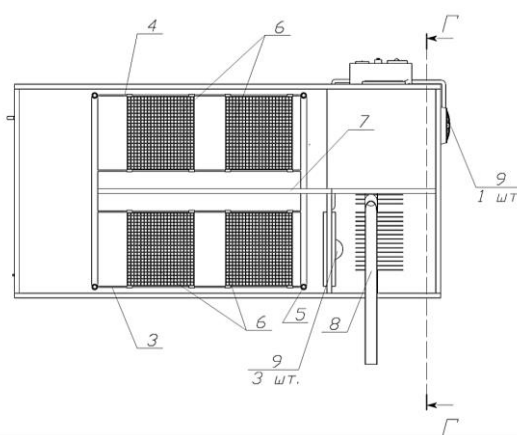


Сурет 1. Құрылғының жалпы бүйірлік көрінісі

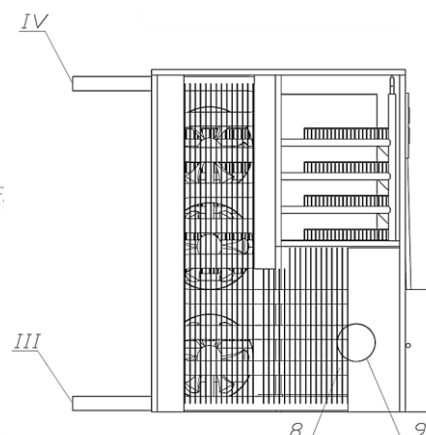


Сурет 2. А көрінісі
(1-суреттен қарағанда)

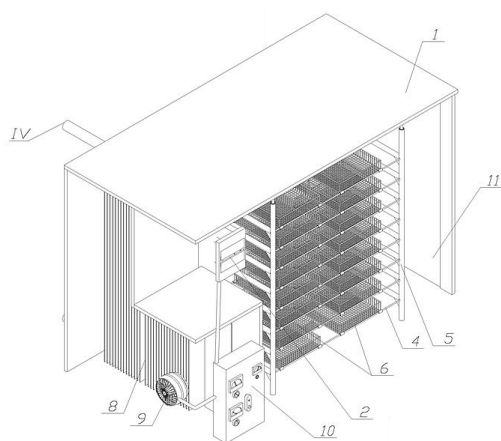
Сурет 3. Б көрінісі
(1-суреттен қарағанда)



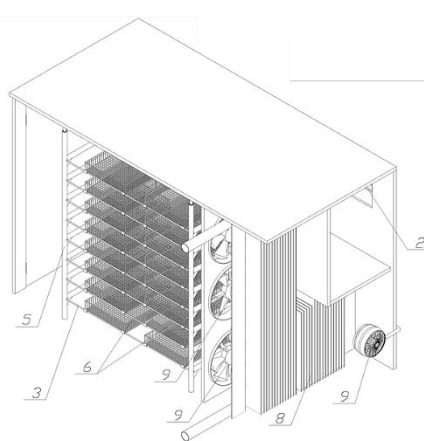
Сурет 4. В-В қиығы



Сурет 5. Г-Г қиығы (4-суреттен
қарағанда)



Сурет 6. Оң жақтан артқы көріністің
техникалық сызбасы. Корпустың артқы
және бүйірлік (оң) қабырғалары шартты
түрде көрсетілмеген



Сурет 7. Сол жақтан артқы
көріністің техникалық сызбасы.
Корпустың артқы және бүйірлік
(сол) қабырғалары шартты түрде
көрсетілмеген

Газ кептіргіші сығылған ауаны шығаруға арналған тік бұрышты саңылаулары бар корпуста 1, 2, кептіру камерасын құрайтын арнайы профилі 5 бүйір қабырғалары 3, 4, кептіру камерасын екі бөлікке бөлетін төгілу науалары 6, қақпақтар 7, газ жылытқыштары 8, желдеткіштер 9, кептіру процесін автоматты реттеуге арналған басқару блогы 11 алдыңғы қабырғасында 10. бүйір қабырғаларынан қашықтық 3, 4 және әрбір секциядағы екі торлы науалар, кептіру камерасындағы температураны шектейтін шекті қыздыру температурасын орнату құрылғысы да қосылған қондырғыға қосылған температура датчиктері орнатылады. Корпустағы 1 ауаны беру үшін сығылған ауа ағынының қозғалысы бар желдеткіштердің жоғарғы жағында 12, кіріс тік бұрышты саңылаулар 2 жасалады, төменгі төгілулерді жинау науасында ауаны буланған ылғалмен, конденсат аккумуляторымен және конденсат шығаратын құбырмен бірге шығару үшін төменгі торлы науаға қарама-қарсы төменгі саңылау жасалады.

Кептіргіш келесідей жұмыс істейді. Торлы науалар ұсақталған кептіру материалымен жүктеледі және кептіру камерасына корпустағы тікбұрышты саңылаулар 2 арқылы 1 бүйір қабырғалардың 3, 4 бағыттағыштары бойымен енгізіледі. Кептіру камерасының секциялары және сығылған ауа ағынының желдеткіштері қосылады. Бөлімдегі температура ең жоғары белгіленген температураға жеткенше торлы науалардағы материал орналасқан. Материалдың әрбір түрі үшін бұл температура эксперименталды түрде анықталады.

Ең жоғары белгіленген кептіру температурасына жеткеннен кейін газ жылытқыштары сенсордан сигнал бойынша өшіріледі және импульстік ауысу режиміне ауыстырылады. Импульсті ауыстыру және үзіліс ұзақтығы 1:3 қатынасындай және кептіру камерасында орнатушы орнатқан материалдың түріне және максималды температураға байланысты. 1:3 қатынасы жоғарғы секциядағы екі электр қыздырғышты басында қосуға, ортаңғы секцияда екеуін және төменгі бөлікте екеуін қоспауға мүмкіндік береді, содан кейін екі ортаңғы электр жылытқышы ортаңғы секцияның датчигі командасымен қосылады, екі жоғарғы бір уақытта өшіріледі, содан кейін екі төменгі электр жылытқышы бір уақытта сөндіріледі, содан кейін екі төменгі электр жылытқышы бір ортаңғы секцияның екі төменгі ажыратқышы бірдей пәрменмен өшіріледі. уақыт. Содан кейін жоғарғы датчиктің командасы бойынша екі жоғарғы электр жылытқышы қайтадан қосылады, ал екі ортаңғы және екі төменгі электр жылытқышы өшіріледі. Бұл цикл кептіру процесінің соңына дейін қайталанады. Бұл жағдайда ағынға бағытталған ауа ағынының желдеткіштері үнемі қосылады. Ұсақталған материал арқылы үрленген ауамен араласқан буланған ылғал артқы қабырғадағы ойықтар мен саңылау арқылы сыртқа шығарылады.

Кептіру процесі аяқталғаннан кейін автоматты басқару блогы электр жылытқыштар мен желдеткіштерді өшіреді, ал электр кептіргішке материалдың жаңа партиясы жүктеледі. Ұсынылған кептіргіш газ жылытқыштарына бір уақытта берілетін қуатты арттырмай, газ жылытқыштарын орнату есебінен электр тогы желісіне бір реттік жүктемені арттырмай, үзіліс уақытын газ жылытқышымен толтыру арқылы өңделетін материалдың көлемін үш есе арттыруға мүмкіндік береді.

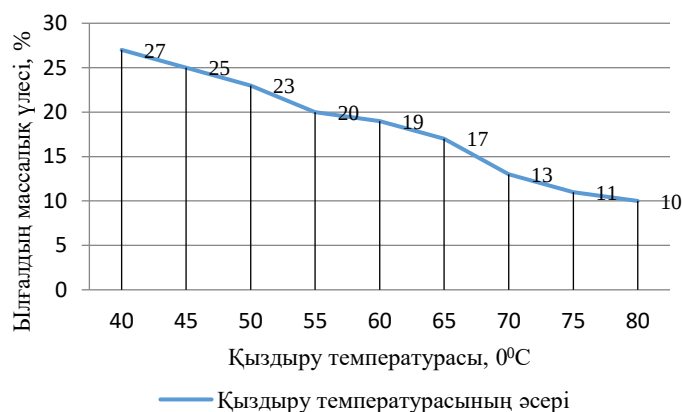
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Тәжірибелік зерттеулер Шымкент қаласында орналасқан «InnovTechProduct» ЖШС базасында жүргізілді. Зерттеу барысында талданатын газды кептіру режимдерінің

диапазоны таңдалып, жемістердегі пайдалы элементтердің сақталуы қамтамасыз етілді.

Тәжірибелер зертханалық газды кептіру қондырғысында 40-80°C-қа дейінгі қыздыру температурасында 5° қадаммен жүргізілді. Жемістер палеттерде бір қабатта кептірілді. Кептіруді бақылау параметрлері кептіру қыздыру температурасы (0°C), жеміс ылғалдылығының массалық үлесі (%) болды [8]. Алынған өнімдердің салыстырмалы сипаттамалары үшін нормативтік құжаттар пайдаланылды.

Қарастырылып отырған эксперименттер үшін өрік пен қара өрік жемістерін таңдап алынды. Алынған өріктерді екі жартыға бөлініп, бір қабаттап біркелкі паллетке жайылды. Өрікті тазарту сатысында, тұқымдар алынып тасталды. Өріктің жартысы целлюлозаны жоғары қаратып конвективті кептіру парақтарына салынды. Өрік жемістері бір-біріне тиген жоқ. Үлгілер үрлейтін желдеткіштің көмегімен кептіруге ұшырады. 50°C температурада белгіленген кептіру уақыты 18-24 сағатты құрады. 65°C температурада, кептіру уақыты 18 сағатты құрады. Кептірілген жеміс ылғалдылығының массалық үлесі 10-20% жеткенде өрікті кептіру тоқтатылды.

Төменде конвективтік кептіру кезінде өрік ылғалдылығының массалық үлесінің төмендеуінің графигі 8-суретте көрсетілген.



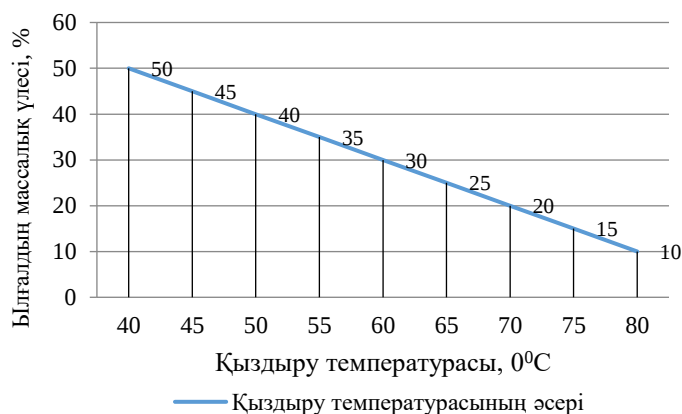
Сурет 8. Өрікті конвективті кептіру кезінде қыздыру температурасының оның ылғалдылық массалық үлесіне әсері

График өрік ылғалдылығының массалық үлесінің төмендеу динамикасы біркелкі емес процесс екенін көрсетеді. 40°C кептіру температурасында мән 80°C дейін кептіру қыздыру температурасында 27%-дан 10%-ға дейін төмендеді. Оңтайлы нәтижелер кептірілген өрік ылғалдылығының массалық үлесі 55-65°C кептіру қыздыру температурасында 18-20% шамасында алынды.

Өрі қарай, қара өрікті кептіру кезінде қыздыру температурасының ылғалдың массалық үлесінің азаюына әсері зерттелді. Кептірілген жемістердегі ылғалдың массалық үлесі 20-25% жеткенде қара өріктерді кептіру тоқтатылды. Қара өрік бұрын екі жартыға бөлінген бір қабатта кептірілді. Қара өрік тазалау кезеңінде тұқымдар жойылды. Қара өрік жартысы газды кептіру парақтарына пульпаны жоғары қаратып төселген. Қара өрік жемістері бір-біріне тиген жоқ. Олар газды кептіру желдеткішімен

мұқият үрленді. Дайын өнім үшін 45-50°C-тан 70 °C-қа дейінгі температурада белгіленген кептіру уақыты 16 сағатты құрады.

Кептіру қыздыру температурасына байланысты газды кептіру кезінде қара өріктегі ылғалдың массалық үлесінің төмендеуін суреттейтін график төменде көрсетілген (9-сурет).



Сурет 9. Қара өрікті газды кептіру кезінде қыздыру температурасының оның ылғалдың массалық үлесіне әсері

Зерттеу диаграммасы келесі тиімді сипаттамаларды көрсетеді. Кептіру сатысындағы қара өрік ылғалдылығының массалық үлесінің нормативтік мәндері 65-70°C қыздыру температурасында 20-25% аймақта белгіленді.

Өткізілген тәжірибелер негізінде газды кептіру кезіндегі дайын жеміс өнімдерінің кептіру ұзақтығы мен шығымы 1-кестеде белгіленді.

Кесте 1

Кептіру ұзақтығы және газды кептіру кезінде дайын жеміс өнімдерінің

ШЫҒЫМЫ		
Кептірілген жемістердің атауы	Кептіру уақыты, сағ.	Дайын өнімді шығару
Кептірілген өрік	18-24	13-18
Қара өрік	16-18	19-20

Кептірілген жемістердің газды кептіруден кейінгі химиялық құрамы 2-кестеде толық көрсетілген [9,10]. Жұмыста фейджоаны конвективті кептірудің физика-химиялық сипаттамаларына, сонымен қатар кептіру параметрлеріне (энергия шығыны және кептіру жылдамдығы) әсері зерттелді. Фейджоа жемісінің бөліктері 50, 60 және 70°C температурада, ауа жылдамдығы 0,5 және 1 м/с, қалыңдығы 0,003 м және 0,005 м кептірілді. Оңтайлы жағдайлар температура 50,83°C, ауа жылдамдығы 1 м/с, қалыңдығы 0,003 м болды. Нәтижелер конвективтік кептіру биоқосыныстар мен биологиялық белсенділікті сақтай отырып, функционалдық ингредиенттерді алудың қолайлы және үнемді әдісі екенін көрсетті.

Кесте 2

Газды кептіру кезінде кептірілген жемістердің химиялық құрамы

Көрсеткіштердің атауы	Мәні
1	2
Кептірілген өрік	
Ылғалдылық, %	13-18

2-кестенің жалғасы

1	2
Ақуыздар, г.	4,1-4,8
Майлар, г	0,086-0,1
Көмірсулар, г	45-47
Қара өрік	
Ылғалдылық, %	20-25
Ақуыздар, г	0,86
Майлар, г	0,16
Көмірсулар, г	27,03

Практикалық зерттеулер барлық объектілер үшін 40°C-тан 80°C-қа дейінгі температурада 5 градустық өсіммен конвективтік кептіру ұзақтығын берді (3-кесте).

Кесте 3

Температуралық таңдау кезінде жемістерді газды кептіру ұзақтығы, сағ.

Жеміс түрі	Кептіру температурасы, °C								
	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Өрік	36	32	24	22	20	18	16	14	12
Қара өрік	26	24	22	20	18	16	14	12	10

Конвективтік кептірудің бүкіл процесін үш кезеңде ұсынуға болады. Бірінші кезеңде өнімнің температурасы бірнеше градусқа төмендейді, ал салыстырмалы массасы 2-5% төмендейді. Бұл фазада өнімнің макрокапиллярларының ылғалдылығы жойылады. 10 минуттан кейін камерадағы температура қажетті деңгейге жеткенде температура мен өнімнің сусыздану жылдамдығы жоғарылай бастайды, ал сусыздандырудың екінші кезеңі басталады [11,12].

Конвективтік кептіру кептірудің екінші кезеңінің болуымен сипатталады. Бұл кезеңде кептіру жылдамдығының жоғарылауы байқалады. Дүние жүзінде көптеген жеміс сорттары бар, әр жемістің өзіндік ерекшеліктері бар. Көптеген тәжірибелер жүргізгеннен кейін қыздыру температурасының жоғарылауы соңғы объектінің салыстырмалы массасының ең жоғары өзгеру жылдамдығымен сәйкес келетіні байқалды [13].

Алынған зерттеу нәтижелері төмендегідей. Ылғалды кептірудің ең жоғары жылдамдығына температура ғана емес, сонымен қатар жемістердің құрылымы мен мөлшері де әсер етеді. Тәжірибелер кезінде өнімнің ортасынан оның сыртқы қабаттарына ылғалдың булану қарқындылығының төмендеуіне үлкен параметрлер мен жемістің қалыңдығы әсер етті. Сондықтан, ылғалды кептірудің ең жоғары жылдамдығын орнату үшін өте маңызды уақыттың ұлғаюы бар.

Екінші кезеңде кептіру кезінде микрокапиллярлық ылғал мен осмостық ылғал буланып кетеді [14].

Үшінші кезеңде кептіру жылдамдығының белгілі бір төмендеуі байқалады, бұл кезде материалдан моно- және полимолекулярлық адсорбциялық ылғал жойылады. Бұл кезең ең жоғары байланыс энергиясымен сипатталады. Сенсорлық қасиеттерді бағалау үшін түс, дәм, иіс және консистенция сияқты көрсеткіштерге негізделген тәсіл қолданылды. Ұсынылған көрсеткіштер 5 балдық жүйемен бағаланды [15]. Осылайша, жалпы ұпайлар шамамен 20 ұпайды құрады.

Өріктердің сенсорлық қасиеттерінің оңтайлы технологиялық сипаттамаларына (16-дан 20 баллға дейін) келесі шарттарда қол жеткізілді: қыздыру температурасының диапазоны 55-65°C. Температура 80°C-қа дейін көтерілген кезде органолептикалық қасиеттердің баллдары 2 баллға дейін төмендейді.

Сенсорлық сипаттамалардың максималды ұпайлары алмаларды кептіру үшін 50-55°C қыздыру температурасында алынды (5-кесте). Қара өрік үшін стандартқа сәйкес келетін көрсеткіштер 60-65°C температурада байқалды.

Кесте 5.

Газды кептіру температурасын таңдау кезінде кептірілген жемістерді органолептикалық бағалау нәтижелері

Жемістің түрі	Көрсеткіш	Кептіру температурасы, °C								
		40	45	50	55	60	65	70	75	80
Өрік	Дәмі	4	4	45	5	5	5	2	2	0
	Түсі	4	4	4	5	5	5	2	2	1
	Иіс	4	4	4	5	5	5	3	3	0
	Жүйелілік	2	2	3	5	5	5	2	2	1
	Барлығы	14	14	16	20	20	20	9	9	2
Қара өрік	Дәмі	4	4	5	5	4	3	2	2	1
	Түсі	4	4	5	5	3	3	1	1	1
	Иіс	4	4	5	5	3	2	2	2	0
	Жүйелілік	4	4	5	5	3	2	4	2	2
	Барлығы	16	16	20	20	15	10	9	7	4

Қорытынды. Ұсынылған әдіс конвекция жағдайында жемістерді кептіру процесінің тиімділігіне қыздыру температурасының әсерін зерттеуге мүмкіндік берді. Сусыздандыру уақыты мен жемістердің биологиялық құнды компоненттерін сақтау деңгейінің оңтайлы арақатынасын ескере отырып, өндірістік өңдеуге келесі температуралық режимдерді ұсынуға болады: өрік үшін – 55-65°C, қара өрік үшін – 60-65°C.

Әдебиеттер тізімі

1. Гриднева, Е.Е. Плодоовощная отрасль южно-казахстанского региона: состояние и перспективы [Текст] / Е.Е. Гриднева, Г.Ш. Калиакпарова, Н.М. Калманова // Проблемы агрорынка. Форсайт-Казахстан. – 2020. – № 3. – С. 180-186.
2. Евлаш, В.В. Теоретическое исследование способов сушки овощей и фруктов [Текст] / В.В. Евлаш, А.В. Гавриш, А.И. Кравченко, Немирич, Т.А. Тарасенко, А.М. Вашека // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. – 2015. – Т. 17. – № 4 (64). – С. 148.
3. Górnicki K., Janaszek M., Kaleta A., Martynenko A., Winiczenko R. Multi-objective optimization of convective drying of apple cubes // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 145. – P. 341-348.
4. Алексанян И.Ю. Исследование влияния температуры на гигроскопические характеристики плодоовощных продуктов [Текст] / И.Ю. Алексанян, Ю.С. Федунова, Ю.А. Максименко // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 4. – С. 86-89.
5. Ананских В.В. Ресурсосберегающая технология переработки яблок [Текст] / В.В. Ананских, В.А. Бабушкин, О.В. Перфилова [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 6 (20). – С. 21-28.

6. Karim M.A., Joardder M.U.H. Drying kinetics and properties evolution of apple slices under convective and intermittent-MW drying // Thermal Science and Engineering Progress. – 2022. – Vol. 30. – P. 1-7.
7. Ferreira S.V., Lima M.S., Silva L.C.M., Oliveira D.E.C., Leão P.V.T., Silva M.A.P. Modelagem e cinética de secagem da Curcuma longa L. sob convecção = Modeling kinetics of convective drying of Curcuma longa L. // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2021. – Vol. 25. – No. 3. – P. 197-202.
8. Ali Redha A., Koca I., Pashazadeh H. Effect of convective drying on phenolic acid, flavonoid and anthocyanin content, texture and microstructure of black rosehip fruit // Journal of Food Composition and Analysis. – 2024. – Vol. 185. – P. 1-8.
9. Amiri Chayjan R., Aghilinategh N., Banakar A., Motevali A., Younji S. Drying kinetics of dill leaves in a convective dryer // International Agrophysics. – 2013. – Vol. 27. – No.1. – P. 39-47.
10. Hashim H., As'Ari N.A., Yee C.K. Effect of drying on phenolic content and antioxidant activity of Javanese coriander leaf (*Eryngium foetidum*) = Kesan pengeringan terhadap kandungan fenol dan aktiviti antioksidasi daun ketumbar Jawa (*Eryngium foetidum*) // Sains Malaysiana. – 2022. – Vol. 51. – No. 8. – P. 2559-2571.
11. Castro A., Díaz L., Mayorga E., Moreno F., Quintanilla-Carvajal M. Convective drying of feijoa (*Acca sellowiana* Berg): A study on bioactivity, quality, and drying parameters // LWT – Food Science and Technology. – 2023.
12. Castro A., Díaz L., Mayorga E., Moreno F., Quintanilla-Carvajal M. Convective drying of feijoa fruits: Pretreatment methods and target // Journal of Hygienic Engineering and Design. – 2021. – Vol. 37(555). – P. 116-124.
13. Chikpah S., Korese J., Sturm B., Hensel O. Colour change kinetics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices during convective air drying and bioactive compounds of the dried products // Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – Vol. 10. – P. 100409.
14. Zhang A.A., Ni J.B., Martynenko A., Chen C., Fang X.M., Ding C.J., Chen J., Zhang J.W., Xiao H.W. Electrohydrodynamic drying of citrus (*Citrus sinensis* L.) peel: Comparative evaluation on the physiochemical quality and volatile profiles // Food Chemistry. – 2023. – Vol. 429. – P. 136832.
15. Casim S., Contigiani E., Mazzobre F., Romero-Bernal A.R. Design of apple snacks: A study of the impact of calcium impregnation method on physicochemical properties and structure of apple tissues during convective drying // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2023. – Vol. 85. – P. 1-10.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған АР19678142-КС-24 «Жемістерді кептіру үшін кептіру жабдығын әзірлеу және масса алмасуды зерттеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 01.07.25 түсті, 23.09.25 қабылданды.

**Ш.Е. Дуисебаев^{1,2}, М.И. Сатаев^{1,2}, А.М. Азимов^{1,2},
Ж.С. Аширбаев^{1,2}, Н.В. Алексеева¹, З.М. Шакирьянова¹**

¹ТОО «InnovTechProduct», г. Шымкент, Казахстан

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан

СПОСОБ СУШКИ ФРУКТОВ И ЯГОД В ЭФФЕКТИВНЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВОГО СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В работе исследовано влияние температуры нагрева при газовой сушке фруктов на массовую долю влаги в готовом продукте. Газовая сушка является

перспективным методом консервирования продукции, позволяющим производить сухофрукты, способные обеспечивать необходимыми питательными веществами в течение всего года. Подробные эксперименты в данной статье направлены на установление оптимальных режимов сушки фруктов. Для анализа экспериментов использовались стандартные методики в соответствии с действующими в Казахстане нормативными документами. Предложены схемы конвективной сушки плодов на юге Казахстана. Согласно разработанным схемам установлено, что температура нагрева при сушке оказывает существенное влияние на качество конечного продукта. Анализ показывает, что увеличение температуры нагрева приводит к сокращению времени сушки. Определена максимальная скорость превращения относительной массы высушенного продукта за указанное время. Кроме того, установлено, что на максимальную скорость испарения влаги влияют температура, размер и структура свежего сырья. Проведена сенсорная оценка основных показателей качества: вкуса, цвета, запаха и консистенции. Определены оптимальные характеристики показателей. Их извлечение производилось при температуре нагрева 50-65°C. Многочисленные эксперименты показали, что необходимо рекомендовать параметры газовой сушки. Для абрикосов температура газовой сушки составляет 55-65°C, для слив – 60-65°C. Такие результаты будут полезны в технологии переработки фруктов и овощей.

Ключевые слова: газовая сушка, температура, фрукты, абрикосы, сливы, анализ.

Sh. Duissebayev^{1,2}, M.I. Satayev^{1,2}, A. Azimov^{1,2},
Zh. Ashirbayev^{1,2}, N. Alexeyeva¹, Z. Shakiryanova¹

¹LLP "InnovTechProduct", Shymkent, Kazakhstan

²M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

METHOD OF DRYING FRUITS AND BERRIES UNDER EFFICIENT CONDITIONS USING GAS DRYING EQUIPMENT

Abstract. This study investigates the effect of heating temperature during gas drying of fruits on the moisture content of the final product. Gas drying is a promising preservation method that enables the production of dried fruits capable of supplying essential nutrients throughout the year. The detailed experiments in this article are aimed at determining the optimal fruit drying regimes. Standard methodologies in accordance with the current regulatory documents of Kazakhstan were used for experiment analysis. Schemes of convective fruit drying in southern Kazakhstan are proposed. According to the developed schemes, it was established that the heating temperature during drying has a significant effect on the quality of the final product. The analysis shows that increasing the heating temperature reduces the drying time. The maximum rate of change in the relative mass of the dried product within the specified time was determined. In addition, it was found that the maximum rate of moisture evaporation depends on temperature, size, and structure of the fresh raw material. A sensory evaluation of key quality indicators – taste, color, aroma, and texture – was conducted. The optimal characteristics of these indicators were determined. Extraction was carried out at a heating temperature of 50-65°C. Numerous experiments showed the necessity of recommending parameters for gas drying. For apricots, the gas drying temperature is 55-65°C; for plums, 60-65°C. These results may be useful in fruit and vegetable processing technology.

Keywords: gas drying, temperature, fruits, apricots, plums, analysis.

References

1. Gridneva, E.E., Kaliakparova, G.Sh., Kalmanova, N.M. Plodoovoshnaya otrasl' yuzhno-kazakhstanskogo regiona: sostoyanie i perspektivy [Fruit and vegetable

- industry of the South Kazakhstan region: state and prospects] // Problems of Agrarian Market. Foresight-Kazakhstan. – 2020. – No. 3. – P. 180-186. [in Russian].
2. Evlash, V.V., Gavrish, A.V., Kravchenko, A.I., Nemirich, Tarasenko, T.A., Vasheka, A.M. Teoreticheskoe issledovanie sposobov sushki ovoshchey i fruktov [Theoretical study of methods of drying vegetables and fruits] // Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytskyi. – 2015. – Vol. 17. – No. 4 (64). – P. 148. [in Russian].
 3. Górnicki K., Janaszek M., Kaleta A., Martynenko A., Winiczenko R. Multi-objective optimization of convective drying of apple cubes // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Vol. 145. – P. 341-348.
 4. Aleksanyan, I.Yu., Fedunova, Yu.S., Maksimenko, Yu.A. Issledovanie vliyaniya temperatury na gigroskopicheskie kharakteristiki plodoovoshchnykh produktov [Study of the effect of temperature on the hygroscopic characteristics of fruit and vegetable products] // Technologies of Food and Processing Industry of Agro-Industrial Complex – Healthy Nutrition Products. – 2017. – No. 4. – P. 86-89. [in Russian].
 5. Ananskikh, V.V., Babushkin, V.A., Perfilova, O.V. i dr. Resursosberegayushchaya tekhnologiya pererabotki yablok [Resource-saving technology of apple processing] // Technologies of Food and Processing Industry of Agro-Industrial Complex – Healthy Nutrition Products. – 2017. – No. 6 (20). – P. 21-28. [in Russian].
 6. Karim M.A., Joardder M.U.H. Drying kinetics and properties evolution of apple slices under convective and intermittent-MW drying // Thermal Science and Engineering Progress. – 2022. – Vol. 30. – P. 1-7.
 7. Ferreira S.V., Lima M.S., Silva L.C.M., Oliveira D.E.C., Leão P.V.T., Silva M.A.P. Modelagem e cinética de secagem da Curcuma longa L. sob convecção = Modeling kinetics of convective drying of Curcuma longa L. // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. – 2021. – Vol. 25. – No. 3. – P. 197-202.
 8. Ali Redha A., Koca I., Pashazadeh H. Effect of convective drying on phenolic acid, flavonoid and anthocyanin content, texture and microstructure of black rosehip fruit // Journal of Food Composition and Analysis. – 2024. – Vol. 185. – P. 1-8.
 9. Amiri Chayjan R., Aghilinategh N., Banakar A., Motevali A., Younji S. Drying kinetics of dill leaves in a convective dryer // International Agrophysics. – 2013. – Vol. 27. – No.1. – P. 39-47.
 10. Hashim H., As'Ari N.A., Yee C.K. Effect of drying on phenolic content and antioxidant activity of Javanese coriander leaf (*Eryngium foetidum*) = Kesan pengeringan terhadap kandungan fenol dan aktiviti antioksidasi daun ketumbar Jawa (*Eryngium foetidum*) // Sains Malaysiana. – 2022. – Vol. 51. – No. 8. – P. 2559-2571.
 11. Castro A., Díaz L., Mayorga E., Moreno F., Quintanilla-Carvajal M. Convective drying of feijoa (*Acca sellowiana* Berg): A study on bioactivity, quality, and drying parameters // LWT – Food Science and Technology. – 2023.
 12. Castro A., Díaz L., Mayorga E., Moreno F., Quintanilla-Carvajal M. Convective drying of feijoa fruits: Pretreatment methods and target // Journal of Hygienic Engineering and Design. – 2021. – Vol. 37(555). – P. 116-124.
 13. Chikpah S., Korese J., Sturm B., Hensel O. Colour change kinetics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices during convective air drying and bioactive compounds of the dried products // Journal of Agriculture and Food Research. – 2022. – Vol. 10. – P. 100409.
 14. Zhang A.A., Ni J.B., Martynenko A., Chen C., Fang X.M., Ding C.J., Chen J., Zhang J.W., Xiao H.W. Electrohydrodynamic drying of citrus (*Citrus sinensis* L.) peel: Comparative evaluation on the physicochemical quality and volatile profiles // Food Chemistry. – 2023. – Vol. 429. – P. 136832.
 15. Casim S., Contigiani E., Mazzobre F., Romero-Bernal A.R. Design of apple snacks: A study of the impact of calcium impregnation method on physicochemical properties and structure of apple tissues during convective drying // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2023. – Vol. 85. – P. 1-10.