

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/28.02.2022.T.101.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAVOIY DAVLAT UNIVERSITETI

XOLIQOV MUHRIDDIN MARDIQULOVICH

**MEVA-SABZAVOTLI PASTILA TAYYORLASHDA QURITISH
JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH**

**02.00.16 - Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va
apparatlari**

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Buxoro - 2025

**Texnika fanlar bo‘yicha falsafa (PhD) doktori dissertatsiyasi
avtoreferat mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Xoliqov Muhriddin Mardiqulovich

Meva-sabzavotli pastila tayyorlashda quritish jarayonini takomillashtirish.....3

Холиков Мухриддин Мардикулович

Совершенствование процесса сушки при приготовлении

фруктово-овощных пастил.....21

Kholiqov Mukhriddin

Improving the drying process in the production of fruit and vegetable pastilles...39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/28.02.2022.T.101.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAVOIY DAVLAT UNIVERSITETI

XOLIQOV MUHRIDDIN MARDIQULOVICH

**MEVA-SABZAVOTLI PASTILA TAYYORLASHDA QURITISH
JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH**

**02.00.16 - Kimyo texnologiyasi va oziq-ovqat ishlab chiqarish jarayonlari va
apparatlari**

**TEXNIKA FANLARI bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Buxoro – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.3.PhD/T4602 raqam bilan ro'yhatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Navoiy davlat universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb sahifasida (www.bstu.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:	Djurayev Xayrullo Fayziyevich texnika fanlari doktori, professor
Rasmiy opponentlar:	Qurbonov Jamshed Madjidovich texnika fanlari doktori, professor Barakayev Nusratilla Rajabovich texnika fanlari doktori, professor
Yetakchi tashkilot:	Namangan davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Buxoro davlat texnika universiteti huzuridagi DSc 03/28.02.2022.T.101.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil 5 dekabr soat 09⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q.Murtazoyev ko'chasi, 15-uy. Tel.: (99865)223-78-84, Faks: (99865)223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz).

Dissertatsiya bilan Buxoro davlat texnika universitetining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№402 raqami bilan ro'yhatga olingan). (Manzil: 200117, Buxoro shahar, Q.Murtazoyev ko'chasi, 15-uy. Tel.: (99865)223-78-84).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 21 noyabr kuni tarqatildi.
(2025 yil 9 sentabrdagi № 13-raqamli reestr bayonnomasi).



S.F. Fozilov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

A.T. Oltiyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
kotibi, texnika fanlari doktori, dotsent

I.B. Isabayev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari
doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyaning annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Dunyoda meva va sabzavotlarni kompleks qayta ishlash orqali vitaminlarga boy, uzoq saqlanish muddatiga ega bo'lgan yuqori sifatli quritilgan mahsulotlar ishlab chiqarish sohalarida yuqori darajada o'sish kuzatilmoqda. Tarkibi turli hil meva va sabzavotlardan tashkil topgan, tabiiy xossasi saqlangan, vitaminlarga boy, yumshoq strukturaga ega bo'lgan quritilgan pastilalar ishlab chiqish oziq-ovqat sanoatining asosiy tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Shunga ko'ra, qandolat mahsulotlarining yangi turlarini yaratish, qandolat mahsulotlari va shirinliklar uchun yangi qo'shimchalar ishlab chiqish, shuningdek tarkibi har xil meva va sabzavotlarning aralashmasi asosida tayyorlangan gomogen sistemali pyureni qayta ishlash orqali quritilgan pastila ishlab chiqarish tizimini tashkil etishda gidromexanik, issiqlik va moddaalmashinuv jarayonlarini amalga oshirishning energiya tejamkor texnika va texnologiyalarni yaratish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda meva va sabzavotlarning ma'lum bir turlari kesimida pyure tayyorlash, pastila ishlab chiqarishning samarali tizimini tashkil etish uchun zamon talablariga mos kompleks qayta ishlashning texnika va texnologiyalarini yaratish bo'yicha izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada pastila uchun birlamchi xomashyo hisoblangan pyureni tayyorlash jarayonini amalga oshirishda gidromexanik jarayonlarni tadqiq qilish, meva hamda sabzavot turlarining maqbul modulli nisbatlari kesimida pyureni tayyorlash va quritilayotgan pastilaning butun hajmi bo'yicha strukturaning bir xilligini ta'minlashga qaratilgan tadqiqot ishlarini amalga oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda yetishtirilayotgan meva va sabzavotlarni transportlash, eksportbopligini ta'minlash maqsadida quritish tizimining samarali texnika va texnologiyalarini ishlab chiqish bo'yicha muayyan darajada ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. So'nggi yillarda oziq-ovqat sanoati korxonalarini modernizatsiya qilish, raqobatbardosh mahsulotlar turlari va hajmini kengaytirish, Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "tarkibiy o'zgartirishlarni chuqurlashtirish va qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash salohiyatini izchil rivojlantirish, mamlakat oziq-ovqat xavfsizligini yanada mustahkamlash, ekologik toza, sifat ko'rsatkichi yuqori bo'lgan mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish, agrar sektorning eksport salohiyatini sezilarli darajada oshirish"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Shu nuqtai nazardan, meva va sabzavotlar aralashmasi asosida bir xil gomogen sistemaga ega bo'lgan pastila pyuresini tayyorlash va quritish jarayonini tashkil etish tizimida energiya tejamkor texnika va texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli "Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi, 2019-yil 29-iyuldagi PQ-4406-sonli "Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini chuqur qayta ishlash va oziq-ovqat sanoatini yanada rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi, 2019-yil 23-oktabrdagi PQ-5853-sonli "O'zbekiston Respublikasi

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 - yil 28 - yanvardagi PF - 60 - son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi Farmoni

qishloq xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030–yillarga mo'ljallangan strategiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi, 2018-yil 19-yanvardagi PQ-3484-sonli “Oziq-ovqat tarmog'ini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi, 2018-yil 26-apreldagi PQ-3680-sonli “Mamlakatning oziq-ovqat xavfsizligini yanada ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida”gi farmon va qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining V “Qishloq xo'jalik, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhit muhofazasi” ustuvor yo'nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Meva va sabzavotlarni kompleks qayta ishlash tizimida issiqlik va moddaalmashinuv jarayonlarini modellashtirish va optimallashtirish, oziq-ovqat sanoati uchun qo'shimcha mahsulotlar ishlab chiqish va uni quritish jarayoniga tegishli masalalarni yechish hamda saqlash texnologiyalarini takomillashtirish bo'yicha xorijlik olimlardan K.A. Fikiin, D.M. Barrett, L.P. Somogyi, H. Ramasvamy, M.G. Skite, S.A. Rayye, K.A. Andjell, L.Erdeli, E.Almati, T.Sharoy, G.D.Averin, N.K.Juravskaya, E.I. Kauxcheshvili, A.A.Antonov, K.P.Venger, A.A. Antonov, G.A. Belozarov, M.A. Dibirasulayev, V.N. Koreshkov, respublikamiz olimlaridan Z.S. Salimov, A.A. Artiqov, O.F. Safarov, X.S. Nurmuhamedov, J.M. Qurbonov, X.F. Jo'rayev, Q.O. Dodayev, S.G. Zokirov, J.E. Safarov va boshqalar ilmiy tadqiqot ishlari olib borishgan.

Yuqoridagi olimlar tomonidan meva va sabzavotlarni quritishda energiya tejamkor texnologiyalar, issiqlik-massa almashinuvi sifatini saqlash bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan. Shuningdek, qishloq xo'jalik mahsulotlarining strukturaviy tuzilishi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, eti o'ta yumshoq, tez eziluvchi, tarkibida suv miqdori ko'p bo'lgan meva va sabzavotlarni bo'laklangan holatda yoki butunligicha quritish texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha ko'plab ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan va muhim ilmiy-amaliy yutuqlarga erishilgan.

Ammo, olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, hozirgi kunda mamlakatimizda qishloq xo'jaligida yetishtirilayotgan mahsulotlarning isrofgarchiligini bartaraf etish maqsadida eti o'ta yumshoq strukturaga ega bo'lgan meva va sabzavotlarning maqbul modulli nisbatlari asosida pyure tayyorlash va uni pastila shaklida quritish jarayonining texnika va texnologiyalarini joriy etish bo'yicha yetarlicha o'rganilmagan. Ushbu muammoni yechishda yurtimizdagi mavjud resurslardan foydalanib, ularni ishlab chiqish texnologiyalarini joriy etish, samaradorligi yuqori bo'lgan arzon va ekologik zararsiz meva va sabzavotlarning quritilgan pastilasini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar ishlari muhim hisoblanadi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Navoiy davlat universiteti ilmiy tadqiqot ishlari rejalarining “Meva va

sabzavotlarni kompleks qayta ishlashda chiqindisiz, energiya tejaydigan innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish” (2022-2024 yy) mavzusidagi amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi meva-sabzavotli pastila tayyorlashda quritish jarayonini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

meva va sabzavotlarning navi, turi, strukturaviy tuzilishi, tarkibidagi namlik miqdorlari hamda quritishga yaroqlilik darajalarini o‘rganish va tadqiq qilish;

bir jinsli sistemaga ega bo‘lgan pyureni tayyorlash uchun protirkalash hamda aralashtirish jarayonlarini tadqiq qilish, ta’sir etuvchi omillarni aniqlash va ideal aralashish qonuniyatlarini o‘rganish;

bir jinsli sistemaga ega bo‘lgan pyureni tayyorlash uchun tanlangan ikki va undan ortiq meva va sabzavotlar aralashmasining maqbul modulli nisbatlarini eksperimental tadqiq qilish;

aralashtirish jarayonini matematik modelini ishlab chiqish;

pastilaga dastlabki ishlov berish va quritish bosqichida issiqlik ta’sir ettirish usullarini asoslash;

mahsulot tarkibidagi namlik va harorat o‘zgarishlarini tavsiflovchi quritish jarayonining matematik modelini ishlab chiqish;

quritilgan pastila olish jarayonining texnik iqtisodiy ko‘rsatkichlarini aniqlash va samaradorlikni baholash.

Tadqiqotning ob’yekti sifatida namlik darajasi yuqori, eti yumshoq, quritishga yaroqsiz bo‘lgan qishloq xo‘jaligida yetishtirilayotgan meva va sabzavotlar olingan.

Tadqiqotning predmetini qishloq xo‘jaligida yetishtirilayotgan meva va sabzavotlarning maqbul modulli nisbatlari asosida pyure tayyorlash uchun protirkalash va aralashtirish jarayonining qonuniyatlari, pastilani dastlabki suvsizlantirish va quritish jarayonlarining texnologik parametrlari tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya tadqiqotlarida meva va sabzavotlarning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlashning umum qabul qilingan standart usullari, pastilaning bir jinsli sistemaviyligini tahlil qilishda mikroskopik usullar, jarayonning tizimli tahlili, eksperimentni ko‘p faktorli rejalashtirish statistik-matematik modellashtirish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

meva va sabzavotlar pyuresining donadorlik darajasi aralashmaning modulli nisbatiga, aralashtirish jarayonining intensivligiga, ishchi organning konstruksiyasiga, xomashyoning qurilma markazida $0 \leq r \leq r_m$ hamda yon tomonlarida $r_m \leq r \leq D/r$ hosil qilinayotgan aralashish trayektoriyasiga bog‘liqligi asoslangan;

pastila tarkibidagi namlikning chiqishini jadallashtirish, mikroelementlar, vitaminlarni saqlab qolish, tayyor mahsulotning saqlanish muddatini oshirish maqsadida meva va sabzavotlar pyuresini dastlabki suvsizlantirish bosqichida 400, 600, 800 Vt quvvatda 2450 MHz yuqori chastotali elektromagnit maydonida ishlov berish rejimlari asoslangan;

meva va sabzavotlar pyuresini tayyorlashda ideal aralashish qonuniyatlarini, dastlabki suvsizlantirish va quritish bosqichida namlik va harorat o'zgarishlarini ifodalovchi matematik model ishlab chiqilgan;

amalga oshirilgan tadqiqotlar asosida, kontaktli issiqlik uzatish prinsipiga asoslangan, vakuum tizimida ishlovchi quritish qurilmasining maqbul konstruksiyasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

meva va sabzavotlar pastilasini noan'anaviy usulda quritish jarayoni va qurilmasining konstruktiv va texnologik parametrlari aniqlangan;

konsistensiyasi yumshoq pastila ishlab chiqarish uchun dastlabki suvsizlantirish va quritish bosqichlarining maqbul rejimlari asoslangan;

tarkibi turli xil meva va sabzavotlar yanchilmasidan tashkil topgan, bir xil donadorlik darajasiga ega bo'lgan yuqori sifatli pastila ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi nazariy va eksperimental natijalarni qayta ishlash, dastlabki ishlov berish hamda quritish jarayoniga ta'sir etuvchi omillarni aniqlashda statistik va matematik modellashtirish usullaridan, MATLAB dasturiy ta'minotidan foydalanilganligi, eksperimental tadqiqot natijalarining nazariy natijalarga mosligi ularning adekvatligi hamda yarim sanoat tadqiqotlarida foydalanilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati namlik darajasi yuqori, mag'zi o'ta yumshoq meva va sabzavotlarning maqbul moduli nisbati asosida gomogen sistemani hosil qilishda ideal aralashish qonuniyatlarining aniqlanganligi, dastlabki suvsizlantirish bosqichida O'YUCH elektomagnet maydonining maqbul kuchlanish va chastota diapazonida ishlov berish hamda quritish jarayonining rejimlari asoslanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati meva va sabzavotlar aralashmasi asosida pyure tayyorlash, quritilgan pastila ishlab chiqarishda quritish jarayonining optimal rejimlarini ishlab chiqish, quritish qurilmasining samaradorligini oshirish hamda takomillashgan ishlov berish texnologiyasining tavsiya etishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Meva-sabzavotli pastila tayyorlashda quritish jarayonini takomillashtirish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

meva va sabzavotlar yanchilmasini tayyorlash, dastlabki suvsizlantirish va pastila olishga mo'ljallangan kombinatsion quritish qurilmasi "Gala River" qo'shma korxonasida joriy etilgan (O'zbekiston oziq-ovqat sanoati uyushmasining 19.04.2025 yildagi 19-40/04-25 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, donadorlik darajasi bir xil quritilgan pastila ishlab chiqarishga hamda quritish jarayonining davomiyligini 1,3-1,5 martaga kamaytirish imkonini bergan;

pastilani quritish uchun kontaktli issiqlik uzatish prinsipiga asoslangan, vakuum tizimida ishlovchi quritish qurilmasi "Livadiya Bukhara" MCHJda joriy etilgan (O'zbekiston oziq-ovqat sanoati uyushmasining 19.04.2025 yildagi 19-40/04-25 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, konsistensiyasi yumshoq, och-qizil, to'q-qizil rangli pastila olish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 5 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va aprobatsiyadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 17 ta ilmiy ishlar e'lon qilingan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari (PhD) asosiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etgan ilmiy nashrlarda 10 ta maqola, 8 tasi xorijiy va 2 tasi respublika jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiya tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 112 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati, tadqiqotning maqsad va vazifalari, tadqiqot ob'yekti va predmeti asoslangan, respublika fan va texnika taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy va respublika miqyosidagi tadqiqotlar sharhi va muammoning o'rganilganlik darajasi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish, tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar yoritilgan.

Dissertatsiyaning **“Meva va sabzavotlarning quritilgan pastilasini tayyorlashda quritish jarayoni va qurilmalarini tadbiiq etishning istiqbollari”** deb nomlangan birinchi bobida meva va sabzavotlarning navi, turi, strukturaviy tuzilishi, tarkibidagi namlik miqdorlari, quritishga yaroqlilik darajalari, bir jinsli gomogen sistemaga ega bo'lgan pyureni tayyorlashda qo'llaniladigan aralashtirgichlar konstruksiyasi, aralashish qonuniyatlari va ta'sir etuvchi omillar tahlil qilingan.

Pastilaga dastlabki ishlov berish va quritish bosqichida qo'llaniladigan quritish usullari va quritgichlarning konstruksiyalari tahlil qilinib, issiqlik ta'sir ettirish usullari, mahsulot tarkibidagi namlik va harorat o'zgarishlari tadqiq qilingan.

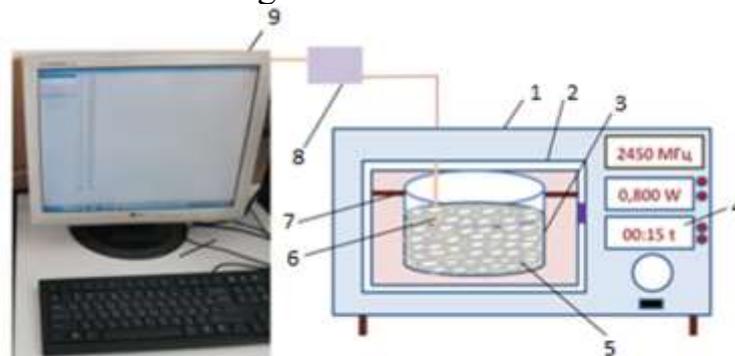
Dissertatsiyaning **“Meva va sabzavotlar pastilasini tayyorlash va quritish jarayonini eksperimental tadqiq qilish”** deb nomlangan ikkinchi bobida pastila pyuresini tayyorlashda aralashtirish jarayonini eksperimental tadqiq qilish usullari keltirilgan. Har xil meva va sabzavotlardan tayyorlangan aralashmani bir jinsli muhitga yaqin bo'lgan faza sistemasida aralashtirish uchun yakorli aralashtirgich qo'llanilib, tadqiqotlar o'tkazildi. Gomogen sistemaga yaqin bo'lgan aralashma tayyorlashda, ishchi organi yakordan tashkil topgan aralashtirgichning samaradorligi yuqori bo'lib, aralashtirgichning butun ichki hajmi bo'yicha aralashish yuzaga kelib, donadorlik darajasi bir xil bo'lgan sistemani hosil qilishga erishildi.

Aralashtirish qurilmasi yordamida bir xil sistemaga ega bo'lgan pyureni hosil bo'lish darajasi, xomashyo harakat oqimining butun hajm bo'yicha tashkil etish samaradorligiga bog'liq. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, aralashtirish jarayonining davomiyligi 6-7 minutni, ishchi organning aylanish tezligi 60-90 ayl/min tashkil etganda Nyutonning jismlararo tortishish qonuniga muvofiq muhitlararo bir jinsli sistemaning hosil bo'lishi kuzatildi. Yakorli aralashtirgich ishchi organining turli xil aylanishlar chastotasida (30, 60 va 90 ayl/min) tayyorlangan aralashmaning donadorlik darajasi mikroskopik tadqiq qilindi.

Mikroskopik tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, ishchi organning aylanish chastotasi 30 ayl/min tashkil etganda aralashma tarkibida o'lchami 3-4 mm, 60 ayl/min bo'lganda 1-2 mm hamda 90 ayl/min tashkil etganda o'lchami 0,1-1 mm bo'lgan zarrachalar mavjudligi aniqlandi.

Meva va sabzavotlarning modulli aralashmasi asosida tayyorlangan pastila pyuresini quritish jarayonini amalga oshirishda, namlikning chiqishini jadallashtirish uchun chastotasi 2450 MHz bo'lgan O'YUCH elektr maydon ta'sirida dastlabki ishlov berish rejimi qo'llanilib, elektr maydonning ta'sir qonuniyatlari o'rganildi. Mahsulotning butun hajmi bo'yicha bir meyorda issiqlikning hosil bo'lishi, isitish jarayonining lahzali amalga oshishi, kuchlanish tarmoqdan uzilish lazasida isitish jarayonining to'xtashi, suv molekularining bir biriga ishqalanishi natijasida issiqlikning ajralib chiqishi tajribalar asosida tadqiq qilindi.

O'YUCH elektromagnit maydon ta'sirida dastlabki ishlov berish jarayonining tajriba qurilmasi 1-rasmda keltirilgan.

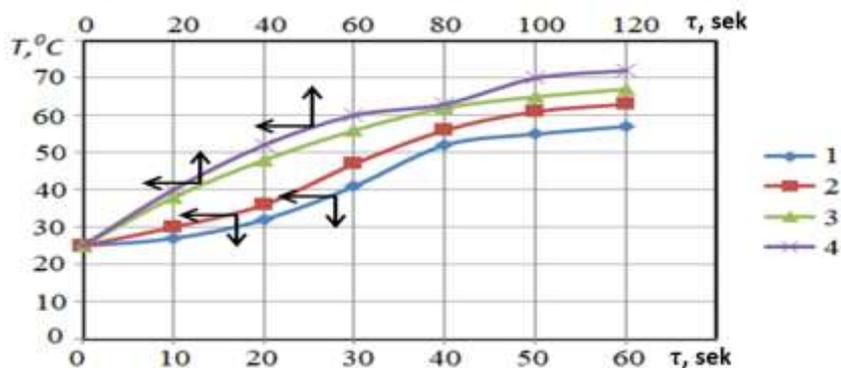


1-rasm. Meva pyuresiga O'YUCH maydonda dastlabki ishlov berish qurilmasi

1-mikroto'lqinli pech; 2-rezonator; 3- dielektrik idish; 4-boshqarish bloki; 5- mahsulot; 6-termopara; 7-tutqich; 8-mikrokontroller; 9-texnologik parametrlarni qayd qilib borish uchun kompyuter.

Ishchi kamera (rezonator) 2 ga mahsulot 5 bilan to'ldirilgan dielektrik idish 3 tutqich 7 orqali o'rnatilib, mikroto'lqinli pech 1 ning qopqog'i berkitilgach generator ishga tushiriladi. Mahsulot haroratning o'zgarishi termopara 6 orqali mikrokontroller 8 yordamida kompyuter 9 orqali qayd qilib borildi. Texnologik jarayon davomida nurlanish quvvati, nurlanish davomiyligi hamda parametrlarning o'zgarishi mikrokontroller hamda boshqarish pulti 4 orqali rostdab turilishi ko'zda tutilgan.

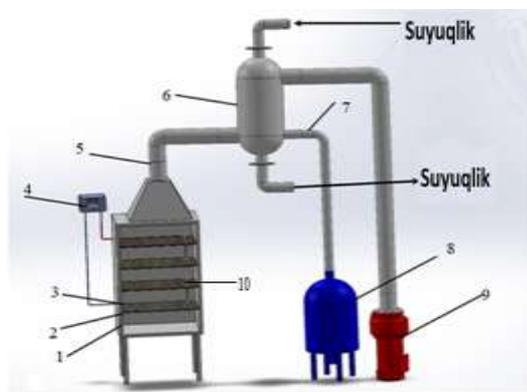
Nurlanish chastotasi 2450 MHz, magnetron quvvati 400, 600 hamda 800 Vt oraliqlarida 60, 90 va 120 sek davomida pyurega dastlabki issiqlik ishlov berish amalga oshirilib mahsulot tarkibidagi harorat o'zgarishlarini tavsiflovchi grafiklar olindi (2-rasm). Grafikdan ko'rinib turibdiki, O'YUCH elektromagnit maydon kuchlanganligining 400÷800 Vt oralig'ida astila massasiga 60, 90, 120 sek davomida ishlov berilganda 57⁰C÷72⁰C oralig'ida harorat o'zgarishlari kuzatildi.



2-rasm. Pastila haroratning vaqt birligida o'zgarish grafigi

- 1- $W=78\%$, $Q=400Vt$; $\tau=60sek$; — 2- $W=84\%$, $Q=800Vt$; $\tau=90sek$;
- 3- $W=78\%$, $Q=400Vt$; $\tau=120sek$; — 4- $W=84\%$, $Q=800Vt$; $\tau=120sek$.

Meva va sabzavotlarning 3 xil modulli nisbatlarining aralashmasi asosida tayyorlangan pyureni quritish uchun kontaktli issiqlik uzatish usuliga asoslangan, ishchi kamerada siyraklanish qiymati 25-30 kPa tashkil etgan quritish qurilmasi ishlab chiqildi. Quritish qurilmasining tuzilishi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Quritish jarayonining tajriba qurilmasi

- 1-quritish apparati; 2-qurituvchi agent xarakatlanuvchi truba; 3-mahsulot uchun taglik (paddon); 4-isituvchi element, 5-nam havo chiquvchi potrubka; 6-kondensator; 7-kondensat chiqish potrubkasi; 8-kondensat yig'gich; 9- vakuum nasos; 10-mahsulot

Ishlab chiqilgan tajriba qurilmasida meva va sabzavotlarning modulli nisbatlari asosida tayyorlangan pastila pyuresi 10, ko'p faktorli eksperiment rejasiga muvofiq pergament qog'ozi yuzasiga qatlami 4, 6, 8 mm bo'lgan qalinlik bo'yicha bir necha partiyalarda tayyorlanib, namunalar birma bir quritish kamerasidagi tagliklar 3 ga joylashtiriladi. Quritish uchun tajriba qurilmasi 1 ishga tushiriladi. Quritish jarayonida mahsulot tarkibidagi namlikni uzluksiz chiqarib turish uchun isituvchi agent sifatida suvning issiqligidan hamda sistemada siyraklanish hosil qilish tizimidan foydalanish mexanizmi ishlab chiqilgan. Isituvchi agent – suyuqlik element 4 orqali uzluksiz ravishda isitilib, tagliklar ostiga joylashtirilgan mis trubalar orqali sirkulyatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan issiqlik natijasida tagliklarda joylashtirilgan mahsulot tarkibidan ajralib

chiqayotgan nam havoni potrubka 5 orqali chiqarib yuborilishi ta'minlanadi. Mahsulot tarkibidan ajralib chiqayotgan nam havo siyraklanish hosil qiluvchi nasos 9 orqali so'rib turiladi. Nam havo kondensator 6 orqali kondensatsiyalanib 8 yig'gichga uzatilishi ta'minlangan. Nam havoni uzluksiz ravishda kondensatsiyalash uchun sovutuvchi agent sifatida suyuqlikdan foydalaniladi. Mahsulotni quritish uchun bir vaqtning o'zida isituvchi agentning issiqligidan hamda sistemaga hosil qilingan, atmosfera bosimidan past bo'lgan 25÷30 kPa da siyraklanish qo'llaniladi.

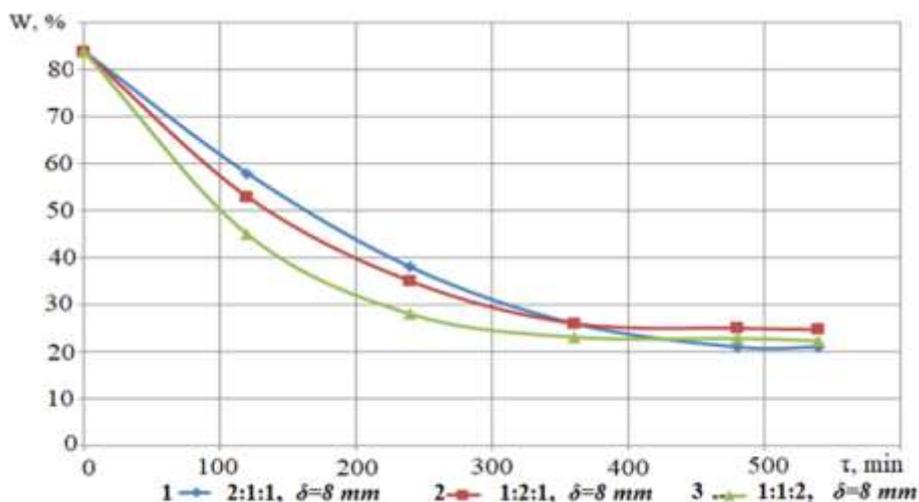
Ishlab chiqilgan ko'p faktorli eksperiment rejasiga muvofiq, pastila tarkibini tashkil etuvchi meva va sabzavotlarning massaviy nisbatlari, qatlam qalinligi, quritish jarayoni davomiyligining chegaraviy qiymatlari oralig'ida bir qator tajribalar o'tkazildi (1-jadval). Meva va sabzavotlarning modulli 2:1:1; 1:2:1; 1:1:2 nisbatlari bo'yicha "olma+olxo'ri+xo'raki qizil lavlagi", "olma+o'rik+xo'raki qizil lavlagi" hamda "olma+shaftoli+xo'raki qizil lavlagi" aralashmalari asosida tayyorlangan pastila pyuresini quritish jarayonining qonuniyatlari o'rganildi.

1-jadval

Eksperiment rejasining matritsasi

No	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	$X_2 X_3$	$X_1 X_3$	$X_1 X_2X_3$	u_1	u_2	u_3	$U_{o'rt}$
1	-	-	-	+	+	+	-	23,1	22,7	23,0	22,9
2	-	+	-	-	-	+	+	23,3	23,0	22,9	23,06
3	+	-	-	-	+	-	+	21,6	19,8	20,7	20,7
4	+	+	-	+	-	-	-	24,7	23,7	24,3	24,2
5	-	-	+	+	-	-	+	19,2	18,9	19,4	19,2
6	-	+	+	-	+	-	-	20,9	19,3	20,3	20,16
7	+	-	+	-	-	+	-	21,1	20,7	21,4	21,06
8	+	+	+	+	+	+	+	22,9	23,01	23,00	23,3
9	0	0	0					19,4	19,7	18,9	19,3

Yuqorida keltirilgan modulli nisbatlarning har xil qatlam qalinliklari bo'yicha tajribalar o'tkazilib, quritish jarayonining kinetikasini tavsiflovchi grafiklar olindi (4-rasm).

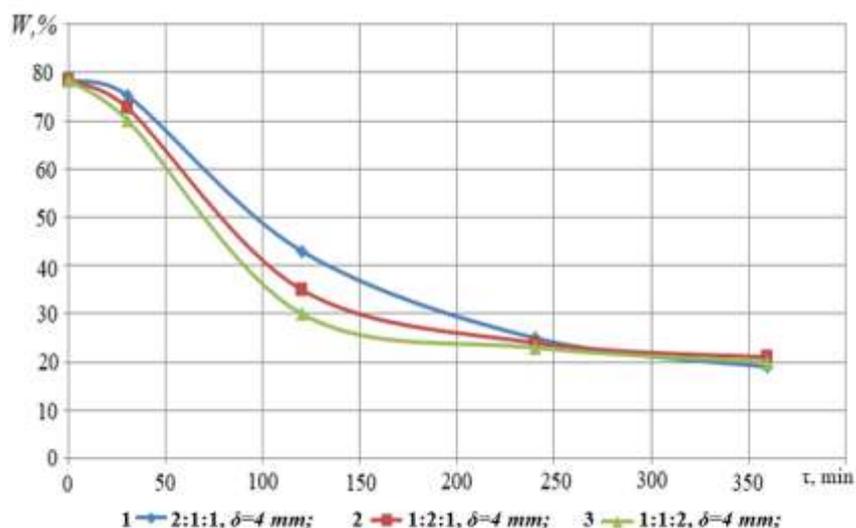


4-rasm. Pastila pyuresini quritish jarayonining egri chizig'i (olma+olxo'ri+xo'raki qizil lavlagi misolida)

Olingan natijalarni tahlil qiladigan bo'lsak 4-rasmdan ko'rinib turibdiki, 2:1:1 modulli nisbat bo'yicha tayyorlangan aralashmaning boshlang'ich namligi 84,3% ni, namuna massaning 50 %ni olma pyuresi tashkil etishi hisobidan 1:2:1 modulli aralashmaga nisbatan 2,8 %, 1:1:2 modulli aralashmaga nisbatan esa 2,4 % ko'p miqdorda erkin namlikning ajralib chiqishi va muvozonat namligi 21,9 % tashkil etishi kuzatildi (1-egri chiziq).

Shuningdek, 1:2:1 nisbat bo'yicha tayyorlangan aralashmaning muvozonat namligi 24,7% (2-egri chiziq), 1:1:2 nisbat bo'yicha esa 22,3 % (3-egri chiziq). Uch xil modulli nisbatda tayyorlangan namunalarning qatlam qalinliklari 8 mm tashkil etadi.

Ushbu modulli nisbatlar bo'yicha tayyorlangan pastila pyuresi qatlam qalinligining $\delta=4$ mm diapazonida quritish jarayonining davomiyligini xarakterlovchi grafiklar ham olindi (5-rasm). Tadqiqot natijalariga ko'ra, qatlam qalinligi $\delta=4$ mm bo'lgan pastila pyuresini quritish jarayonining davomiyligi 5,5÷6 soatni tashkil etayapti. Pastila pyuresining yuqorida keltirilgan modulli nisbatlari bo'yicha olingan natijalarda ham muvozonat namlik chegaralari orasida bir muncha farq mavjud.

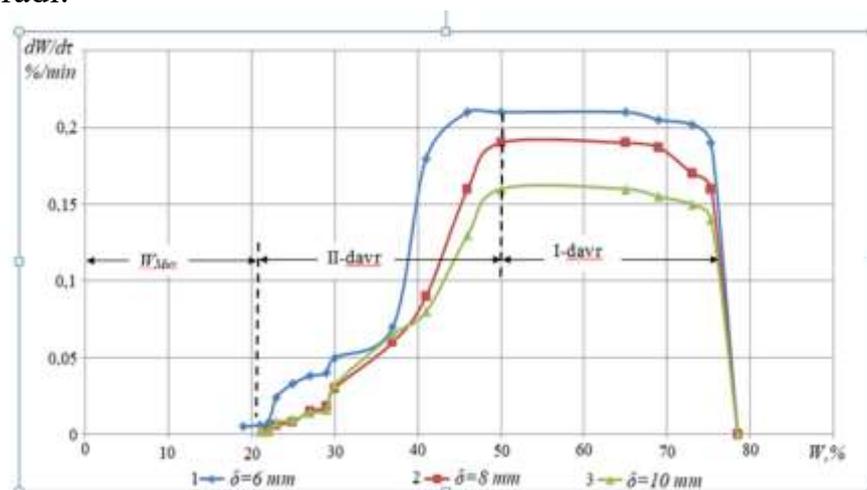


5-rasm. Pastila pyuresini quritish jarayonining egri chizig'i

Demak aralashma tarkibining modulli nisbatlarining o'zgarishi, o'z navbatida muvozonat namlikga ham ta'sir etadi. Tarkibiy qismi 50% olma pyuresidan tashkil topgan pastilaning namlikni chiqarib yuborish xususiyati yuqoriligi tufayli muvozonat namligi 19,1% (1-egri chiziq), tarkibi 50% olxo'ri hamda 50% lavlagi pyuresidan tashkil topgan pastilada quruq modda miqdori ko'pligi sababli muvozonat namlik chegaralari 21,2% va 20,4% tashkil etishi aniqlandi.

Shuningdek boshlang'ich namligi 78,5%, qatlam qalinliklari 6,8,10 mm tashkil etgan, 2:1:1 modulli sistema asosida tayyorlangan pyure namunalarning quritish jarayoni tezligini ifodalovchi egri chiziqlari keltirilgan (6-rasm). Grafikdan ko'rinib turibdiki, quritish jarayonining doimiy quritish tezligi (I) davrida qatlam qalinligi 6mm bo'lgan namuna tarkibidan minutiga 0,22 %, 8 mm namuna tarkibidan 0,19 %, 10 mm bo'lgan namuna tarkibidan 0,162 % namlik ajralib

chiqayapti. Xulosa shundan iboratki qatlam qalinligi oshishi bilan quritish tezligi kamayib boradi.



6-rasm. Quritish jarayoni tezligining egri chizig‘i.

Quritilgan pastila namunalarining strukturasi, tashqi ko‘rinishi hamda sifati bo‘yicha tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tarkibida suvda eruvchi moddalari saqlab qolingan pastila tayyorlash tizimini tadbiq etish, sifatli pastila olish imkonini beradi. Agar tayyorlangan pyure tarkibidan tindirish orqali suyuqlik chiqarib yuborilsa, bir xil strukturaga, yumshoq yoki elastik xususiyatga ega bo‘lgan quritilgan pastila olish imkoniyati mavjud emas. Ushbu qonuniyatni asoslash maqsadida aralashtirish orqali hosil qilingan “olma” pyuresining tarkibidan tindirish, filtrlash orqali suyuqlik chiqarib yuborilib, xomashyoni quritish jarayoni amalga oshirildi.

Quritilgan pastila strukturasi yuzasida ko‘pgina yoriqlar mavjud bo‘lib, sinish xususiyatining yuqoriligi, namunada mo‘rt xususiyat hosil bo‘lganligi kuzatildi. Ammo, meva va sabzavotlar “olma+o‘rik+xo‘raki qizil lavlagi” aralashmalari asosida tayyorlangan pyurening tarkibida hosil bo‘lgan suyuqlikni saqlagan holda quritib olingan pastila esa yumshoq hamda egiluvchan struktura hosil qilishi tajribalar asosida aniqlandi (7-rasm).



7-rasm. “olma+o‘rik+xo‘raki qizil lavlagi” pastilasi

Quritilgan pastila butun hajm va yuzasi bo‘yicha bir xil strukturani tashkil etib, yumshoq, egiluvchanlik strukturaga ega bo‘lib, kesish orqali xar xil shakl hosil qilish mumkin. Muvozonat namlik chegarasi 19,4÷21,9% oraliqni tashkil etadi.

Shuningdek “olma+olxo‘ri+xo‘raki qizil lavlagi” hamda “olma+shaftoli+xo‘raki qizil lavlagi” aralashmalari asosida quritilgan pastila

strukturalari rangi bo'yicha bir biridan farq qilsada yumshoq, egiluvchan strukturani tashkil etishi tajribada o'z tasdig'ini topdi.

8-rasmda alohida alohida quritilgan pastila namunalari keltirilgan: 1-faqatgina oq shaftoli pyuresini quritish orqali olingan pastila; 2-“olma+shaftoli+xo'raki qizil lavlagi” pyuresining pastilasi; 3- “olma+olxo'ri+xo'raki qizil lavlagi” pyuresining pastilasi; 4-faqatgina xo'raki qizil lavlagi pyuresining pastilasi.



Aralashma nisbatlari 1-100% oq pishar shaftoli; 2-olma 25%, shaftoli 50%, xo'raki qizil lavlagi 25%; 3-olma 25%, olxo'ri 50%, xo'raki qizil lavlagi 25%; 4-100% xo'raki qizil lavlagi.

8-rasm. Quritilgan pastila namunalari

Dissertatsiyaning “Tizimli tahlil. Meva, sabzavotlar pastilasini dastlabki suvsizlantirish va quritish jarayonini matematik modellashtirish” deb nomlangan uchinchi bobida tizimli yondashuv asosida pastila pyuresini tayyorlash, dastlabki ishlov berish va quritish bosqichlari tahlil qilinib, mexanik, issiqlik va modda almashinuv jarayonlarining o'zaro bog'liqligini ifodalovchi matematik ifodalar keltirilgan.

Tadqiqot ishining ushbu bo'limida, har xil turdagi meva va sabzavotlar aralashmasi asosida gomogen sistemani hosil qilish, dastlabki ishlov berish va quritish jarayonini amalga oshirish bosqichlari tahlil qilingan.

Texnologik jarayonning birinchi bosqichida bir jinsli sistemalarni hosil qilish uchun aralashtirish jarayonining gidrodinamik qonuniyatlari o'rganilib, diffuziya koeffitsiyenti oqimning ko'ndalang hamda bo'ylama harakatiga bog'liqligi asoslangan. Aralashmani bir o'lchovli sistema sifatida qabul qilib, aralashtirish koeffitsiyenti orqali oqim strukturasi diffuziya modelini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + \vartheta_{or} \cdot \frac{\partial c}{\partial x} \cdot \frac{\partial c}{\partial y} \cdot \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \quad (1)$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, aralashtirish jarayoni davomida pyurening apparat ichidagi xarakat trayektoriyasi fazoviy xarakterga ega bo'lib, X, Y, Z, kordinatalar bo'yicha ko'ndalang va bo'ylama xarakatni hosil qiladi. Aralashtirgichdagi ishchi organning aylanma harakati natijasida xomashyoni aralashish trayektoriyasi ikki xil zona bo'yicha hosil bo'lib, markaziy zona $0 \leq r \leq r_m$ oraliqni, yon tomon (periferiya) zona esa $r_m \leq r \leq D/r$ oraliqni tashkil etadi.

Xomashyoni aralashtirish jarayonining intensivligi, ishchi kameraning markaziy va yon tomon zonalaridagi sarf, hamda bo'ylama va ko'ndalang trayektoriyalar bo'yicha hosil bo'ladigan turbulent diffuziya tezligi bilan ifodalanadi:

$$D_{\tau} = l^2 \left| \frac{du(r)}{dr} \right| \quad (2)$$

bu yerda: l – aralashtirish zonasining uzunligi (aralashtirigich radiusi), m;
 $\left| \frac{du(r)}{dr} \right|$ – radius bo‘yicha xomashyoning aylanma tezlik gradiyenti.

Obyekt sifatida tadqiq qilinayotgan meva va sabzavotlar yanchilmasini aralashtirish orqali bir jinsli (gomogen) sistema hosil qilish uchun gidrodinamikaning o‘xshashlik kriteriyasiga asosan $G_D = D/d_m$ nisbat bo‘yicha $G_D > 1,5$ shartga muvofiq aralashtirish jarayoni amalga oshirildi. Shunga ko‘ra, moddaning butun hajmi bo‘yicha turbulent aralashish koeffitsiyentini quyidagi soddalashtirilgan tenglama orqali ifodalaymiz:

$$D_T = 0,435 \cdot n \cdot d_m \cdot \sqrt[3]{\frac{Z_m \zeta}{G_D^2 \gamma}} \quad (3)$$

bu yerda: ζ – ishchi organning qarshilik koeffitsiyenti, 0,88; Z_m – ishchi organ konstruksiyasini xarakterlovchi kattalik, γ – apparatning mahsulot bilan to‘lish balandligini ifodalovchi koeffitsiyent, $\gamma = l \cdot \frac{H}{D} + \rho$.

Aralashtirigich orqali hosil qilingan pyure tarkibidagi namlikning ajralib chiqishini jadallashtirish maqsadida, pyure tegishli qatlam qalinliklari bo‘yicha paddonlarga joylashtirilib, O‘YUCH elektromagnit maydonida dastlabki ishlov berish rejimi qo‘llanildi. O‘YUCH elektromagnit maydon ta’sirida kapillyar–g‘ovak strukturali mahsulotlar tarkibidagi namlikning gaz muhitiga o‘tishi, fazalarni ajratish chegaralaridagi namlikning siljish gradiyentiga bog‘liq. Shunga ko‘ra, mahsulot tarkibidagi namlikning o‘zgarishini yoki umumiy holda modda oqimini quyidagi tenglama orqali ifodalaymiz:

$$\frac{dW}{F d\tau} = \pm K \rho_m \left(\frac{dX}{dl} + \sigma \frac{dt}{dl} \right), \quad (4)$$

bu yerda: W – namlik miqdori, kg; $K = f(x, t)$ – massa o‘tkazish koeffitsiyenti m^2/s ; t – mahsulot harorati, $^{\circ}C$; ρ_m – mahsulotning zichligi, kg/m^3 ; F – issiqlik uzatish yuzasi, m^2 ; σ – issiqlik va namlik o‘tkazuvchanlikning kinetik koeffitsiyenti, ya’ni namlik konsentratsiyasi va muhit haroratlari funksiyasini xarakterlaydi, $grad^{-1}$; X – nam saqlashi, (kg/kg); τ – jarayonning davomiyligi, s; l – mahsulot konsentratsiyasining o‘zgarishi bo‘yicha normal, m.

K va σ koeffitsiyentlar mahsulotdagi namlik va harorat funksiyalari hisoblanadi. Shuning uchun mahsulot ichki strukturasiidagi namlikning bir qatlamdan ikkinchi bir qatlamga siljishini issiqlikning harakat qonuniyati asosida tavsiflaydigan bo‘lsak, u holda Fyuringning issiqlik o‘tkazuvchanlik qonuniyatiga muvofiq:

$$\frac{dQ}{F d\tau} = -\lambda \frac{dt}{dl}, \quad (5)$$

bu yerda: λ – issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti, $Vt/m^{\circ}C$; Q – issiqlik miqdori, kJ.

O‘YUCH elektromagnit maydonida dastlabki ishlov berish suvsizlantirish hamda quritish jarayonida mahsulot namligi eksponensial qonuniyat asosida o‘zgaradi deb qaraydigan bo‘lsak, u holda namlikning vaqt birligida o‘zgarishini quyidagi formula orqali ifodalaymiz:

$$\frac{\ln(W_b - W_0) - \ln(W - W_0)}{\tau - \tau_0} = k_1 \quad (6)$$

bu yerda: W_b, W, W_0 -mahsulotning boshlang'ich, joriy hamda oxirgi namligi, % . τ_0 -ishlov berish boshlangan daqiqadan boshlab hisobga olib boriladi (muvozanat namlik chegarasigacha bo'lgan vaqt), sek.; τ -boshlang'ich namlikdan muvozonat namlikgacha bo'lgan quritish vaqti, sek. Quritish koeffitsiyenti k_1 esa ishlov berilayotgan namuna qalinligi δ ning funksiyasi hisoblanadi.

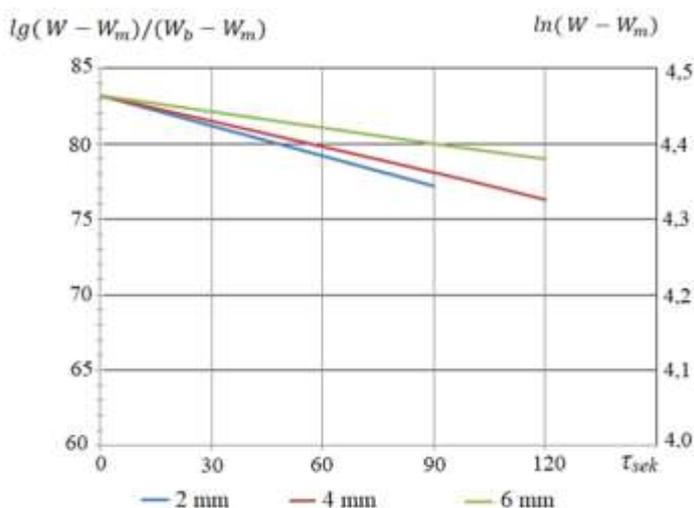
Shunga ko'ra, vaqt birligida mahsulot namligi W ning o'zgarishini quyidagi bog'liqlik orqali ifodalaymiz:

$$\lg u = \lg \frac{W - W_0}{W_b - W_0} = f(\tau) \quad (7)$$

(6) va (7) tenglamalar yordamida joriy namlik W ning har bir nuqtadagi o'zgaruvchan qiymati uchun pastilaning qatlam qalinligi kesimida namlikning o'zgarishi bo'yicha jarayonining davomiyligini aniqlaymiz:

$$\tau = \frac{1}{k_1} \ln \frac{W - W_m}{W_b - W_m} \quad (8)$$

Yuqorida keltirilgan tenglamalar orqali O'YUCH maydon ta'sirida pastilani dastlabki suvsizlantirish jarayonining davomiyligi aniqlanib, mahsulotning qatlam qalinligi bo'yicha namlik o'zgarishini ifodalovchi bog'liqlik $\ln(W - W_m) = f(\tau)$ va $\lg(W - W_m)/(W_b - W_m) = f(\tau)$ funksiyalari olindi (9-rasm).



9-rasm. O'YUCH maydon ta'sirida pastila namligining vaqt bo'yicha o'zgarishi

Grafikdan ko'rinib turibdiki, boshlang'ich namligi 83,2%, qatlam qalinligi 2 mm bo'lgan pastilaga O'YUCH maydon ta'sirida 90 sek davomida ishlov berilganda namuna namligining 6 % kamayishi kuzatilib, so'ngi namligi 77,2% tashkil etayapti. Qatlam qalinligi 4 mm bo'lgan pastilaning namligi esa 120 sekund davomida 5,1% kamayib, so'ngi namligi 78,1%, qatlam qalinligi 6 mm bo'lgan namuna tarkibidan 120 sekund davomida ajralib chiqayotgan namlik miqdori 3,1% tashkil etayapti. Logarifimik bog'liqlik funksiyalari bo'yicha olingan natijalar quyidagicha:

egri chiziq "1"- $\delta = 2\text{mm}; \ln = 4,35; \tau = 90\text{sek}, T = 65^\circ\text{C}, W_0 = 77,2\%$

egri chiziq "2"- $\delta = 4\text{mm}; \ln = 4,32; \tau = 120\text{sek}, T = 72^\circ\text{C}, W_0 = 78,1\%$

egri chiziq “3”- $\delta = 6\text{mm}; ln = 4,36; \tau = 120\text{sek}, T = 78^\circ\text{C}, W_0 = 80,1\%$

Meva va sabzavotlar pyuresiga ishlov berishning so‘ngi bosqichi quritish jarayoni hisoblanib, ushbu bosqichda namunalarning elementar qatlamlari bo‘yicha namlik va issiqlik tarqalishini ifodalovchi differensial tenglamalar ishlab chiqildi.

Quritish jarayonining moddiy va issiqlik balans tenglamalari tuzilib, mahsulot tarkibidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdorini, quritilayotgan mahsulotning butun hajmi hamda qatlamlari bo‘yicha vaqt birligida harorat va namlik o‘zgarishini ifodalovchi differensial tenglamalar ishlab chiqildi. Pastila tarkibidan ajralib chiqayotgan issiqlik miqdori:

$$Q_{chiq} = -\frac{\lambda \cdot F_s}{h_k} \cdot (t_1 - t_2) \quad (9)$$

bu yerda: λ - issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti, (Vt/m.K); t_1, t_2 - mahsulotning boshlang‘ich va oxirgi harorati, $^\circ\text{C}$; h_k - qatlam qalinligi, mm.

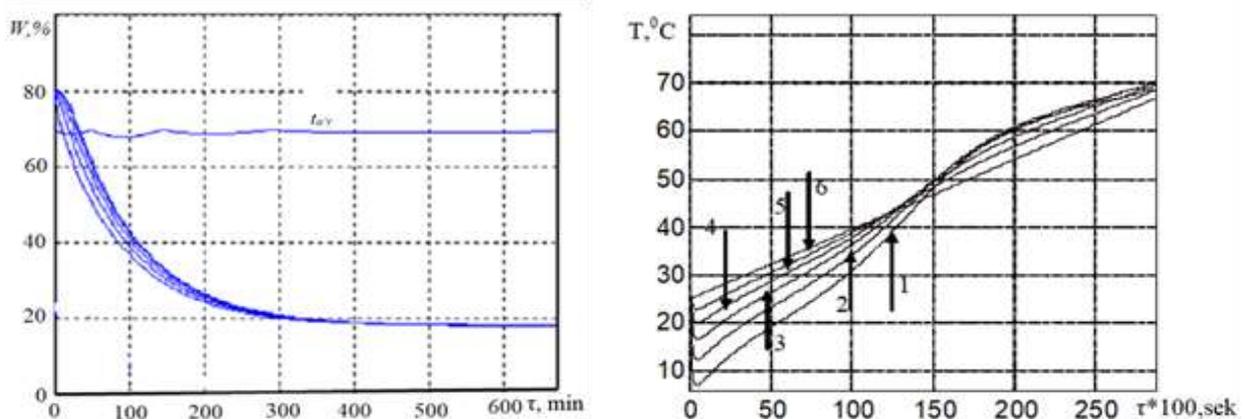
Mahsulotning butun hajmi hamda kvazi qatlamlari bo‘yicha harorati va namlikning vaqt birligida o‘zgarish tezliklarini ifodalovchi differensial tenglamalar sistemasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dt}{d\tau} = \frac{q + \alpha \cdot F_s \cdot (t_a - t_1) - \frac{\lambda \cdot F_s}{\Delta h} \cdot (t_1 - t_2)}{m \cdot c} \\ \frac{dt_1}{d\tau} = \frac{q_1 + \alpha \cdot F_s \cdot (t_a - t_1) - \frac{\lambda \cdot F_s}{\Delta h} \cdot (t_1 - t_2)}{m \cdot c} \\ \frac{dt_i}{d\tau} = \frac{q_i - \frac{\lambda \cdot F_s}{dh} \cdot (t_{i-1} - 2t_i + t_{i+1})}{m \cdot c} \\ \frac{dt_{i-5}}{d\tau} = \frac{q_{i-5} - \frac{\lambda \cdot F_s}{dh} \cdot (t_{i-4} - t_{i-5}) - \alpha_n \cdot F_n \cdot (t_{i-5} - t_n)}{m \cdot c} \end{array} \right. - G \cdot it \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dw_k}{d\tau} = \frac{(-\beta \cdot F_s \cdot (X_k - X_p) + KDt \cdot F_s / dh \cdot (X_1 - X_k))}{m_k} \\ \frac{dX_1}{d\tau} = \frac{(-\beta \cdot F_s \cdot (X_1 - X_p) + KDt \cdot (X_2 - X_1))}{m} \cdot (1 - X_1)^2 \\ \frac{dX_i}{d\tau} = \frac{(KDt \cdot F_s / dh \cdot (X_{i-1} - 2X_i + X_{i+1}))}{m} \\ \frac{dX_5}{d\tau} = \frac{KDt \cdot (X_{i+1} - X_5)}{m} \cdot (1 - X_5)^2 \end{array} \right. \quad (11)$$

MATLAB dasturiy paketi asosida yuqorida keltirilgan matematik model asosida quritish jarayoning davomiyligini, vaqt birligida namlik va harorat o‘zgarishini ifodalovchi egri chiziqlar olindi (10-rasm).

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, qatlam qalinligi $\delta = 6\text{mm}$ bo‘lgan pastilani quritish jarayonining davomiyligi 440÷450 minut oralig‘ida mahsulotning muvozonat namlik chegarasi 18,1÷18,2%, mahsulot qatlamlari bo‘yicha o‘rtacha harorat esa 65÷67 $^\circ\text{C}$ tashkil etayapti.



10-rasm. Pastilani quritish egri chizig‘i va harorat o‘zgarishi grafiklari

Dissertatsiyaning “**Pastila xomashyosini tayyorlash va uni quritish jarayonining texnologik parametrlari va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlari**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida meva va sabzavotlarning maqbul modulli nisbatlari asosida pyure tayyorlash hamda quritilgan pastila ishlab chiqarishning texnologik tizimini sanoat miqyosida tadbiiq etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Taklif etilgan quritish tizimida pastilaning boshlang‘ich va quritishdan so‘ngi qatlam qalinliklari hamda namlik darajalarining o‘zgaruvchanlik chegaralari tajribalar asosida tadqiq qilinib, qatlam qalinligi 4 mm bo‘lgan pastilani quritish davomiyligi 5,5-6 soatni, harorati 68-71⁰C, quritilgan pastilaning qalinligi 1,2±01 mm, muvozonat namlik miqdori 19,1±0,2% tashkil etishi asoslangan. Shuningdek qatlam qalinligi 6,8,10 mm bo‘lgan namunalar bo‘yicha ham ushbu parametrlarning maqbul qiymatlari tajribalar asosida aniqlangan. Bir tonna tayyor meva va sabzavotlar pastilasini ishlab chiqarish uchun xomashyo miqdori, tannarxi hamda elektroenergiya sarfi bo‘yicha hisoblashlar amalga oshirilib, texnologik tizimning samaradorligini xarakterlovchi ko‘rsatkichlar aniqlandi. Tadqiqot ishida turli xil meva va sabzavotlarning aralashmasi asosida tayyorlangan pyureni quritish orqali pastila olish jarayonining iqtisodiy ko‘rsatkichlarini hisoblash uchun 2024 yil mobaynida yetishtirilgan 1 kg mahsulotning narxi quyidagicha qabul qilib olindi. 1kg olma 4200 so‘m, shaftoli 5300 so‘m, o‘rik 6000 so‘m, olxo‘ri 6400 so‘m hamda lavlagi 3800 so‘m. Ishlab chiqarish korxonasiining faoliyatini hisobga olgan holda sotuvdan tushgan daromad-202.477.000 so‘mni tashkil qilmoqda.

XULOSA

1. Meva va sabzavotlarning maqbul modulli nisbatlarining miqdoriy ulushlari tajribalar asosida aniqlanib, pastila pyuresini tayyorlash uchun aralashtirish jarayonining gidrodinamik qonuniyatlari va aralashtirish jarayonida turbulent oqim strukturasiini ta‘minlash zarurligi o‘rganilgan.

2. Pastila pyuresini hosil bo‘lish samaradorligi, aralashtirgich ishchi organining aylanishlar soniga, konstruksiyasiga, aralashtirish jarayonining davomiyligiga bog‘liqligini ifodalovchi grafiklar olingan.

3. Kapilyar-g‘ovak strukturani tashkil etuvchi xomashyo tarkibida suyuqlik tomchilarini ushlagan hujayralarni yorish, moddaalmashinuvni jadallashtirish maqsadida O‘YUCH elektrmagnit maydonida dastlabki ishlov berish rejimlari asoslangan.

4. Pastilani quritish uchun kontaktli issiqlik uzatish usuliga asoslangan, vakuum ostida ishlovchi avtomatik boshqaruv sistemasi bilan ta‘minlangan tajriba qurilmasi ishlab chiqilgan. Ko‘p faktorli tajriba rejasi ishlab chiqilib, pastila pyuresini quritish jarayoniga ta‘sir etuvchi omillarning maqbul chegaraviy qiymatlari bo‘yicha quritish jarayoni hamda quritish tezligining egri chiziqlari olingan.

5. Meva va sabzavotlarning maqbul modulli aralashmasi (“olma+o‘rik+xo‘raki qizil lavlagi”; “olma+olxo‘ri+xo‘raki qizil lavlagi”; hamda “olma+shaftoli+xo‘raki qizil lavlagi”) asosida yumshoq konsistensiyali,

egiluvchan strukturaga ega bo'lgan quritilgan pastila olish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

6. Ideal aralashish modelidan foydalanib aralashtirish jarayonini tavsiflovchi matematik model ishlab chiqilgan. Pastila pyuresini quritish jarayonining matematik modeli ishlab chiqilib, MATLAB dasturi asosida mahsulotning kvazi qatlamlari bo'yicha namlik va harorat o'zgarishini ifodalovchi grafiklar hamda kompyuter modellari qurilgan.

7. Quritilgan pastila ishlab chiqarish jarayonining texnologik sxemasi ishlab chiqilib. Ko'p faktorli eksperiment rejasi asosida o'tkazilgan tadqiqotlar asosida 180 kg pyuredan quruq modda miqdori 75% tashkil etgan o'rtacha 27-30 kg ($15 \div 17\%$) pastila olishga erishilgan.

8. "Gala River" qo'shma korxonasi va "LIVADIYA BUKHARA" MCHJ ning ishlab chiqarish sharoitida tajriba-sanoat sinovlari o'tkazilgan. Ishlab chiqarish sharoitida 1 tonna pastila ishlab chiqarish uchun xomashyo sarfi, kapital va amortizatsiya xarajatlari hisoblangan. Sinov natijalariga ko'ra meva va sabzavotlar pastilasini quritish uchun taklif etilayotgan kichik ish unumdorlikka ega noan'anaviy quritish qurilmasi energiya xarajati bo'yicha yuqori samaradorlikka ega ekanligi e'tirof etilgan. Joriy etish samaradorligiga - minimal energiya sarfini ta'minlash, quritish tizimining optimal rejimlarini ishlab chiqish va amalga oshirish, quritilgan mahsulot tarkibidagi biologik faol moddalarni saqlab qolish asos bo'lib xizmat qiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/28.02.2022.Т.101.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ БУХАРСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХОЛИКОВ МУХРИДИН МАРДИКУЛОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ПРИ
ПРИГОТОВЛЕНИИ ФРУКТОВО-ОВОЩНЫХ ПАСТИЛ**

**02.00.16 - Процессы и аппараты химических технологий и пищевых
производств**

**АВТОРЕФЕРАТ диссертации доктора философии (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Бухара - 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2025.3.PhD/T4602.

Диссертационная работа выполнена в Навоийском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу (www.bstu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Джураев Хайрулло Файзиевич доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Курбонов Жамилел Маджидович доктор технических наук, профессор Баракаев Нусратилла Ражабович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Наманганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится на заседании Научного совета DSc.03/28.02.2022.T.101.01 при Бухарском государственном техническом университете 5 декабря 2025 г. в 09⁰⁰ часов. (Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, дом-15. Тел.: (+99865) 223-78-84, факс: (+99865) 223-78-84, e-mail: bmti_@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Бухарского государственного технического университета (зарегистрировано №402). (Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, дом-15. Тел.: (+99865) 223-78-84.)

Автореферат диссертации разослан 21 ноября 2025 года.

(реестр протокола №13 от 9 сентября 2025 года).



С.Ф. Фозилов

Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

А.Т. Олтиев

Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, доцент

Н.Б. Исабаев

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире наблюдается высокий рост производства высококачественных сушеных продуктов с длительным сроком хранения, обогащённой витаминами, путем комплексной переработки фруктов и овощей. Одним из приоритетных направлений пищевой промышленности является производство сушёной пастилы, изготовленной из различных фруктов и овощей, сохраняющей свои природные свойства, богатой витаминами и обладающей мягкой структурой. Соответственно, при создании новых видов кондитерских изделий, разработке новых добавок к кондитерским изделиям и сладостям, а также при организации системы производства сушёной пастилы на основе переработки гомогенного пюре, полученного из смеси различных фруктов и овощей, особое значение приобретает разработка энергоэффективных технических средств и технологий для реализации гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.

Во всём мире ведутся исследования, направленные на создание современных комплексных технологий и технических решений, соответствующих требованиям времени, разработка эффективной системы производства пюре и пастилы из определённых видов фруктов и овощей. В этом направлении особое внимание уделяется исследованию гидромеханических процессов, реализуемых при получении пюре - основного сырья для пастилы, определению оптимальных модульных соотношений различных видов фруктов и овощей при приготовлении пюре, а также обеспечению однородности структуры пастилы по всему её объёму в процессе сушки.

Определённый уровень научных и практических результатов достигнут в разработке эффективной техники и технологий сушильного комплекса, направленных на обеспечение транспортировки и экспорта плодоовощной продукции, выращиваемой в нашей республике. В последние годы в стратегии развития Нового Узбекистана поставлены важные задачи “по модернизации предприятий пищевой промышленности, расширению ассортимента и объёмов выпуска конкурентоспособной продукции, углублению структурных преобразований и последовательному развитию потенциала переработки сельскохозяйственной продукции, дальнейшему укреплению продовольственной безопасности страны, расширению производства экологически чистой и высококачественной продукции, а также значительному повышению экспортного потенциала аграрного сектора”. С этой точки зрения важное значение имеет внедрение энергосберегающей техники и технологий в систему приготовления и сушки пастилы с гомогенной структурой, производимой на основе смеси фруктов и овощей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4406 от 29 июля 2019 года «О дополнительных мерах по

глубокой переработке сельскохозяйственной продукции и дальнейшему развитию пищевой промышленности», № ПП-5853 от 23 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы», № ПП-3484 от 19 января 2018 года «О мерах по ускоренному развитию пищевой промышленности», № ПП-3680 от 26 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему обеспечению продовольственной безопасности страны» а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Связь исследований с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в Республике в области V «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Зарубежные учёные которые проводили научные исследования по моделированию и оптимизации процесса тепло и массообмена в системе комплексной переработке фруктов и овощей, созданию дополнительных продуктов для пищевой промышленности, решению вопросов, связанных с процессом сушки и совершенствованием технологий хранения К.А. Fikiin, D.M. Barrett, L.P. Somogyi, H. Ramasvamy, M.G. Skite, S.A. Rayye, K.A. Andjell, L.Erdeli, E.Alati, T.Sharoy, G.D.Averin, N.K.Juravskaya, E.I. Kauxcheshvili, A.A.Antonov, K.P.Venger, A.A. Antonov, G.A. Belozarov, M.A. Dibirasulayev, V.N. Koreshkov от ученых нашей республики З.С. Салимов, А.А. Артыков, О.Ф. Сафаров, Х.С. Нурмухамедов, Ж.М. Курбанов, Х.Ф. Джураев, К.О. Додаев, С.Г. Зокиров, Ж.Э. Сафаров и другие .

Вышеуказанными учёными проведены научные исследования по энергосберегающим технологиям сушки фруктов и овощей, тепломассообмену и сохранению качества. Также исследования структурной структуры сельскохозяйственной продукции показывают, что проведен большой объём научных исследований и достигнуты важные научные и практические результаты по разработке технологий сушки фруктов и овощей в кусках и целиком, имеющих очень мягкую, быстро измельчаемую мякоть и высокое содержание воды.

Однако, как показывают проведённые анализы, в настоящее время в нашей стране недостаточно изучены методы и технологии процесса приготовления пюре на основе оптимальных модульных пропорций фруктов и овощей со сверхмягкой структурой мякоти и сушки ее в виде пастилок с целью исключения отходов сельскохозяйственного производства. Важное значение в решении этой проблемы имеют научно-исследовательские работы по внедрению технологий их разработки с использованием имеющихся в нашей стране ресурсов, разработке дешевой и экологически безвредной сушеной пастилки из фруктов и овощей с высокой эффективностью.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках практического проекта планов научно-исследовательских работ Навоийского государственного

университета по теме «Разработка безотходных, энергосберегающих инновационных технологий комплексной переработки фруктов и овощей» (2022-2024 гг.).

Целью исследования является совершенствование процесса сушки при приготовлении фруктовой и овощной пастилы.

Задачи исследования:

изучение и исследование сортов, видов, структурного строения и содержания влаги в фруктах и овощах, а также степени их пригодности к сушке;

исследование процесса смешивания при приготовлении пюре с однородной структурой, определение влияющих факторов и изучение закономерностей идеального перемешивания;

экспериментальное определение оптимальных модульных соотношений двух и более отобранных фруктово-овощных компонентов для получения пюре с однородной системой;

разработка математической модели процесса перемешивания;

обоснование методов теплового воздействия на стадии предварительной обработки и сушки пастилы;

разработка математической модели процесса сушки, описывающей изменение влажности и температуры в продукте;

определение технико-экономических показателей процесса получения сушёной пастилы и оценка его эффективности.

Объектом исследования являются фрукты и овощи, выращиваемые в сельском хозяйстве, с высоким содержанием влаги, мягкой мякотью, непригодные для сушки.

Предметом исследования являются закономерности процесса смешивания и купажирования для приготовления пюре на основе оптимальных модульных соотношений плодов и овощей, выращенных в сельском хозяйстве, а также технологические параметры процессов предварительного обезвоживания и сушки пастилы.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы общепринятые стандартные методы для определения физико-химических свойств фруктов и овощей, микроскопические методы для анализа однородности структуры пастилы, системный анализ процессов, а также статистико-математическое моделирование с использованием многофакторного планирования эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обосновано зависимость степени однородности фруктового и овощного пюре от модульного соотношения компонентов смеси, интенсивности процесса перемешивания, конструкции рабочего органа, а также создаваемой в центре установке $0 \leq r \leq r_m$ и по периферии $r_m \leq r \leq D/r$ траекторий перемешивания;

для интенсификации удаления влаги, сохранению микроэлементов и витаминов, увеличения срока годности готового продукта обоснованы режимы обработки предварительного обезвоживания фруктового и овощного пюре под воздействием 2450 МГц волн высокой частоты мощностью 400, 600, 800 Вт.;

разработана математическая модель, учитывающая законы идеального перемешивания, изменения влажности и температуры при первоначальном обезвоживании и на этапе сушки фруктового и овощного пюре;

на основе проведённых исследований разработана приемлимая конструкция вакуумной сушильной установки основанного на принципе контактной передачи тепловой энергии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены конструктивные и технологические параметры процесса сушки фруктово-овощной пастилы с использованием нетрадиционного метода;

обоснованы оптимальные режимы предварительного обезвоживания и сушки для получения мягкой по консистенции пастилы;

получена высококачественная пастила с однородной гранулометрической структурой, состоящего из измельчённой смеси различных фруктов и овощей.

Достоверность результатов исследования объясняется использованием методов статистической и математической обработки теоретических и экспериментальных данных, выявлением влияющих факторов на процессы предварительной обработки и сушки, применением программного обеспечения MATLAB, а также соответствием экспериментальных результатов теоретическим данным, что подтверждает их адекватность, и внедрением в условиях полупромышленных исследованиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость заключается в выявлении закономерностей идеального перемешивания при получении гомогенной системы на основе оптимального модульного соотношения фруктов и овощей с высокой влажностью и очень мягкой мякотью, а также обосновании режимов воздействия в поле СВЧ с оптимальной диапозоне напряжения и частоты на стадии предварительного обезвоживания и в процессе сушки.

Практическая значимость заключается в разработке оптимальных режимов сушки при производстве пастилы из фруктово-овощной смеси, повышении эффективности сушильного оборудования и предложении усовершенствованной технологии переработки.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по совершенствованию процесса сушки при изготовлении фруктовой и овощной пастилы:

на СП «Gala-River» внедрена комбинированная сушильная установка для приготовления фруктовой и овощной мякоти, первичного обезвоживания и производства пастил (справка №19-40/04-25 Ассоциации пищевой промышленности Узбекистана от 19.04.2025 г.). В результате удалось получить сушеные пастилки с одинаковой степенью однородности и сократить продолжительность процесса сушки в 1,3-1,5 раза.

на предприятии ООО «Livadiya Bukhara» внедрено сушильное устройство, работающее на принципе контактного теплообмена для сушки пастилок, работающее в вакуумной системе (справка №19-40/04-25 Ассоциации пищевой промышленности Узбекистана от 19.04.2025 г.). В

результате получилось пастилки мягкой консистенции светло-красного и темно-красного цветов.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования изложены в виде докладов и прошли апробацию на 5 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 10 статьи опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD) 8 в зарубежных и 2 в республиканских журналах.

Объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Основной объем диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель, объект и задачи исследования, а также показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, обзор зарубежных и республиканских исследований по теме диссертации, уровень изученности проблемы. Описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научно-практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, апробации результатов исследования, опубликованных работах и составе диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Перспективы применения процессов и аппаратов сушки при приготовлении сушеных фруктовых и овощных пастил» анализируются разновидности, тип, структурный состав, влажность, степень пригодности для сушки фруктов и овощей, конструкции смесителей, используемых при приготовлении пюре с однородной системой, законы смешивания и влияющие на них факторы.

Проанализированы методы сушки и конструкции сушилок, применяемых на этапе предварительной обработки и сушки пастил, изучены способы теплового воздействия, изменения влажности и температуры в продукте.

Во второй главе диссертации «Экспериментальное изучение процесса приготовления и сушки фруктовых и овощных пастил» изложены методы экспериментального изучения процесса смешивания при приготовлении пастильной массы. Исследования проводились с использованием якорного миксера для смешивания смеси различных фруктов и овощей в почти однородной фазовой системе. При приготовлении смеси, близкой к однородной системе, эффективность работы смесителя, рабочим органом которого является якорь, высока, смешивание происходит по всему внутреннему объему смесителя, достигается система с равномерным уровнем однородности.

Степень получения пюре с однородной структурой с помощью перемешивающего устройства зависит от эффективности организации

потока сырья по всему объему. Результаты эксперимента показали, что при продолжительности процесса перемешивания 6-7 минут и частоте вращения рабочего органа 60-90 об/мин наблюдается образование однородной системы между средами в соответствии с законом притяжения тел Ньютона. Микроскопически исследована степень зернистости смеси, приготовленной при различных частотах вращения (30, 60 и 90 об/мин) рабочего органа якорного смесителя.

Результаты микроскопического анализа показали, что при частоте вращения рабочего органа 30 об/мин в смеси присутствуют частицы размером 3-4 мм, при 60 об/мин – 1-2 мм, при 90 об/мин – 0,1-1 мм.

При проведении процесса сушки пюре пастилы, приготовленного на основе модульной смеси фруктов и овощей, использовался режим предварительной обработки под воздействием СВЧ поля частотой 2450 МГц для ускорения выделения влаги, а также изучались закономерности влияния электрического поля. Экспериментально изучены равномерное по всему объему изделия выделение тепла, мгновенное возникновение процесса нагрева, прекращение процесса нагрева в момент отключения от электропитания, выделение тепла в результате трения молекул воды друг о друга.

Экспериментальная установка процесса предварительной обработки СВЧ под воздействием электромагнитного поля представлена на рис. 1.

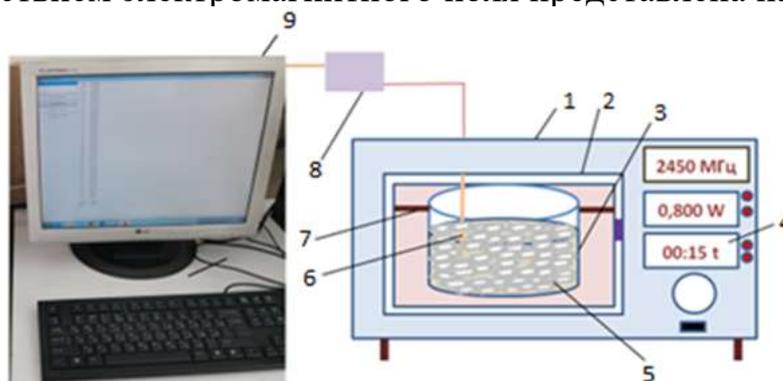


Рисунок 1. Установка предварительной обработки фруктового пюре в СВЧ поле

1-микроволновая печь; 2-й резонатор; 3- диэлектрический контейнер; 4- блок управления; 5-продукт; 6-термопара; 7-ручка;8-микроконтроллер; 9- компьютер для регистрации технологических параметров.

В рабочую камеру (резонатор) 2 с помощью ручки 7 устанавливают диэлектрическую емкость 3, заполненную продуктом 5, закрывают крышку микроволновой печи 1 и включают генератор. Изменение температуры продукта регистрировалось компьютером 9 с помощью микроконтроллера 8 через термопару 6. В ходе технологического процесса предусмотрено, что мощность излучения, продолжительность излучения и изменение параметров будут регулироваться через микроконтроллер и пульт управления 4.

Первичную термическую обработку пюре проводили в течение 60, 90 и 120 секунд при частоте 2450 МГц и мощности магнетрона 400, 600 и 800 Вт и

получали графики, характеризующие температурные изменения состава продукта (рисунок 2). Как видно из графика, при обработке pelletной массы в течение 60, 90, 120 секунд в диапазоне напряженности электромагнитного поля СВЧ 400÷800 Вт наблюдались изменения температуры в диапазоне 57⁰C÷72⁰C.

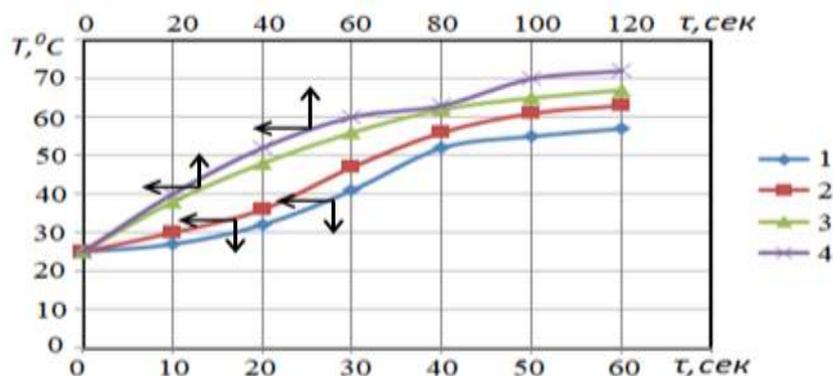


Рисунок 2. График изменения температуры пастил за единицу времени

- 1- W=78%, Q=400W; τ=60сек;
- 2- W=84%, Q=800W; τ=90сек;
- 3- W=78%, Q=400W; τ=120сек;
- 4- W=84%, Q=800W; τ=120сек.

Разработано сушильное устройство, работающее на основе метода контактной теплопередачи, для сушки пюре, приготовленного на основе смеси 3-х различных модульных соотношений фруктов и овощей, при величине разрежения в рабочей камере 25-30 кПа. Конструкция сушильного устройства показана на рисунке 3.

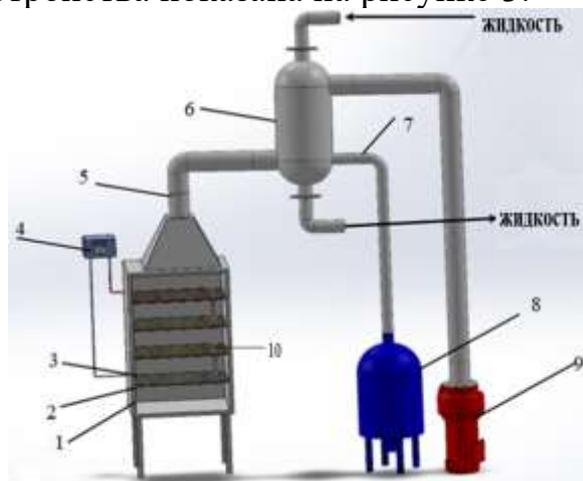


Рисунок 3. Экспериментальная установка

1-сушильное устройство; 2- труба перемещения сушильного агента; 3-подложка для продукта (поддон); 4-нагревательный элемент, 5- труба отвода влажного воздуха; 6-конденсатор; 7-труба отвода конденсата; 8-сборник конденсата; 9- вакуумный насос; 10-продукт.

В разработанной экспериментальной установке пастильную массу (пюре) 10, приготовленную на основе модульных пропорций фруктов и овощей, готовят несколькими партиями на поверхности пергаментной бумаги толщиной слоя 4, 6, 8 мм по многофакторному плану эксперимента, а образцы поочередно размещают на поддонах 3 в сушильной камере. Экспериментальная установка 1 запускается для сушки. В процессе сушки разработан механизм использования тепла воды в качестве сушильного агента. Теплоноситель непрерывно нагревается элементом 4, а в результате тепла, выделяемого в результате его циркуляции по медным трубкам, размещенным под поддонами, обеспечивается удаление влажного воздуха, выделяемого из содержимого продукта, размещенного на поддонах, через

потрубку 5. Влажный воздух выделяемой из продукта всасывается насосом 9 разрежения. Обеспечивается конденсация влажного воздуха посредством конденсатора 6 и его перенос в сборник 8. В качестве охлаждающего агента используется жидкость для непрерывной конденсации влажного воздуха. Для сушки продукта используется разрежение 25÷30 кПа, которое создается в системе одновременно за счет тепла теплоносителя и ниже атмосферного давления.

Согласно разработанному многофакторному плану эксперимента была проведена серия экспериментов в пределах соотношения масс плодов и овощей, толщины слоя, продолжительности процесса сушки (таблица 1). На основе модульных 2:1:1; 1:2:1; 1:1:2 соотношений фрукты и овощи изучены закономерности процесса сушки пастильной массы (пюре), приготовленной на основе смесей «яблоко+слива+свекла», «яблоко+абрикос+свекла» и «яблоко+персик+свекла».

Таблица 1

Матрица планирования

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₂ X ₃	X ₁ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	u ₁	u ₂	u ₃	U _{о.ит}
1	-	-	-	+	+	+	-	23,1	22,7	23,0	22,9
2	-	+	-	-	-	+	+	23,3	23,0	22,9	23,06
3	+	-	-	-	+	-	+	21,6	19,8	20,7	20,7
4	+	+	-	+	-	-	-	24,7	23,7	24,3	24,2
5	-	-	+	+	-	-	+	19,2	18,9	19,4	19,2
6	-	+	+	-	+	-	-	20,9	19,3	20,3	20,16
7	+	-	+	-	-	+	-	21,1	20,7	21,4	21,06
8	+	+	+	+	+	+	+	22,9	23,01	23,00	23,3
9	0	0	0					19,4	19,7	18,9	19,3

Были проведены эксперименты при различных толщинах слоев указанных выше модульных соотношений и получены графики, описывающие кинетику процесса сушки (рис. 4).

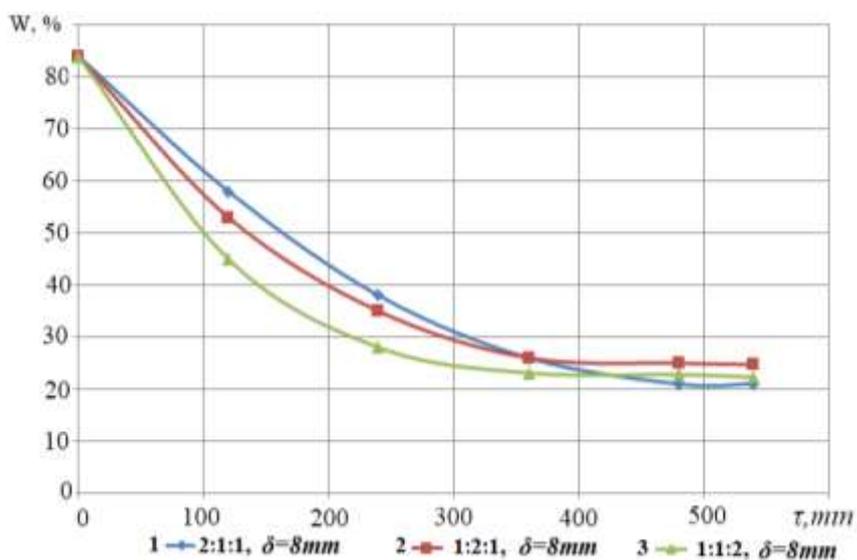


Рисунок 4. Кривая процесса сушки пастильной массы (в примере яблоко+смородина+свекла)

Анализируя полученные результаты, из рисунка 4 видно, что начальная влажность смеси, приготовленной по соотношению модулей 2:1:1, составляет 84,3%, учитывая что 50% массы образца составляет яблочное пюре, то относительно модуля 1:2:1 свободная влага выделяется на 2,8%, а относительно модуля 1:1:2 на 2,4% больше, при этом равновесная влажность составляет 21,9% (кривая 1).

Равновесная влажность смеси, приготовленной по соотношению 1:2:1, составляет 24,7% (кривая 2), а по соотношению 1:1:2 (кривая 3) – 22,3%. Толщина слоя образцов, приготовленных в трех различных модульных соотношениях, составляет 8 мм.

Получены также графики, характеризующие продолжительность процесса сушки в диапазоне толщины слоя пастилки $\delta=4\text{мм}$, приготовленной по данным модульным пропорциям (рис. 5). По результатам исследований продолжительность процесса сушки смеси пастил при толщине слоя $\delta=4\text{мм}$ составляет 5,5-6 часов. Также имеются некоторые различия между пределами равновесной влажности в результатах, полученных для вышеупомянутых соотношений модулей смеси пастилы.

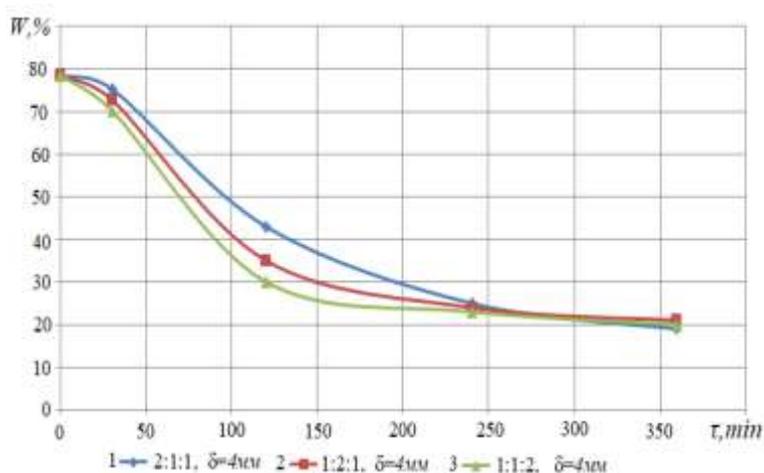


Рисунок 5. Кривая процесса сушки пастильной массы

Так, изменение модульного соотношения состава смеси, в свою очередь, влияет на равновесную влажность. Установлено, что равновесная влажность составляет 19,1% (кривая 1) за счет высоких влаговыделяющих свойств пастил, состоящего на 50% из яблочной мякоти, а пределы равновесной влажности составляют 21,2% и 20,4% за счет большого количества сухого вещества в пастиле, состоящем на 50% из ежевичной и на 50% из свекольной мякоти.

Также представлены кривые, характеризующие скорость процесса сушки образцов пюре, приготовленных на основе модульной системы 2:1:1 с исходной влажностью 78,5%, толщиной слоя 6, 8 и 10 мм (рис. 6). График показывает, что в период постоянной скорости сушки (I) процесса сушки из образца с толщиной слоя 6 мм выделяется 0,22% влаги в минуту, из образца с толщиной слоя 8 мм - 0,19% и из образца с толщиной слоя 10 мм - 0,162%. Вывод заключается в том, что с увеличением толщины слоя скорость сушки уменьшается.

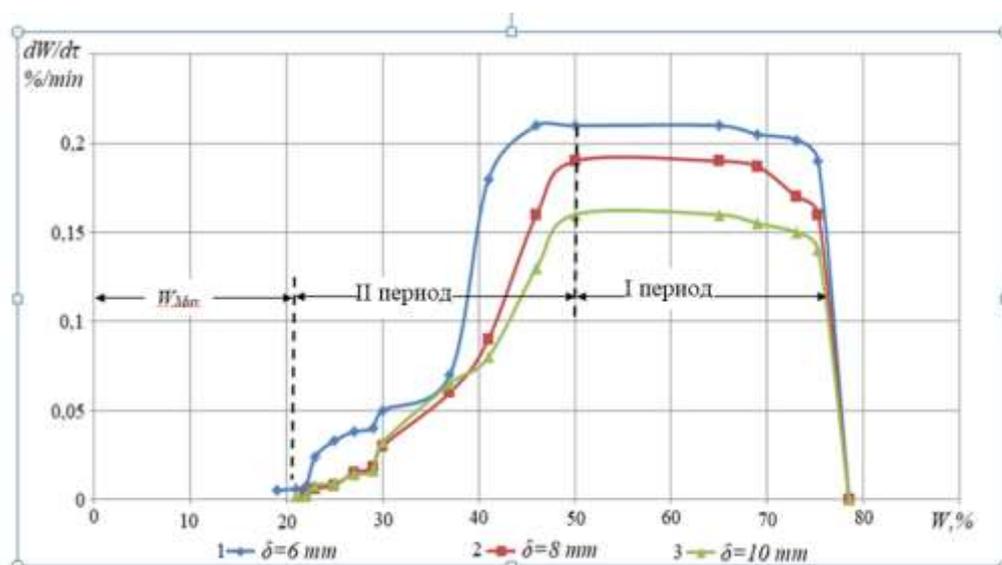


Рисунок 6. Кривая скорости сушки.

Анализ структуры, внешнего вида и качества высушенных образцов пастилы показал, что реализация системы приготовления пастилы, сохраняющей в своем составе водорастворимые вещества, позволяет производить пастилки высокого качества. Если из приготовленного пюре удалить жидкость путем процеживания, то не удастся получить сухую пастилу с однородной текстурой, мягкими и эластичными свойствами. Для обоснования данного закона из состава «яблочного» пюре, полученного путем перемешивания, была удалена жидкость, проведен процесс фильтрования и сушки сырья.

На поверхности высушенной пастилы имеется множество трещин, наблюдается высокая склонность к разрушению, а также формируется хрупкость образца. Однако в результате экспериментов было установлено, что пюре, приготовленная из смеси фруктов и овощей «яблоко+абрикос+красная свекла», а также пастила, высохнув и сохранив образовавшуюся жидкость, образуют мягкую и эластичную структуру (рис.7).



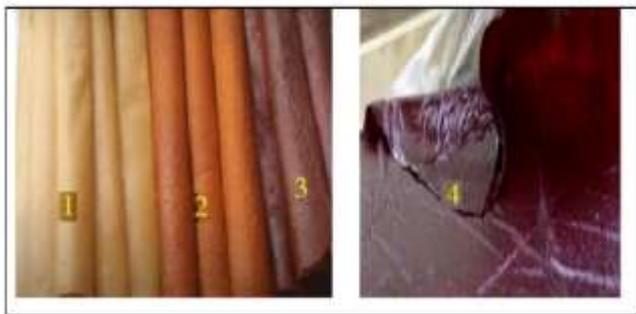
Рисунок 7. Пастила «яблоко+абрикос+красная свекла»

Высушенная пастила образует однородную структуру по всему объему и поверхности, имеет мягкую, гибкую структуру и может быть нарезана на различные формы. Предел равновесной влажности составляет 19,4÷21,9%.

Также в ходе эксперимента было подтверждено, что высушенные структуры пастил на основе смесей «яблоко+слива+вишневая красная

свекла» и «яблоко+персик+вишневая красная свекла» образуют мягкую, гибкую структуру, хотя и отличаются друг от друга по цвету.

На рисунке 8 показаны отдельные образцы высушенных пастил: 1- пастила, полученный путем высушивания только пюре белого персика; 2- сушенная пастила из пюре «яблоко+персик+красная свекла»; 3- сушенная пастила из пюре «яблоко+слива+красная свекла»; 4 пастила, содержащих только пюре из красной свеклы.



Соотношения смесей: 1- 100% белых спелых персиков; 2-яблоко 25%, персик 50%, красная свёкла 25%; 3-яблоко 25%, чёрная слива 50%, красная свёкла 25%; 4-100% красная свёкла.

Рисунок 8. Образцы сушеной пастилы

В третьей главе диссертации под названием «**Системный анализ. Математическое моделирование процесса первичного обезвоживания и сушки фруктовых и овощных пастилок**» на основе системного подхода проанализированы этапы приготовления, первичной обработки и сушки пастильной массы, а также приведены математические описания, отражающие взаимозависимость механических, тепловых и массообменных процессов на каждом этапе.

В данном разделе работы проанализированы этапы создания однородной системы на основе смеси различных видов фруктов и овощей,

На первом этапе технологического процесса изучаются гидродинамические закономерности процесса смешения для создания однородных систем, а также на основе зависимости коэффициента диффузии определяется поперечное и продольное перемещение потока. Принимая смесь за одномерную систему, диффузионную модель структуры потока через коэффициент смешения можно выразить в следующем виде:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + \vartheta_{o/r} \cdot \frac{\partial c}{\partial x} \cdot \frac{\partial c}{\partial y} \cdot \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \quad (1)$$

Из уравнения видно, что в процессе перемешивания траектория движения пюре внутри аппарата носит пространственный характер, совершая горизонтальное и продольное перемещение по координатам X, Y и Z. В результате вращательного движения рабочего органа в смесителе траектория смешивания сырья формируется в двух различных зонах, центральная зона — интервал $0 \leq r \leq r_m$, а боковая (периферийная) зона — интервал $r_m \leq r \leq D/r$.

Интенсивность процесса перемешивания сырья выражается скоростью потока в центральной и боковых зонах рабочей камеры, а также скоростью

турбулентной диффузии, образующейся по продольной и поперечной траекториям:

$$D_T = l^2 \left| \frac{du(r)}{dr} \right| \quad (2)$$

здесь: l – длина зоны перемешивания (радиус мешалки), м; $\left| \frac{du(r)}{dr} \right|$ – градиент скорости вращения сырья по радиусу.

С целью создания однородной системы путем смешивания исследуемой плодово-овощной мякоти процесс смешивания осуществлялся по критерию гидродинамического подобия с соотношением $G_D = D/d_m$ и условием $G_D > 1,5$. Соответственно, коэффициент турбулентного перемешивания по всему объему вещества выражаем следующим упрощенным уравнением:

$$D_T = 0,435 \cdot n \cdot d_m \cdot \sqrt[3]{\frac{Z_m \cdot \zeta}{G_D^2 \cdot \gamma}} \quad (3)$$

здесь: ζ – коэффициент сопротивления рабочего органа, 0,88; Z_m – величина, характеризующая строение рабочего органа, γ – коэффициент, выражающий высоту заполнения аппарата продуктом, $\gamma = l \cdot \frac{H}{D} + \rho$.

Для ускорения выделения влаги в пюре, создаваемом с помощью миксера, пюре размещалось на паддонах по толщине соответствующего слоя и применялся режим предварительной обработки в СВЧ электромагнитном поле. Перенос влаги в капиллярно-пористых структурированных изделиях в газовую среду под воздействием электромагнитного поля зависит от градиента вытеснения влаги на границах раздела фаз. Соответственно, изменение содержания влаги в продукте или, в общем случае, расход вещества выражаем с помощью следующего уравнения:

$$\frac{dW}{F d\tau} = \pm K \rho_{\text{пр}} \left(\frac{dX}{dl} + \sigma \frac{dt}{dl} \right), \quad (4)$$

здесь: W – влажность, кг; $K = f(x, t)$ – коэффициент массопередачи $\text{m}^2/\text{с}$; t – температура продукта, $^{\circ}\text{C}$; $\rho_{\text{пр}}$ – плотность продукта, kg/m^3 ; F – поверхность теплопередачи, m^2 ; σ – кинетический коэффициент тепло- и влагопереноса, т.е. характеризует функцию концентрации влаги и температуры окружающей среды, grad^{-1} ; X – влагосодержание, (кг/кг); τ – длительность процесса, с; l – изменение концентрации продукта по нормал, м.

Коэффициенты K и σ являются функциями влажности и температуры продукта. Поэтому, если описывать перемещение влаги из одного слоя в другой во внутренней структуре изделия на основе закона движения тепла, то согласно закону теплопроводности Фурье:

$$\frac{dQ}{F d\tau} = -\lambda \frac{dt}{dl} \quad (5)$$

здесь: λ – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^{\circ}\text{C}$; Q – количество тепла, кДж.

Если предположить, что влажность продукта изменяется экспоненциально в процессе первичной обработки, обезвоживания и сушки в сверхвысокочастотном электромагнитном поле, то можно выразить изменение влажности за единицу времени следующей формулой:

$$\frac{\ln(W_n - W_k) - \ln(W - W_k)}{\tau_c - \tau_o} = k_1 \quad (6)$$

здесь: W_n, W, W_k - начальная, текущая и конечная влажность продукта, %; τ_o - отсчитывается с минуты начала обработки (время достижения предела равновесной влажности), сек; τ_c - продолжительность сушки от начальной до равновесной влажности, сек. Коэффициент сушки k_1 является функцией толщины δ обрабатываемого образца.

Соответственно, изменение влажности продукта за единицу времени выражаем следующим соотношением:

$$\lg u = \lg \frac{W - W_k}{W_n - W_k} = f(\tau) \quad (7)$$

С помощью уравнений (6) и (7) определяем длительность процесса изменения влажности в сечении толщины слоя при переменном значении текущей влажности α в каждой точке:

$$\tau = \frac{1}{k_1} \ln \frac{W - W_p}{W_n - W_p} \quad (8)$$

Используя выше приведенные уравнения, определена продолжительность начального процесса дегидратации пастилы под воздействием сверхвысокочастотного (СВЧ) поля и получены функции $\ln(W - W_p) = f(\tau)$ и $\lg(W - W_p)/(W_n - W_p) = f(\tau)$, выражающие изменение влагосодержания по толщине слоя продукта (рисунок 9).

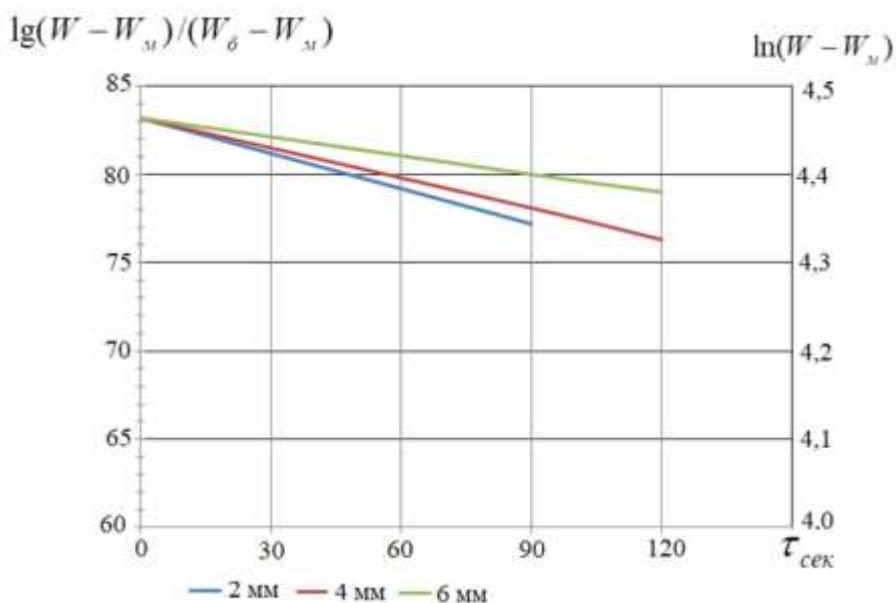


Рисунок 9. Изменение влажности пастилы во времени под воздействием СВЧ-поля

Как видно из графика, при обработке пастилы с начальной влажностью 83,2% и толщиной слоя 2 мм под воздействием СВЧ поля в течение 90 секунд влажность образца снижается на 6 %, а конечная влажность составляет 77,2%. Влажность пастилы толщиной 4 мм уменьшается на 5,1 % в течение 120 секунд и конечная влажность составляет 78,1 %, а количество влаги, выделившейся за 120 секунд из образца толщиной 6 мм, составляет 3,1%. Результаты для функций логарифмической зависимости следующие:

кривая “1”- $\delta = 2\text{мм}; \ln = 4,35; \tau = 90 \text{ сек}, T = 65^\circ\text{C}, W_0 = 77,2\%$

кривая “2”- $\delta = 4\text{мм}; \ln = 4,32; \tau = 120 \text{ сек}, T = 72^\circ\text{C}, W_0 = 78,1\%$

кривая “3”- $\delta = 6\text{мм}; \ln = 4,36; \tau = 120 \text{ сек}, T = 78^\circ\text{C}, W_0 = 80,1\%$

Заключительным этапом переработки фруктовых и овощных пюре является процесс сушки, на котором были разработаны дифференциальные уравнения, характеризующие распределение влаги и тепла по элементарным слоям образцов.

Составлены уравнения материального и теплового баланса процесса сушки, разработаны дифференциальные уравнения, описывающие количество тепла, выделяющегося из продукта, а также динамику изменения температуры и влажности во всем объеме и по слоям высушиваемого продукта во времени. Количество тепла, выделяющегося из пастилы:

$$Q_{\text{чиск}} = -\frac{\lambda \cdot F_s}{h_k} \cdot (t_1 - t_2) \quad (9)$$

здесь: λ - коэффициент теплопередачи, (Вт/м.К); t_1, t_2 - начальная и конечная температура продукта, $^\circ\text{C}$; h_k - толщина слоя, мм.

Система дифференциальных уравнений, описывающая скорости изменения температуры и влажности во времени по всему объему продукта и в квазислоях, имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dt}{d\tau} = \frac{[q + \alpha \cdot F_s \cdot (t_e - t_1) - \frac{\lambda \cdot F_s}{\Delta h} \cdot (t_1 - t_2)]}{m \cdot c} \\ \frac{dt_1}{d\tau} = \frac{[q_1 + \alpha \cdot F_s \cdot (t_e - t_1) - \frac{\lambda \cdot F_s}{\Delta h} \cdot (t_1 - t_2)]}{m \cdot c} \\ \frac{dt_i}{d\tau} = \frac{[q_i - \frac{\lambda \cdot F_s}{dh} \cdot (t_{i-1} - 2t_i + t_{i+1})]}{m \cdot c} \\ \frac{dt_{i5}}{d\tau} = \frac{[q_{i5} - \frac{\lambda \cdot F_s}{dh} \cdot (t_4 - t_5) - \alpha_n \cdot F_n \cdot (t_5 - t_n)]}{m \cdot c} \end{array} \right. - G \cdot it \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dw_k}{d\tau} = \frac{(-\beta \cdot F_s \cdot (X_k - X_p) + KDt \cdot F_s / dh \cdot (X_1 - X_k))}{m_k} \\ \frac{dX_1}{d\tau} = \frac{(-\beta \cdot F_s \cdot (X_1 - X_p) + KDt \cdot (X_2 - X_1))}{m} \cdot (1 - X_1)^2 \\ \frac{dX_i}{d\tau} = \frac{(KDt \cdot F_s / dh \cdot (X_{i-1} - 2X_i + X_{i+1}))}{m} \\ \frac{dX_5}{d\tau} = \frac{KDt \cdot (X_{i+1} - X_5)}{m} \cdot (1 - X_5)^2 \end{array} \right. \quad (11)$$

На основе разработанной математической модели в программном пакете MATLAB были построены графики (рисунок 10), отображающие продолжительности процесса сушки, изменение влажности и температуры во времени.

Как видно из графика, продолжительность процесса сушки плодовоовощной пастилы составляет 440÷450 минут, предел равновесной

влажности продукта составляет $18,1 \div 18,2\%$, а средняя температура по слоям продукта составляет $65 \div 67^\circ\text{C}$.

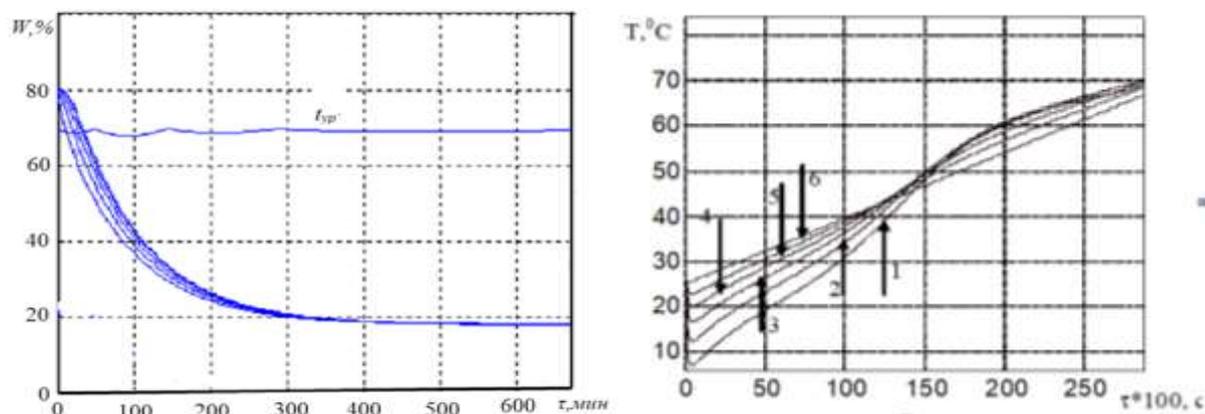


Рисунок 10. Кривые сушки и изменения температуры пастилы

В четвертой главе диссертации под названием «Технологические параметры и показатели экономической эффективности процесса подготовки и сушки пастильного сырья» разработаны рекомендации по промышленному внедрению технологической линии приготовления пюре и производства сушеной пастилы на основе оптимальных модульных соотношений фруктов и овощей.

В предлагаемой сушильной установке экспериментально изучены пределы изменения начальной и конечной толщины слоя и влажности плодоовощной пастилы. Продолжительность сушки пастилы при толщине слоя 4 мм составила 5,5-6 часов, температура $68-71^\circ\text{C}$, толщина высушенной пастилы $1,2 \pm 0,1$ мм, равновесная влажность составляла $19,1 \pm 0,2\%$. Также оптимальные значения этих параметров были определены на основе экспериментов для образцов с толщиной слоя 6, 8, 10 мм. Проведены расчеты по количеству сырья, себестоимости и расходу электроэнергии на производство одной тонны готовой фруктово-овощной пастилы, определены показатели, характеризующие эффективность технологической системы. В исследовании для расчета экономических показателей процесса получения пастилы путем высушивания пюре, приготовленного из смеси различных фруктов и овощей, цена 1 кг продукции, произведенной в течение 2024 года, принималась следующей. 1 кг яблок 4200 сум, персиков 5300 сум, абрикосов 6000 сум, сливы 6400 сум и свеклы 3800 сум. С учетом деятельности производственного предприятия доход от реализации составляет 202 477 000 сум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании экспериментов определены количественные соотношения допустимых модульных соотношений фруктов и овощей, изучены гидродинамические закономерности процесса смешивания для получения пастильной массы (пюре) и необходимость обеспечения турбулентной структуры потока в процессе смешивания.

2. Получены графики, отображающие зависимость эффективности образования пастильной массы от числа оборотов рабочего органа смесителя, его конструкции и продолжительности процесса смешивания.

3. В составе сырья, входящего в состав капиллярно-пористой структуры, заложены режимы предварительной обработки на основе электромагнитного поля СВЧ с целью разрушения клеток, удерживающих капли жидкости, и ускорения обмена веществ.

4. Для сушки пастилы разработана экспериментальная установка, основанная на методе контактного теплообмена и оснащенная автоматической системой управления, работающей под вакуумом. Разработан многофакторный план эксперимента и получены кривые зависимости процесса сушки и скорости сушки от допустимых предельных значений факторов, влияющих на процесс сушки пастильной массы.

5. Разработаны рекомендации по получению сушеных пастилок с мягкой консистенцией и пластичной структурой на основе оптимальной модульной смеси фруктов и овощей («яблоко+абрикос+свекла»; «яблоко+морковь+свекла»; «яблоко+персик+свекла»).

6. С использованием модели идеального смешивания была разработана математическая модель, описывающая процесс смешивания. Разработана математическая модель процесса сушки пастилы, а также построены графические и компьютерные модели на базе программы MATLAB, отображающие изменение влажности и температуры в квазислоях продукта.

7. Разработана технологическая схема процесса производства сушеных пастилок, и на основании проведенных исследований по многофакторному плану эксперимента получено в среднем 27-30 кг (15÷17%) пастилок с содержанием сухих веществ 75% из 180 кг пюре.

8. Опытно-промышленные испытания проводились в производственных условиях СП “Gala River” и ООО “Livadiya Bukhara”. Рассчитаны расход сырья, капитальные и амортизационные затраты на производство 1 тонны пастилы в производственных условиях. По результатам испытаний признано, что предлагаемое нетрадиционное сушильное устройство малой производительности для сушки фруктов и овощей имеет высокую эффективность с точки зрения энергопотребления. Эффективность внедрения базируется на обеспечении минимальных энергозатрат, разработке и реализации оптимальных режимов работы системы сушки, сохранении биологически активных веществ в составе высушенного продукта.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/28.02.2022.T.101.01 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT BUKHARA STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

NAVOI STATE UNIVERSITY

KHOLIQOV MUKHRIDDIN

**IMPROVING THE DRYING PROCESS IN THE PRODUCTION OF
FRUIT AND VEGETABLE PASTILLES**

02.00.16 – Processes and apparatus of chemical technologies and food production

**DISSERTATION ABSTRACT of the doctor of philosophy (PhD)
ON THE TECHNICAL SCIENCES**

Bukhara–2025

The topic of the dissertation for the degree a Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences was registered by the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan B2025.3.PhD/T4602.

The doctoral dissertation has been prepared at the Navoi state university.

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) has been placed on the website of the Scientific Council (www.bstu.uz) and on the website of "ZiyoNet" information and educational portal (www.ziyo.net).

Scientific advisor:

Djuraev Khayrullo

doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Kurbonov Jamshed

doctor of technical sciences, professor

Barakayev Nusratilla

doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Namangan State Technical University

The dissertation defense will take place on 5 december 2025 at 9⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific Council DSc.03/28.02.2022.T.101.01 on awarding scientific degrees at Bukhara state technical university (Address: 200117, 15. Q.Murtazoyev street, Bukhara. Phone: (998 65) 223-78-84, Fax: (998 65) 223-78-84, e-mail: bmti_info@edu.uz)

The dissertation is available at the Information resource center of Bukhara state technical university (registered under the number 402). (Address: 200117, 15. Q.Murtazaev street, Bukhara. Phone: (+99865) 223-78-84).

The disseretation abstract is distributed on 21 november 2025.

(Mailing report № 13, on 9 september 2025).



S.F. Fozilov

Deputy Chairman of the Scientific Council on awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

A.T. Oltiev

Scientific Secretary of Scientific Council, on awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, associate professor

I.B. Isabaev

Chairman of the Academic Seminar under the Scientific Council on awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research is to improve the drying process in the production of fruit and vegetable pastille.

The object of the research is fruits and vegetables grown in agricultural areas with high humidity, soft flesh, and unsuitable for drying.

The scientific novelty of dissertational research is as follows:

the granularity of fruit and vegetable puree is based on the dependence of the modular ratio of the mixture, the intensity of the mixing process, the design of the working body, the mixing trajectory of the raw material in the center $0 \leq r \leq r_m$ and on the sides of the device $r_m \leq r \leq D/r$;

in order to accelerate the release of moisture from the pastille, preserve microelements, vitamins, and increase the shelf life of the finished product, the processing modes of fruit and vegetable puree in a high-frequency electromagnetic field of 2450 MHz at a power of 400, 600, 800 W at the stage of initial dehydration are based on;

a mathematical model has been developed that expresses the laws of ideal mixing in the preparation of fruit and vegetable puree, moisture and temperature changes during the initial dehydration and drying stages;

based on the research, an optimal design of a drying device operating in a vacuum system based on the principle of contact heat transfer has been developed.

Implementation of research results.

Based on the scientific findings obtained in improving the drying process in the production of fruit and vegetable pastille:

A combined drying device for preparing fruit and vegetable puree, primary dehydration and obtaining pastilles was implemented at the “Gala River” joint venture (Reference No. 19-40/04-25 of the Food Industry Association of Uzbekistan dated 19.04.2025). As a result, the production of dried pastilles with the same degree of granularity and a reduction in the duration of the drying process by 1.3-1.5 times were achieved;

A drying device for drying pastilles based on the principle of contact heat transfer, operating in a vacuum system, was implemented at “LIVADIYA BUKHARA” LLC (Reference No. 19-40/04-25 of the Food Industry Association of Uzbekistan dated 19.04.2025). The result was a soft, light red, and dark red pastille.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references and application. The volume of the dissertation is 112 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLICATIONS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Xoliqov M. M., Djurayev Kh.F., Nasirova SH. N. The importance of improving the drying processes of fruit and vegetable pastilles // «Universum: технические науки» электронный научный журнал. -2022. 4-7-б. (02.00.00; №1).
2. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. Improvement of drying processes for fruit and vegetable pastilles // Procedia of Theoretical and Applied Sciences. -2023. P. 89-90. (Journal of impact Factor-8.2).
3. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. Competitive Advantages of Products of the Fruit and Vegetable Network // International Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology.-2023. -P.1-3. (Journal of impact Factor-8.1).
4. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. A systematic analysis of fruit and vegetable paste drying // International multidisciplinary journal for research development.-2023. -P. 48-49. (Journal of impact Factor-8).
5. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. Efficiency Indicators of the Drying Process of Agricultural Products // Journal of Innovative Studies of Engineering Science (JISES). -2023. P.133-134. (Journal of impact Factor-10.43).
6. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. Fruit drying methods and their useful features // Modern Scientific Research International Scientific Journal.-2023. - P.157-161. (Journal of impact Factor-8.4).
7. Xoliqov M. M., Djurayev Kh.F., Nasirova SH. N. Prospects of the process of drying agricultural products // World of Scientific news in Science International Journal. -2024. -P.911-914. (Journal of impact Factor-8.1).
8. Kholiqov. M. M., Djuraev Kh. F. Важность использования эффективных технологий в процессе сушки фруктовых и овощных пастилок. // «Universum: технические науки» электронный научный журнал. -2024. -60-62-б. (02.00.00; №1).
9. Xoliqov M. M., Djurayev Kh.F. The effectiveness of technology for drying fruits and vegetables pastilla // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training.- 2024. -P.40-44. (05.00.00; №26).
10. Xoliqov M. M., Djurayev Kh.F. The importance of systematic analysis in the drying process of fruit and vegetable pastilla // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. -2024. -P.95-100. (05.00.00; №33).

II bo'lim (II часть; part II)

11. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. Meva va sabzavotli pastillalarni quritish jarayonlarini takomillashtirish samaradorligi // “Raqqamli texnologiyalarning Yangi O‘zbekiston rivojiga ta’siri” xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. -2023. 21-iyun. 278-280-b.

12. Xoliqov M. M. Qishloq xo'jalik mahsulotlarini rivojlanish omillari. // "Raqqamli texnologiyalarning Yangi O'zbekiston rivojiga ta'siri" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. -2023. 21-iyun. 280-282-b.

13. Xoliqov M. M. Efficiency of fruit drying technology // International scientific and practical conference "trends of modern science and practice" -2024. pp. 49-52

14. Xoliqov M. M. Meva va sabzavotlar pastilasini tayyorlashda dastlabki suvsizlantirish va quritish usullarini qo'llash istiqbollari // "Zamonaviy taraqqiyotda ilm-fan va madaniyatning o'rni" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi.-2024. 49-52-b.

15. Xoliqov M. M., Djurayev Kh.F., Nasirova SH. N. Technology of storage of fruit and vegetable products // "Reforms for progress and achieving results" International Open Conference.- 2024. pp.-1-4.

16. Xoliqov M. M., Nasirova SH. N. Mamlakat iqtisodiyotida meva-sabzavotchilik sohasini rivojlantirishning ahamiyati // "O'zbekiston rivojlanish taraqqiyotida xotin-qizlarning o'rni" respublika ilmiy konferensiya. 2024. 31-32-b.

17. Xoliqov M. M., Djurayev Kh.F., Tillaev M., Khamrayeva D. Mathematical modeling of the pastilla jam drying process // IV International Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education (ASEDU-IV-2024). -2024. 29-31may. pp.-1-8.

Avtoreferat "Dunona" nashriyotida tahrirdan o'tkazildi hamda o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarning mosligi tekshirildi.



Bosishga ruxsat etildi: 17.11.2025-yil. Bichimi 60x84 ¹/₁₆,
"Times New Roman" garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3. Adadi: 100 nusxa. Buyurtma № 363.

Guvohnoma AI №178. 08.12.2010.
"Sadridin Salim Buxoriy" MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Buxoro shahri, M.Iqbol ko'chasi, 11-uy. Tel.: 65 221-26-45

