

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 16.07.2017.Т.04.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ  
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**КУРБАНОВА МАДИНА ЖАМШЕДОВНА**

**ИССИҚЛИК-МАССААЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ  
БОШЛАНҒИЧ ИМПУЛЬСЛИ ЭНЕРГИЯ БЕРИБ  
ЖАДАЛЛАШТИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат  
ишлаб чиқариш жараёнлари ва аппаратлари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент - 2018**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам  
Content of the dissertation abstract of doctor of Philosophy(PhD)on technical  
sciences**

**Курбанова Мадина Жамshedовна**

Иссиқлик-масса алмашинуиш жараёнларини бошланғич импульсли энергия  
бериб жадаллаштириш.....3

**Курбанова Мадина Жамshedовна**

Интенсификации тепло-массообменных процессов начальным  
импульсным энергоподводом .....21

**Kurbanova Madina Jamshedovna**

Intensification of heat-mass exchanging processes by the initial pulse  
energy supply.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....42

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 16.07.2017.Т.04.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ  
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

**КУРБАНОВА МАДИНА ЖАМШЕДОВНА**

**ИССИҚЛИК-МАССААЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ  
БОШЛАНҒИЧ ИМПУЛЬСЛИ ЭНЕРГИЯ БЕРИБ  
ЖАДАЛЛАШТИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат  
ишлаб чиқариш жараёнлари ва аппаратлари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент - 2018**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.PhD/Т234 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати икки тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) веб-саҳифада (www.tkti.uz) манзилига ҳамда “Ziyonet” ахборот-таълим портали (www.ziyonet.uz) манзилига жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Додаев Қўчқор Одилович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Баракаев Нусратилла Раджабович**  
техника фанлари доктори, доцент

**Ғафуров Карим Ҳакимович**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

И.Каримов номидаги Тошкент давлат  
техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc 27.06.2017.Т.04.01 рақамли Илмий кенгаш асосидаги бир марталик Илмий кенгаш «\_\_»\_\_\_\_\_2018 йил соат\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: tkti\_info@mail.ru. Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент ш., А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-21).

Диссертация автореферати 2018 йил «\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.

(2018 йил “\_\_” \_\_\_\_\_даги рақамли реестр баённомаси)

**С.М.Туробжонов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси  
т.ф.д., профессор

**А.С.Ибодуллаев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби  
т.ф.д., профессор

**Ҳ.С.Нурмухамедов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги  
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори(PhD) диссертацияси аннотацияси)**

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда дунё миқёсида «мева ва сабзавот етиштириш жадал суръатларда ўсиб бормоқда. Бунда Хитой, Ҳиндистон, АҚШ давлатлари етакчилик қиляпти. Сўнгги 10 йилда мева-сабзавот маҳсулотларини экспорт қилиш 10 мартага, экспорт қиймат кўринишида 12 мартага ошди»<sup>1</sup>. Шу сабабга кўра барча мева-сабзавотларни қайта ишлаш ва улардан яримтайёр ва тайёр озиқ-овқат маҳсулотлари олиш йўналишлари бўйича илмий тадқиқотлар ривожланмоқда.

Бугунги кунда жаҳон миқёсида инсоннинг кундалик овқатланиши рационалда табиий витаминлар, микро- ва макроэлементларга бой бўлган мева-сабзавотлар, жумладан қуритилган олма ва олхўри, картошка ва сабзини ва унинг қайта ишланган маҳсулотларини замонавий технологиялар ёрдамида ишлаб чиқариш, бунда табиий компонентларни максимал сақлаб қолиш, шунингдек маҳсулотларнинг истеъмолбоплик сифатларини яхшилаш, уларнинг озуқавий хавфсизлиги ва биологик қийматини ошириш, сифатли қуритилган мева ва сабзавотлар олиш технологияларини ишлаб чиқиш йўналишларида илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Мамлакатимиз мустақилликка эришгач қишлоқ хўжалигини ривожлантириш ва қишлоқ хўжалиги хомашёларини қайта ишлаш технологик жараёнларини такомиллаштириш ва янгиларини яратиш бўйича муайян натижаларга эришилди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси «қишлоқ хўжалигини модернизация қилиш, қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқаришни изчил ривожлантириш, мамлакатимиз озиқ-овқат хавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш, қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини чуқур қайта ишлаш»<sup>2</sup> вазифалари белгилаб берилган. Бу борада табиий компонентлари юқори даражада сақланган витамин, углевод, минерал моддаларга бой мева-сабзавотларни қуритиш ва экспортбоп қилиб қадоқлашга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йил 12 апрелдаги ПҚ-2520 сон «Мева-сабзавот маҳсулотлари, картошка ва полиз экинларини сотиб олиш ва фойдаланиш тизимини такомиллаштириш бўйича тадбирлар тўғрисида»ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 6 январдаги ПҚ-2716 сонли «2017-2018 йилларда мева-сабзавот маҳсулотларини сақлаш ва чуқур қайта ишлаш қувватларини ташкил этишни ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги фармон ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларини амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

<sup>1</sup><http://www.ozon.ru/context/detail/id/5150020/>

<sup>2</sup>Ўзбекистон Республикаси президентининг 2017 йил 7 февральдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон фармони

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот иши республика фан ва технологиялар тараққиётининг V «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ўсимлик маҳсулотларини қуритиш бўйича А.С.Гинзбург, В.В.Красников, С.Г.Ильясов, И.А.Рогов, А.М.Остапенков, К.Г.Милицер, Р.Штраус, З.С.Салимов, Н.Р.Юсупбеков, О.Ф.Сафаров, Х.С.Нурмухамедов, Ж.М.Қурбонов ва бошқа каби етакчи олимлар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Бу борада мева-сабзавотни қайта ишлаш, қуритиш, пишириш, десорбция, сорбция ва бошқа жараёнларда иссиқлик-массаалмашинишни жадаллаштириш муаммоларини ечишда бошланғич импульс энергияси билан ишлов бериш усулидан фойдаланишга бағишланган ишланмалар бўйича эришилган натижалар ишлаб чиқаришга жорий этилган.

Шу билан бирга кенг ассортиментдаги, табиий физик-кимёвий хоссалари сақланган, талаб этилган шаклга эга қуритилган маҳсулот олиш имконини берувчи электрофизикавий, иссиқлик, биотехнология жараёнлари таъсирларидан технологик жараённи жадаллаштиришда фойдаланиш, мазкур тадқиқотлар йўналишларини белгилаш борасида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИТД-5-065 «Кимёвий ва озик-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун ресурсларни тежовчи, экологик хавфсиз технологияларни ишлаб чиқиш» (2018-2020 йй), ИТД-9-20 «Гўшт саноати учун маҳаллий хомашёдан экологик тоза, янги турдаги биологик фаол қўшимчаларни ишлаб чиқариш технологиясини ишлаб чиқиш» (2012-2014 йй), ОТ-А12-20 «Ўсимлик хомашёсини қайта ишлашдаги чикитлардан биологик фаол қўшимчаларни комплекс олиш технологиясини такомиллаштириш» (2017-2018 йй) фундаментал ва инновацион лойиҳалари доирасида бажарилди.

**Тадқиқотнинг мақсади** мева-сабзавотни қуритишдаги иссиқлик-массаалмашиниш жараёнларини электромагнит майдон импульслари таъсири асосида жадаллаштириш ва юқори самарали аппаратларни ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

бошланғич импульс ёрдамида мева-сабзавотларни қуритиш жараёнини жадаллаштиришда структуравий-механик хусусиятларни ҳисобга олган ҳолда иссиқлик-массаалмашиниш жараёнларини математик моделини яратиш;

бирламчи бошланғич импульс билан ишлов бериб қуритилган мева ва сабзавотларнинг физик-кимёвий хоссаларини аниқлаш;

мева-сабзавотларни конвектив дудлаш, бланширлаш, ЎЮЧ-конвектив, ИҚ-конвектив, ИҚ-ЎЮЧ, ИҚ-ЎЮЧ-вакуум каби бошланғич таъсир кўрсатиб, қуритиш жараёнини жадаллаштириш ва параметрларини аниқлаш;

олинган натижалар асосида мева ва сабзавотларни қуритиш янги технологияси ва машинасини такомиллаштириш.

**Тадқиқотнинг объекти** турли физик-механик тавсифга эга бўлган қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари: олма, олхўри, ўрик, картошка, сабзи.

**Тадқиқотнинг предмети** камерали, конвектив дудлаш ёки бланширлаш, ЎЮЧ-конвектив, ИҚ–конвектив, ИҚ-ЎЮЧ, ИҚ-ЎЮЧ-вакуум каби бошланғич импульс бериб қуритиш жараёнлари.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Ишда гравиметрия, термометрия, маҳсулотдаги қолдиқ намликни аниқлашнинг структуравий-механик усуллари қўлланилган. Технологик жараёнларнинг математик моделлаштириш ва оптималлаштириш усули қўлланилган. Математик моделларнинг реал жараёнга адекватлиги физикавий моделларда экспериментлар орқали исботланган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

маҳсулотларга бошланғич электромагнит майдони импульси билан ишлов бериб қуритиш жараёнлари тавсифлари шакллантирилган, гигротермик жараён ҳисобланган мева-сабзавотларни қуритиш жараёнига бошланғич импульс таъсирининг самарали қўлланиш таъсири аниқланган;

бошланғич импульснинг қуритиш жараёнидан фарқли юқори жадал жараён эканлиги ва қисқа таъсир вақтида материалга максимал мумкин бўлган ҳароратни, намлиги ва босимининг ўсиши жиҳатидан структуравий-механик хусусиятининг ўзгариши исботланган;

ички иситиш манбали жараён таъсирини нисбатан тўлиқ тавсифловчи (ЎЮЧ, ИҚ ва б.) юқори жадал жараён ва қурилмада конвектив қуритиш математик модели ҳамда бошланғич ва тугал қуритиш жараёни даври мева-сабзавотларни структуравий-механик хусусияти ўзгариши математик модели яратилган;

биринчи ва иккинчи қуритиш даврида қуритиш объектининг структуравий-механик хоссалари, мева-сабзавотларнинг кучланиш таъсиридаги турли ҳолатлари учун бирлашган дифференциал тенгламалари ишлаб чиқилган;

мева ва сабзавотларни қуритиш технологик жараёни ва қурилмаси такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари:**

ЎЮЧ-бошланғич импульсли универсал конвектив қуритгич, шунингдек ИҚ-бошланғич импульсли ривожланган турбулент конвектив қуритиш қурилмаси яратилган;

олма, ўрик, олхўри, картошка ва сабзини қуритиш жараёнларини ташкил этиш бўйича рационал мос қуритиш услубларини топиш ва конструктив таклифлар ишлаб чиқиш мақсадли асосланган;

бошланғич импульсли усулда олма, олхўри, картошка, сабзи маҳсулотларининг рационал қуритиш режимлари яратилган;

қуритилган маҳсулотларни структуравий-механик хусусиятларининг яхшиланиши ва қуритиш вақтининг қисқартирилишини экспериментал тасдиқлаш усули яратилган;

қуритиш объектларини бошланғич импульсли қайта ишлов режими ва рационал параметрлари шакллантирилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** экспериментал натижаларни олишда юқори аниқликдаги намлик анализаторлари, аналитик электрон тарозилардан фойдаланилганлиги, MATLAB6.5, STATISTICA6.0 каби замонавий компьютер дастурлари, WindowsXP, Microsoft Excel каби операцион муҳитлардан фойдаланилган, математик моделларнинг аниқлиги ва қўрилаётган соҳа бўйича уларни баҳолаш мезонларининг адекватлиги,

ўтказилган тадқиқотларнинг ижобий натижалари ва уларнинг реал ишлаб чиқариш маълумотлари билан қиёсий таҳлилига кўра асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, мева сабзавотларни қуритиш жараёнини бошланғич импульс билан жадаллаштирилиш, иссиқлик массаалмашиниш назариясини ривожлантириш ЎЮЧ ва ИҚ диапазондаги электромагнит майдон энергиясининг асосий параметрлари аналитик тарзда ўрганиш, турли бошланғич импульс бериш қурилмаларини яратиш босқичида уларнинг физик-кимёвий ва структуравий-механик хоссаларини инобатга олган ҳолда бошқариш усуллари яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти жараённинг математик модели яратилиб, мева-сабзавотларга, бошланғич импульс билан ишлов бериш орқали қуритишнинг турли методларининг рационал режимлари тавсия этилган ва улар асосида қуритиш билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Мевалардан олма ва олхўри, сабзавотлардан картошка ва сабзини бошланғич импульс билан дастлабки ишлов бериб қуритиш бўйича олинган натижалар асосида:

«Ўзстандарт» агентлиги томонидан тасдиқланган «Мева ва сабзавотларни қуритиш» техник шартларига (Ts22313254-02:2014.) қўшимча йўриқнома киритилган (ТИ64-23425648-01:2015). Натижада мева ва сабзавотларни қуритишда иссиқлик-массаалмашиниш жараёнлари бошланғич импульсли энергия бериб жадаллаштириш имконини берган;

маҳсулотга даставвал бошланғич импульс бериб, сўнгра қуритиш учун универсал камерали турбулизацияли қуритгич конструкцияси «SAM-AGRO-STAR» МЧЖда ишлаб чиқаришга жорий қилинган («Ўзбеккозиқовқатхолдинг» ХК 2017 йилнинг 24 ноябридаги АС/05-2-3570-сон маълумотномаси). Натижада қуритиш жараёнининг тезлиги ошиш, маҳсулот устки қатламнинг деформацияланишини камайиши, энергияни тежалиш имконини берган;

мева ва сабзавотларни қуритиш технологияси ва қурилмасини «AGROMIR-KONCERVA» МЧЖ ҚК, «SAM-AGRO-STAR» МЧЖ ва «SIYOB SAXOVATI» МЧЖ ҚК-да амалиётга жорий этилган («Ўзбеккозиқовқатхолдинг» ХК 2017 йилнинг 24 ноябридаги АС/05-2-3570-сон маълумотномаси). Натижада қуритилган маҳсулот ишлаб чиқариш самарадорлиги анъанавий усулга нисбатан 12-16%-га ошиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 6 халқаро ва 2 республика илмий-амалий конференцияларида маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича 18 та илмий ишлар, жумладан 1та монография, 11та илмий мақола ОАК тавсия этган журналларда (шундан 7таси чет эл нашрларида), 6 та халқаро ва Республика миқёсидаги анжуманлар материалида эълон қилинган.

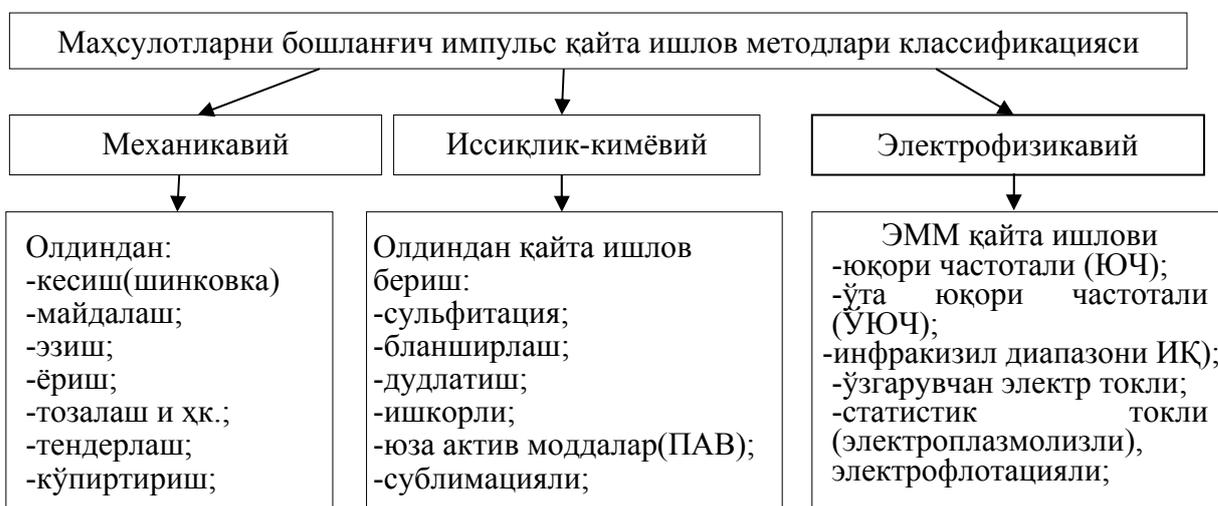
**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Асосий матнли материаллари ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Мева ва сабзавотларни бошланғич импульс қайта ишлови маънавий таҳлили**» деб номланган биринчи боби адабий шарҳлардан иборат бўлиб, бунда ҳозирги вақтда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнлари изланишида уларга бошланғич импульс кўринишида ишлов бериш усуллари таснифи ишлаб чиқилди (1 расм).

Юзани иситиш тезлигини тавсифловчи коэффициентни ҳисоби ва иссиқлик-массаалмашилиш жараёнларини маҳсулотга бошланғич импульс беришни қўллаб жадаллаштириш назарияси ва амалиёти асосида, бошланғич импульс қуритиш жараёни юқори интенсив жараён бўлиб, материалга қисқа вақт давомида мумкин қадар максимал температура, намлик ва босимнинг ўсишини таъминлайди, натижада структуравий-механик хусусиятларининг ўсиши исбот қилинди ва мева сабзавотларни қуритиш жараёни гигротермик қайта ишловида самарали қўллаш мумкинлиги аниқланди.



**1-расм. Маҳсулотларга бошланғич импульс билан ишлов бериш усуллари таснифи**

Диссертациянинг «**Иссиқлик массаалмашилиш жараёнларини бошланғич импульс билан жадаллаштиришни математик моделлаштириш**» деб номланган иккинчи бобида мева ва сабзавотларни қуритишнинг биринчи даври учун, бошланғич импульс (ЎЮЧ, ИҚ ва ҳ.к.) иситиш механизмини ёзишда, А.В.Лыков ишлаб чиқган иссиқлик-массаалмашилиш дифференциал тенгламалар тизимининг айрим мумкин бўлган қисқартиришлари билан,

В.М.Башмаковнинг озиқ-овқат махсулотларини радиацион иситиш кинетикасини яқинлаштирилган ечим методи қўлланилди:

$$\frac{dt}{d\tau} = a\nabla^2 t + \frac{Q_v}{c_{\rho_0}} \quad (1); \quad \frac{dU}{d\tau} = a_{m_2} \nabla^2 U + \mu \frac{dU}{d\tau} \quad (2) \quad \frac{dP}{d\tau} = -\frac{\mu}{c_{\text{вЛ}}} \cdot \frac{dU}{d\tau} \quad (3)$$

1. Қуйидаги чегаравий шартларда (1) тенглама ечилади

$$a) t(0, \tau) = 0; U(0, \tau) = 0; P(0, \tau) = 0 \quad (4)$$

$$б) t_x(0, \tau) = 0; U_x(0, \tau) = 0; P_x(0, \tau) = 0$$

бунда,  $x$  индекси намуна қалинлиги бўйича дифференциаллашни кўрсатади.  $x$  қиймати катта бўлганда (қалин намунада) ифода соддалашади:

$$\bar{t}(x\tau) \approx \frac{A}{R^2 a} (e^{aR^2\tau} - 1)e^{-Rx} \quad (5)$$

$\tau$  - иситишнинг бошланғич даври, қиймати кичик бўлганда (5) ифода қуйидаги кўринишни олади:

$$t(x\tau) \approx A\tau e^{-Rx} \quad (6)$$

Ушбу яқинлаштирилган (4) ва (6) тенгламаларни экспериментал эгри чизиқлар билан таққослаш орқали  $A$ ,  $R$  ва  $a$  параметрлари баҳоланади:

2. (2) тенгламанинг ечими:

$$\bar{U}(x, \tau) = \frac{U_0}{2} \left[ 1 - \Phi \left( \frac{x}{2\sqrt{a'\tau}} \right) \right] \quad (7)$$

$$\text{бунда } a' = \frac{a_{m_2}}{1-\mu} \quad (8)$$

3. (3) тенгламанинг ечими:

$$P(x, \tau) = \frac{P_0}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{x}{2\sqrt{a_p\tau}} \right) \right] \quad (9)$$

бунда:  $P_0$ -иситиш тугашидаги босим.

Биринчи, қисқа вақт давом этган, юқори температурали ўта жадал даврдан сўнг, қуритишнинг иккинчи даври учун, айрим ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги дифференциал тенгламалар системасини оламыз:

$$\frac{dU}{d\tau} = \frac{a_m}{\rho^2} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho^2 \frac{dU}{d\rho} \right) + \frac{a \cdot \delta}{\rho^2} \left( \rho^2 \frac{dt}{d\rho} \right) \quad (10); \quad \frac{dt}{d\tau} = \frac{a}{\rho^2} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho^2 \frac{dt}{d\rho} \right) + \frac{E \cdot q}{c_p} \frac{dU}{d\tau} \quad (11)$$

Бунда  $\alpha$ -иссиқлик бериш ва  $\beta$ -масса бериш коэффицентлари.

Бошланғич шартлар:

$$U(\rho, 0) = U_0; \quad t(\rho, 0) = t_0, \quad (12)$$

чегаравий шартлар:

$$-\lambda_m \frac{dU}{d\rho} \Big|_{\rho=R} = \beta(U)_{R-} - U_s) \quad (13); \quad -\lambda \frac{dt}{d\rho} \Big|_{\rho=R} = \alpha(t_s - t|_{R-}) \quad (14)$$

$$\frac{dU}{d\rho} \Big|_0 = 0 \quad (15); \quad \frac{dt}{d\rho} \Big|_0 = 0 \quad (16)$$

Бунда  $q$ -фазали ўтишнинг “яширин” иссиқлиги, (13) ва (14) чегаравий шартлар йўналтирилган масса ва иссиқлик оқимларининг қарама-қаршилигини ҳисобга олган ҳолда ёзилган.

(10) ва (11) тенгламаларни ечиб  $\bar{U}$  и  $\bar{t}$ -нинг ўртача қийматини топамиз:

$$\bar{U} = \frac{3}{R^3} \int_0^R U(\rho_1 \tau) \rho^2 d\rho \quad (17); \quad \bar{t} = \frac{3}{R^3} \int_0^R t(\rho_1 \tau) \rho^2 d\rho \quad (18)$$

Материалларнинг юқори интензив ва интензив сурагда қуритиш жараёнида унинг структуравий-механик хусусиятлари маълум даражада ўзгаради. Бу уларнинг шакли, ўлчамлари, тайёр маҳсулот сифатига таъсир этади.

Шунинг учун иссиқлик-массаалмашилиш жараёнларида мева ва сабзавотларни структуравий-механик (реологик) хусусиятлари ўзгаришини тадқиқ этиш имконини берувчи математик модели ишлаб чиқилди.

Бошланғич импульс таъсирида намуна деформацияланиши, қуритиш жараёнида кучланиш ва деформацияни боғловчи тенглама олиш ва математик моделини тузиш учун механик моделлари комбинациясидан фойдаландик.

Мева ва сабзавотларни қуритиш эгри чизигидан ҳамда термографик изланиш натижаларидан бир бутун жараённи кетма-кет уч даврга бўламиз, бунда ҳар бир даврда материал турли ҳарактерда бўлади. Жисмга ташқи ва ички кучни қўйилиши билан у ўзини худди суюқ ёки пластик, ёинки қаттиқ ҳолатда кўрсатади.

Қуритиш даври ҳолатлари тенгламалар комбинацияси методи билан бир бутун деформациянинг бошланғич импульсда ўзгариш тенграмаси олинди:

$$\dot{\gamma}_{\text{ини}} = \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_r) + \frac{\dot{t}}{G} \quad (19)$$

Мева ва сабзавотлар учун бошланғич импульс (БИ) вақтида  $\tau$ ,  $\gamma$  турлича таъсирини кўриб чиқамиз.

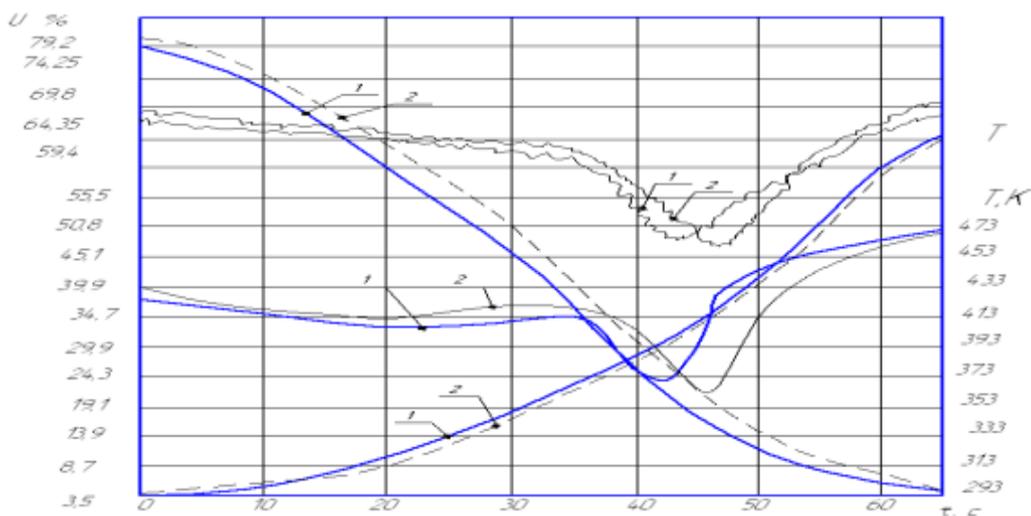
1. БИ вақтида мева ва сабзавотларда кучланиш доимий бўлсин  $\tau = \tau_0 = \text{const}$ , деформация вақт бўйича ривожлансин. Унда бошланғич импульснинг  $t=0$ ;  $\gamma = \gamma_0$  шартларида, унда  $C=\gamma_0$  ва доимий кучланишдаги ҳоҳлаган вақтдаги жисм деформациясини аниқловчи тенграмани оламиз.

$$\gamma = \gamma_0 + \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_r) \cdot t \quad (20)$$

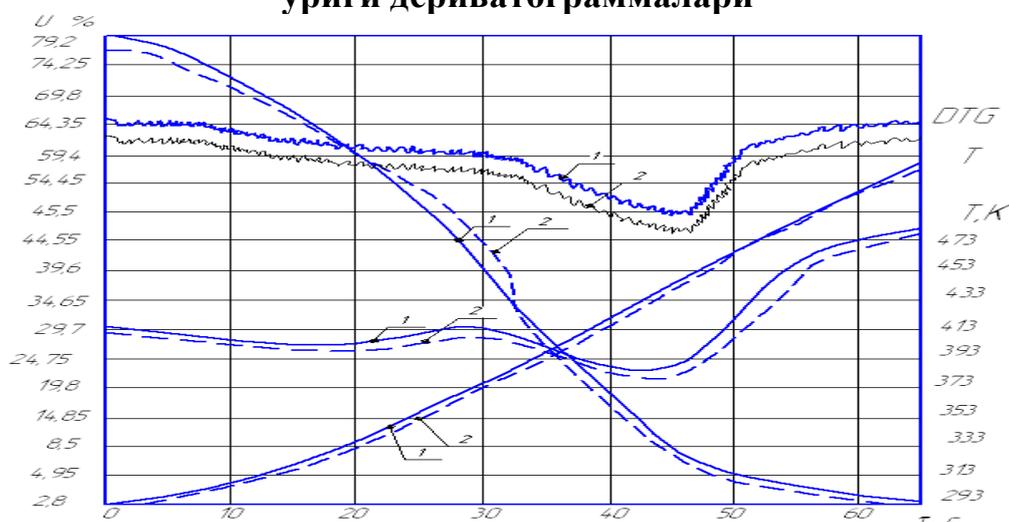
2. Мева ва сабзавотлар структурасининг тузилиши БИ вақтида доимий деформацияда ўтади, яъни  $\gamma = \text{const}$  ички уринмали кучланиш ривожланиши ҳисобида:  $\tau = \tau_0$  шартларда, яъни  $t=0$ ,  $t=\tau_0$ -да жисм кучланишининг ҳоҳлаган вақт  $t$  маълум  $G$  ва  $\eta$  даги тенграмани оламиз:

$$\tau = \tau_T + \tau_0 \exp\left(-\frac{2G}{\eta} t\right) \quad (21)$$

Диссертациянинг «**Мева ва сабзавотларни турли бошланғич импульс методларини қўллаш билан қуритиш жараёнининг экспериментал изланиши**» деб номланган учинчи бобида 2,3-расмларда ОД-103 дериватографда олинган ноизотермик кинетик натижа - дериватограммаси кўрсатилган.



**2-расм. «Исполинская» олхўриси ва «Юбилейный» ўриги дериватограммалари**



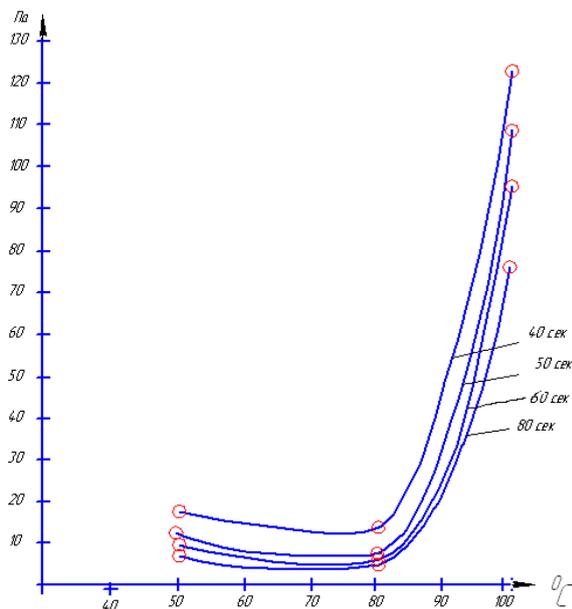
**3-расм. Картошка ва сабзи дериватограммалари**

Расмдан кўринаяптики, DTG эгри чизиғида оғирликнинг камайиши билан боғлиқ иккита чўққи мавжуд. Пунктир чизиқларнинг асосий линиядан пастга қараб кетиши оғирликнинг салбий томонга ўзгаришини билдиради. Оғирликнинг бундай камайиши 293К температурада бошланади, оғирлик камайишининг максимал тезлиги олхўри ва ўрик мевасида 360-366К, картошка ва сабзида 378-381К, меваларда 378-382К-да тўхтайди; картошка ва сабзида 396-398К амалда ўзгармас бўлиб, меваларда 382К, сабзавотларда 398К-да оғирликнинг камайиш тезлиги катъий равишда ўсади ва ўзининг максимал натижасини 460-468К ва 474-477К да тугатади. Бу билан мевалардан олма, олхўри, сабзавотлардан картошка ва сабзининг термик ўзгаришлари бўйича қуриштиш даврларининг чегаралари аниқланди: мевалар учун I-79,2 - 60,2%; II-60,7-34,6%; III-37,8-13,8%; сабзавотлар учун I-82,1-60,7%; II-60,7-32,7%; III-32,7-19,1%. Биринчи даврда асосан макрокапиллярлардаги намлик чиқарилади, иккинчи даврда мономеруляр ва учинчисида полимеруляр боғлиқликдаги намлик чиқарилади.

Мева ва сабзавотларнинг чегаравий кучланишини экспериментал

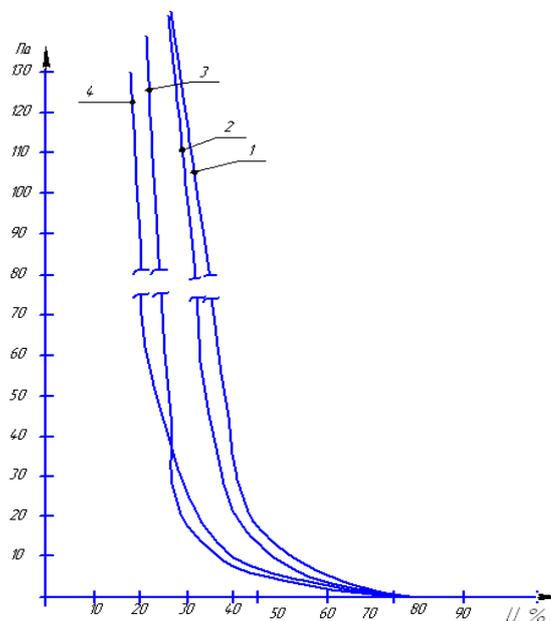
аниқлаш учун биз ўтказгич қаршилигига эга датчикли электротензометрик методдан фойдаландик (4,5- расм).

Кучланишнинг  $50^{\circ}\text{C}$  то  $80^{\circ}\text{C}$  температурагача боғлиқлиги  $9,7\div 19,8 \text{ Па}$  дан то  $5,6\div 15,3 \text{ Па}$  гача пасайиб, сўнг қатъий маълум миқдоргача кўтарилади. Иситиш давомида кучланиш эгри чизиғининг характери ўзгармаган ҳолда, чегаравий кучланиш барча даврларда камайиб боради.



1-картошка. 1.  $\tau_c=40\text{c}$ ; 2.  $\tau_c=50\text{c}$ ;  
3.  $\tau_c=60\text{c}$ ; 4.  $\tau_c=80\text{c}$ ;

**4-расм. Мева ва сабзавотлар кучланишининг температура ва куч қўйилган вақтга боғлиқлиги.**



1-картошка, 2-сабзи,  
3-ўрик, 4-олхўри.

**5-расм. Мева ва сабзавотлар чегаравий кучланишининг намликдан боғлиқлиги.**

Расмдаги эгри чизиқлар характеридан кўринаяптики, мева ва сабзавотларнинг чегаравий кучланиши намлик билан нотекис боғлиқликга эга.

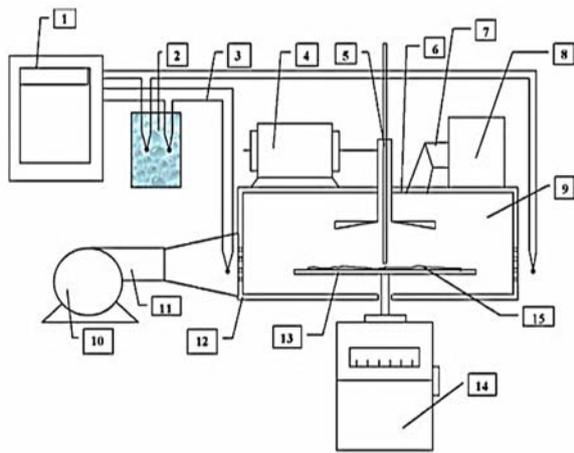
Мевалар намлиги 80%дан то 60%гача ўзгарганда  $2,1 \text{ Па}$ ; 60%дан то 40%гача  $8,17 \text{ Па}$ -га кўпаяди; 40%дан то 30%га тушганда  $15 \text{ Па}$ -гача кўпаяди; 30%дан то 20%-гача тушганда  $650 \text{ Па}$ -га етади; мевалар учун қатъий ўсиш бошланиши 45% намлигида бошланиб,  $820 \text{ Па}$  етади.

Бунда барча намуналар қуритиш камерасининг доимий кўрсаткичлари  $\varphi_{\text{в}} = 60 - 65\%$ ,  $T=313\text{K}$ ,  $\bar{v}_{\text{в}}=6-7 \text{ м/с}$  бўлганда бажарилган.

Бошланғич импульс методидида: дудлаш, бланширлаш, ЎЮЧ, ИҚ электромагнит майдон энергисиди, ИҚ-ЎЮЧ майдонда, сув активлигининг ўзгартирилиши билан, ИҚ-ЎЮЧ нинг температура, куввати ва турли конвектив қуритиш режимида қуритилган мева ва сабзавотларнинг қуритиш эгри чизиғи олинган.

Конвектив қуритиш бошланғич импульс методлари (дудлатиш ва бланширлаш) билан «Мева Шарбат» илмий тадқиқот институтининг Самарқанд филиали лабораториясида ўтказилган.

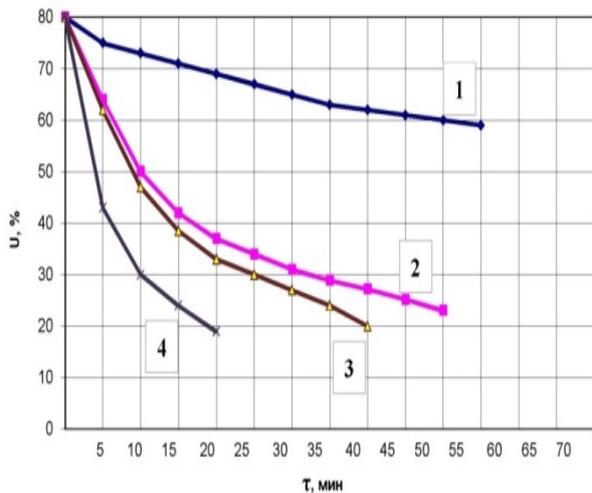
Мева ва сабзавотларнинг ЎЮЧ-конвектив қуритишини изланиши 6-расмда келтирилган экспериментал қурилмада бажарилган.



1-ўзи ёзар КСП -4М; 2- Дьюар сиғими; 3-температура датчиги (термопара - ХК); 4- электродвигатель; 5- термометр; 6- диссектор; 7-тўлқин узатгич 8-ЎЮЧ-генератор-магнетрон; 9- резонаторли қуритиш камераси; 10-вентилятор; 11-калорифер; 12-ҳаво кириш йули; 13-тарози таглиги 14-электрон тарози ВЛК-500; 14- тадқиқот маҳсулотли.

**6-расм. ЎЮЧ-конвектив қуритиш экспериментал қурилмаси схемаси.**

7-расмда қалинлиги 5мм пластинка кўринишдаги олма мевасининг қуриш эгри чизиклари келтирилган.



1 - конвективли  $T_B=333^{\circ}\text{K}$ ,  $\bar{v}_B = 2-3$  м/с,  $\varphi = 70\%$ ; 2 - ЎЮЧ энергияли  $P = 0,4$  кВт; 3 - ЎЮЧ-конвектив  $P=0,36$  кВт,  $T_{\delta}=321^{\circ}\text{K}$ ,  $\bar{v}_B = 0,3$  м/с; 4 - ЎЮЧ-конвектив  $P=0,4$  кВт,  $T_{\delta}=353^{\circ}\text{K}$ ,  $\bar{v}_B = 3$  м/с.

**7-расм. Турли энергия узатиш методларида қуритилган олманинг ( $\delta = 5$  мм) қуритиш эгри чизиклари.**

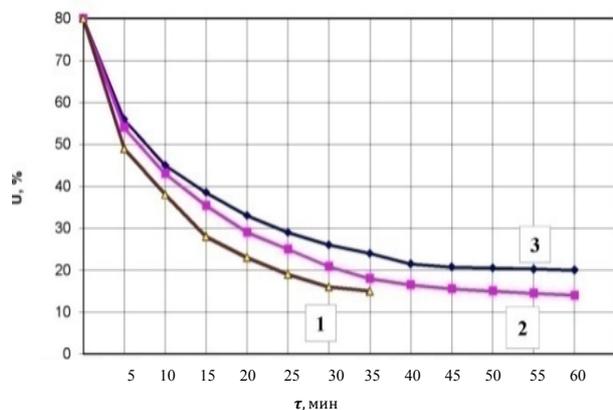
Қуритиш вақти намлик 80% дан 15% гача бўлганда 16 мин-га тенг, ЎЮЧ энергиянинг умумий берилиши 3 мин, қуритишнинг биринчи даврида ЎЮЧ энергияси берилиш частотаси ҳар 2 мин, иккинчи даврда эса ҳар 1 мин-да. Конвектив қуритиш:  $T_B=323\text{K}$ ,  $v_B=1\text{ м/с}$ ,  $U=70-80\%$  бўлган режимда ўтказилган. Қуритишнинг умумий вақти бунда 2,5 соатни ташкил этган. Шунини таъкидлаш керакки, тайёр маҳсулотнинг ранги қорароқ ва шакли нотекис чиққан.

ЎЮЧ-конвектив қуритиш жараёнининг режими:  $P=0,4\text{ кВт}$ ,  $T=353^{\circ}\text{C}$ ,  $v_B=0,5$  м/с, қуриш вақти 50-60 мин. ЎЮЧ энергия йиғма вақти 16-17 мин. ни ташкил этган.

ЎЮЧ-ли бошланғич импульс таъсирида, қуритиш жараёни маҳсулотнинг майдаланганлик даражасига боғлиқ бўлишини тажриба натижаларидан кўриш мумкин. Масалан, сабзини қаламча кўринишида 6 мин-да ЎЮЧ энергияси қуввати  $0,36\text{ кВт}$ -да қуритганда бошланғич массасининг 50% ни йўқотади, агар нимталанган олхўри ва ўрик 4 мин

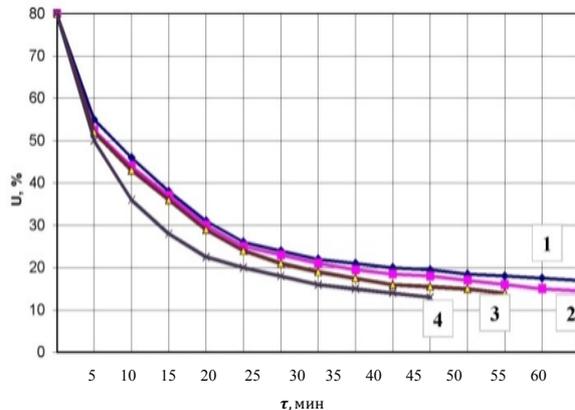
иситишда ўртача бошланғич массасининг 38% йўқотса, бутун донасида 6 мин-да 17-18% намлигини йўқотади. Худди шундай натижани картошкани қуриштишда қўриш мумкин: брус ва кубик қўринишида 32-34%, бутун туганак қўринишда, яъни намликнинг буғланиш юзаси 3-4 маротаба камлигида - қуриш 16-25% бўлиб, буғланиш қарийб 2 маротаба кам.

8,9-расмларда қуриштиш температурасининг ЎЮЧ генератори қуввати боғлиқлиги эгри чизиғи келтирилган.



1 -  $T_B=343^{\circ}\text{K}$ ; 2 -  $T_B=325^{\circ}\text{K}$ ; 3 -  $T_B=313^{\circ}\text{K}$ .

8-расм. Қуриштиш эгри чизиғининг температурага боғлиқлиги.



1- $P_{\text{ЮЧ}}=0,28$  кВт, 2- $P_{\text{ЮЧ}}=0,30$ кВт, 3- $P_{\text{ЮЧ}}=0,36$ кВт, 4- $P_{\text{ЮЧ}}=0,4$  кВт.

9-расм. Қуриштиш эгри чизиғининг ЎЮЧ-генератор қувватига боғлиқлиги.

ИҚ-конвектив методда қуриштиш учун, экспериментал қурилма ишлаб чиқилган, унинг умумий схемаси, ишлаши ва олинган натижалар диссертацияда келтирилган.

Мева ва сабзавотларга турли бошланғич импульс қўринишидаги (ИҚ-ЎЮЧ, сув активлигини ўзгартириш) ишлов бериш, хомашё температураси 50°C, 60°C и 70°C, қолдиқ босим 40 кПа бўлган шароитда қуриштиш бўйича изланиши ўтказилди. Олинган натижалар асосида, мева ва сабзавотларни сифатли қуриштиш 60°C температурада, намликнинг массавий улуши 37% да амалга оширилди. Сув активлиги  $A_w < 0,6$ -да қуруқ моддалар хусусиятининг стабиллиги 90 мин-да таъминланган.

Диссертациянинг «**Мева ва сабзавотларни бошланғич импульс методида қуриштиш рационал режимининг кўрсаткичларини танлаш ва асослаш**» деб номланган тўртинчи бобда кинетик параметрлар ҳисоби натижасига (1-жадвал) бағишланган бўлиб, унда қуриштишнинг биринчи даврида Вахуска-Воборил модели, иккинчи давр ва жараённинг кейинги даврлари учун Ерофеев модели қўлланилганлиги кўрсатилган.

Ҳисоблар натижасида мева ва сабзавотларни юмшоқ қисмининг тўлиқ деструкциясининг температураси турлича-271°C ва 302°C га тенг эканлиги аниқланган.

## Кинетик параметрлар ҳисобининг натижалари

№	Маҳсулотлар номи	Кинетик параметрлар		
		Вахуска-Воборил модели		
		A	E ккал/мол	n
1	«Исполинский» олхўри юмшоқ қатлами	13,90	9,203	1,210
2	«Исполинский» олхўри юмшоқ қатлами пўстлоғи билан	12,80	10,101	1,36
3	Ўрик юмшоқ қатлами	19,22	8,981	0,249
4	Ўрик юмшоқ қатлам пўстлоғи билан	29,68	12,66	0,76
5	Сабзи	28,92	13,09	0,71
6	Картошка	33,30	11,58	1,86
7	Сабзи пўстлоғи	61,05	17,617	1,21
8	Картошка пўстлоғи	58,03	17,510	0,88

Мева ва сабзавотлар учун температура эгри чизиғи (ЎЮЧ конвектив қуритиш) бошланғич импульсли юқори интенсив даврда иситиш математик моделининг ҳисоби бўйича A ва R сонли натижаси аниқланган ва 2-жадвалда киритилган.

## Тенглама учун A ва R коэффициентларнинг натижаси

Коэффициент	Олхўри	Ўрик	Олма	Картошка	Сабзи
A	0,40	0,38	0,36	0,35	0,36
$R \cdot 10^{-3}$	7,4	7,2	7,6	6,8	6,7

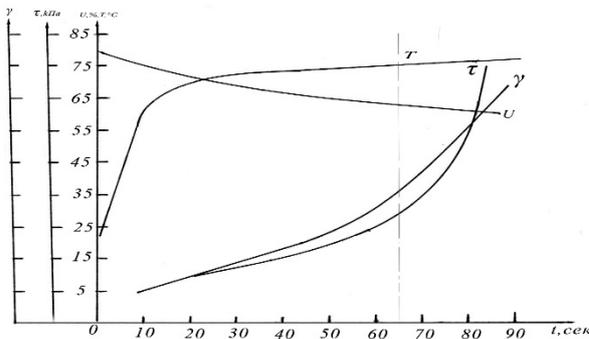
Қуритиш-намлик эгри чизиғини (10) ва (11) ечими билан олинган тенгламаларни сонли ҳисоби учун экспериментал ва адабиёт манбалари қўлланилган. Ҳисоблаш натижалари бўйича температура эгри чизиғи олинган, у экспериментал натижалар билан яхши корреляцияга эга.

Бошланғич импульсли ишлов жараёнда структуравий-механик хусусиятларнинг ўзгаришининг математик моделини ҳисоблашда, мева ва сабзавотларнинг бошланғич структуравий-механик хусусиятларидан фойдаланилган.

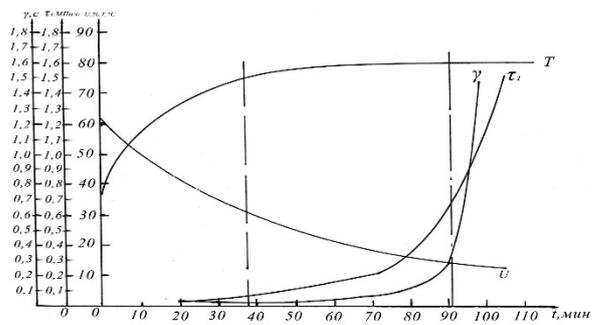
Олинган барча эгри чизиклар маҳсулотга бошланғич импульс билан таъсир этишининг рационал режимини аниқлаш учун амалга оширилган бўлиб, натижалар 10, 11расмга киритилган.

Ушбу графикда, бошланғич импульс таъсиридан сўнг қуритишда 80-90 с-давомида намлик 82,2%-дан 61%-гача камаяди. Бу вақтда маҳсулот температураси, кучланиши ва деформацияси худдики стационар ҳолатга келгандек, яъни жисмга бошланғич импульс таъсир этгандан сўнг анча қаттиқлашади ва камроқ деформацияланадиган бўлади.

Намлик эгри чизиғи бўйича бундай ҳолат қуритиш доимий тезлиги вақтида содир бўлади.



**10-расм. Юқори интенсив давр Т-температураси, °С. U-намлиги, %, τ –касателли кучланиши, кПа, γ – деформацияси кПа, эгри чизиклари бирлашган графиги**



**11-расм. Интенсив давр кинетикаси, деформацияси ва чегаравий деформациясининг ўзгариши бирлашган графиги**

Интенсив жараён - бошланғич импульс таъсиридан кейинги конвектив қуритиш даврининг математик моделининг сонли ҳисоби, олинган дифференциал тенгламалар ечими натижалари, мева ва сабзавотларни қуриши давридаги структуравий-механик хусусиятларининг ўзгариш моделларининг тенгламалари ечими асосидаги эгри чизиклар 11-расмдаги бирлашган графикга киритилган.

Келтирилган эгри чизиклар ҳамда ишлаб чиқилган қуритишнинг рационал режимини асослаш методикаси бўйича мева ва сабзавотларни рационал қуритиш режими аниқланган. Максимал даражада мумкин бўлган намлик градиенти  $(\nabla U)_{max}$  қуритишни мезони сифатида қабул қилинган.

Кўрсатилган  $(\nabla U)_{max}$ -ни аниқлаш учун мумкин бўлган сурилиш кучланиши  $\tau_k$  ва бошқа параметрлари ҳисобланган (10,11-расм).

Бирлашган эгри чизиклар 10,11-расм графигида минимал мумкин бўлган жараён вақтда ўтадиган жараённи юқори сифатли тайёр (ранги, юзасининг ҳолати, ёриқларнинг йўқлиги, тез пишадиган ва ҳ.к.) маҳсулот олишни тўлиқ тавсифловчи мева ва сабзавотларнинг намунавий эгри чизиги келтирилган.

Келтирилган шу эгри чизик бўйича маълум тенглама асосида ифодани қабул қиламиз:

$$\frac{dU}{d\tau} = -k(U - U_p)$$

Бундан,  $U=f(\tau)$ -ни аниқлаб, уни  $\tau_k$  тенгламасига қўйиб, математик модел ёрдамида  $(\nabla U)_{max}$  юза градиенти аниқланган, шу градиент ва келтирилган қуритиш эгри чизиги асосида барча босқичлар учун  $dU/d\tau$  аниқланган:

$$\frac{dU}{d\tau_I} = 0,0136 \frac{\% \text{ намлик}}{\text{с}}; \quad \frac{dU}{d\tau_{II}} = 0,00968 \frac{\% \text{ намлик}}{\text{с}}; \quad \frac{dU}{d\tau_{III}} = 0,00585 \frac{\% \text{ намлик}}{\text{с}}$$

Худди шунингдек :

$$(\nabla U)_{max} = 0,912 \frac{\%}{\text{МИН}}; (\nabla U)_{maxI} = 2,581 \frac{\%}{\text{ММ}}; (\nabla U)_{maxII} = 8,11 \frac{\%}{\text{ММ}}; (\nabla U)_{maxIII} = 13,2 \frac{\%}{\text{МИН}};$$

ИҚ бошланғич импульсли қуритишнинг рационал режими:

$$g_{излI} = 11 - 13 \text{ кВт/м}^2; \quad \tau_I = 80 - 90 \text{ сек}; \quad \gamma = 38-40\%$$

Иккинчи давр учун:  $g_{изл} = 6 - 7,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}; \tau_{II} = 90 - 100 \text{ мин}; \sigma = 60 - 70 \text{ кПа}$

Ҳаво муҳитининг намлиги 60-70%, температураси - 70-80°C.

Диссертациянинг «**Мева ва сабзавотларнинг саноат миқёсида қури-тиш ва қайта ишлови технологиясини аппаратурали шакллантириш**» деб номланган бешинчи бобида сабзи ва картошка сабзавотлари, олма, ўрик ва олхўри меваларини қайта ишлаш технологиясини ишлаб чиқаришга бағишланган бўлиб, қуритиш технологик схемаси бошланғич импульс таъсири вақти ва объектга бўлинади.

Мевалар (олхўри, олма, ўрик ва ҳ.к.) ва сабзавотлар (картошка, сабзи кесилган тугунаклари)ни қуритиш учун, 12-расмда акс этган универсал камерали узлукли ҳаракатдаги, тупикли типдаги, циркуляцияли ва рециркуляцияли ҳаволи-атмосферали ривожланган турбулизацияли қуритгич ишлаб чиқилди. Қуритгичда ИҚ иситгичлари мева ва сабзавотларга қуритиш вақтида бошланғич импульс бериш учун ўрнатилган.

Қуритиш қурилмаси (12-расм) икки қуритиш камерасидан, панеллар билан қопланган каркаسدан, металл деворлари иссиқлик изоляцияси (минералли толали 150 (ГОСТ 4640-66 маркали), калорифер КФСО-9.7 иссиқ ҳаво таъминловчи тизимдан, МЦЛ-7 иккита ўқли вентилятордан, ҳаволи ва рециркуляцияли каналдан, ИҚ-генератори (КГ220-1000), хомашё учун сеткали тагликли этажеркалар ва қиздириш тизими ва ИҚ иситгичлар, ҳаво турбулизациясини кучайтирувчи камерага иссиқ ҳаво бериш йўлида осма ўрнатилган пропеллерли турбулизаторлар ва бошқалардан таркиб топган.

3-жадвалда мева ва сабзавотларнинг камерали қуритгичдаги қуритиш режими келтирилган.

### 3-жадвал

#### Камерали қуритгичдаги мева ва сабзавотларнинг қуритиш режими

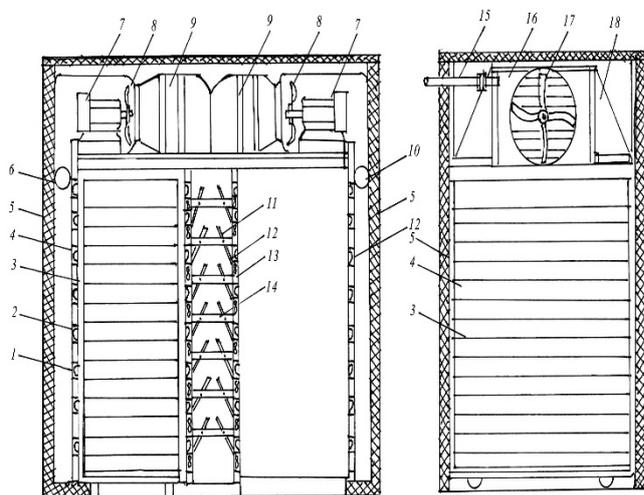
Намуна	Бўллаш формаси	Намуна чиқиши	Сеткали таглик юкламаси, кг/м <sup>2</sup>	Қуритишгача ишлов бериш		Максимал ҳарорат °С	Қуритиш вақти, соат	Қуритишдан кейинги намлик ω%
				Ишлов шакли	Давомийлиги, мин.			
Олма	Тозаланган мағзсиз, кубик бўлаккли	65-75	7,5	Дудлатиш бошланғич импульс ИҚ, ЎЮЧ	15-30 1,5-3,0	60-71 70-82	6-10 1,5	10-15 14
Ўрик донак	Яримта	90-94	10,0		1,5-3,0	60-70	1,1-1,2	15-20

Қуритишнинг ишлаши учун қуритиш олдидан унинг икки камералари (1), калорифер (9) ва вентиляторлари (8), электродвигателлари (7) таркиб топган тизим ёрдамида қиздирилади. Шундан сўнг қуритгич олдинги эшиги очилиб, унинг ичига хомашё юкланган этажеркалар (2) киритилади, этажеркадаги тефлон тагликларда олдиндан кесилиб қуритишга тайёрланган маҳсулот бир текисда ортिलाди.

Бошланғич импульсли қуритиш учун, 90с давомида қуритгич камерасининг ички панелида икки томонига махсус жойда ўрнатилган ИҚ иситгичлардан фойдаланилади. Бошланғич иситишдан сўнг ҳаво шахтаси (11)дан иссиқ ҳавонинг баланслаштирилган сарфи берилади. Ҳаво оқими қуритиш камерасига тушишидан олдин симли осмага ўрнатилган пропеллерга тегиб, камерада айланма йўлли оқим - турбулизация ҳосил қилади. Иш бажарган ҳаво камера панелидаги тирқишдан ўтиб, ён томондаги ҳаво шахтаси (12)га тушади, қисман тоза ҳаво билан янгиланиб, яна калориферлар тизимига боради ва шу тарзда қуритгичнинг икки камерасида циркуляцияланади.

Ҳаво йулидаги ёпгичлар шахтаси (14)да ёпгичнинг турли ҳолати камераларда ҳаво сарфини баланслаштиради ва бир текисда таъминланишини ташкил этади. Бунинг учун унинг икки томонига ўрнатилган горизонтал планкалардан фойдаланилади.

Камераларда ҳаво маълум даврда (6,10) ёпгичлар ёрдамида ташқаридаги тоза ҳавога ишлатилганини чиқариб юборилиб алмаштирилиб борилади.



1-қуритиш камераси, 2- тележкали этажерка, 3-ҳаво шахтаси, 4, 12-ИҚ лампали панел, 5-каркас, 6, 10-ёпгич, 7-электродвигатель, 8-вентилятор, 9, 16-калорифер, 11-ёпгич панели, 13-пропеллер, 14-планка, 15-оқиш трубкаси, 17-калорифер вентилятори, 18-ҳаво йўли.

**12-расм. Универсал камерали турбулизацияси ривожлантирилган қуритгич схемаси.**

Усқунанинг техникавий тавсифи келтирилган, унинг унумдорлиги хомашё турлари бўйича 2-2,5 *т/сутка* ни ташкил этади, ишлаб чиқаришга тадбиқ этишнинг иқтисодий самарадорлиги баҳоланган. «AGROMIR-KONSERVA» МЧЖ ҚҚ, «SAM-AGRO-STAR» МЧЖ ва «СИУОВ-SAXOVATI» МЧЖ ҚҚ каби ишлаб чиқаришнинг ҳажми 500 *т* бўлган корхоналарида тадбиқ этиб олинган натижаларнинг ҳисобий иқтисодий самарадорлиги 200 *млн. сўм*-ни ташкил этган.

Бошланғич импульс ЎЮЧ ва ИҚ генераторларини ҳисоблаб танлаш, ўрнатиш ва қуритиш камераларини асосий ўлчамларини аниқлашнинг муҳандислик ҳисоби методикаси ишлаб чиқилган, қуритиш камерасининг махсулот температураси, намлик сақлаш градиенти, электр-иссиқлик хусусиятига боғлиқ ҳолда узунлигини аниқлаш тенгламаси, шунингдек ИҚ қуритиш ва бошланғич импульс бериш қурилмасининг муҳандислик ҳисоби методикаси ишлаб чиқилган.

## ХУЛОСАЛАР

1. Бошланғич импульсни қўллаб қуритиш усуллари таснифланган. Қуритиш жараёнининг ички энергия манбаига эга қисқа вақтда юқори температура берувчи, маҳсулот структуравий-механик хоссаларини ўзгартирувчи намлик сақлаш ва босим силжишини таъминловчи математик модели тавсия этилган.

2. Мева ва сабзавотларнинг термогравиметрик тадқиқотлари ёрдамида олма, олхўри, ўрик, картошка, сабзини қуритишнинг асосий босқичларидаги термик ўзгаришлари мева учун I-79,2-60,2%; II-60,7-34,6%; III-37,8-13,8%; сабзавот учун I-82,1-60,7%; II-60,7-32,7%; III-32,7-19,1% тавсия этилган.

3. Вахуски-Воборил модели бўйича олма, олхўри, ўрик, сабзи ва картошка этини юқори температурада парчаланишининг кинетикаси ҳисобланиб, сабзавот этининг тўлиқ деструкцияланиш температураси 271°C-га меваники эса 302°C-га тенглиги аниқланган.

4. Намуналарнинг структуравий-механик хоссалари аниқланган: мева ва сабзавотнинг намлик тутиши, ички кучланишининг чегаравий қиймати исботланган.

5. Даствлабки импульсли ишлов беришни қўллаб, мева ва сабзавотнинг қуритиш, дудлаш, бланширлаш, электромагнит майдоннинг ЎЮЧ, ИҚ, ИҚ-ЎЮЧ диапазондаги энергияси билан ишлов бериб, сувнинг фаоллигини ўзгартириб эгри чизиқлари олинган.

6. Қуритиш кинетикаси мева ва сабзавотни қуритишнинг рационал режими параметрларини асослашни ҳисоблаш намлик тутишнинг максимал градиенти қуйидагига тенг бўлишини кўрсатди:  $(\nabla U)_{max} = 0,918 \frac{\%}{мм}$ ; биринчи даври учун  $(\nabla U)_{maxI} = 2,58 \frac{\%}{мм}$ ; иккинчи давр учун  $(\nabla U)_{maxII} = 8,11 \frac{\%}{мм}$ ; учинчи давр учун  $(\nabla U)_{maxIII} = 13,2 \frac{\%}{мм}$ .

Қуритиш тезликлари топилган, бошланғич импульсда:

$\frac{dU}{dt_I} = 0,0136 \frac{\% \text{ намлик}}{с}$ ; кейинги конвектив қуритишда:

$$\frac{dU}{dt_{II}} = 0,00968 \frac{\% \text{ намлик}}{с}; \quad \frac{dU}{dt_{III}} = 0,00585 \frac{\% \text{ намлик}}{с};$$

ИҚ бошланғич импульсли қуритишнинг рационал режими топилган:  $g_{излI} = 11 - 13 \text{ кВт/м}^2$ ;  $\tau_I = 80 - 90 \text{ сек}$ ;  $\gamma = 38-40\%$  иккинчи даври учун:  $g_{изл} = 6 - 7,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ ;  $\tau_{II} = 90 - 100 \text{ мин}$ ;  $\sigma = 60 - 70 \text{ кПа}$ .

Ҳаво муҳитининг нисбий намлик тутиши 60-70%-га тенг бўлганда, муҳит температураси 70-80°C ни ташкил этиши кўрсатилган.

7. Ишлаб чиқилган универсал камерали ИҚ-нурлатгичли, ҳавони турбулизацияловчи қуритиш қурилмаси конструкциясининг муҳандислик ҳисоби методикаси тавсия этилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc  
DSc.27.06.2017.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**КУРБАНОВА МАДИНА ЖАМШЕДОВНА**

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
НАЧАЛЬНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭНЕРГОПОДВОДОМ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химической технологии  
и пищевых производств**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент - 2018**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрированав Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2017.2.PhD/T234**

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.tkti.uz](http://www.tkti.uz) и информационно-образовательном портале ZIYONET по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**Научный руководитель:**

**Додаев Кучкор Одилович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Баракаев Нусратилла Раджабович**  
доктор технических наук, доцент

**Гафуров Карим Хакимович**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

Государственный технический университет имени И.Каримова

Защита диссертации состоится « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г. в « \_\_\_\_ » часов на заседании Разового Научного совета Dsc 27.06.2018.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail: [tkti\\_info@mail.ru](mailto:tkti_info@mail.ru)).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № \_\_\_\_, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32.Тел.:(99871)244-79-21).

Автореферат диссертации разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018 г.).

**С.М.Туробжонов**

Председатель научного совета по присуждению учёной степени доктора наук д.т.н., профессор

**А.С.Ибодуллаев**

Ученый секретарь научного совета по присуждению учёной степени доктора наук д.т.н., профессор

**Х.С.Нурмухамедов**

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёной степени доктора наук д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации (PhD) доктора философии)**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день во всём мире «производство плодов и овощей возрастает ускоренном темпе. При этом ведущими являются государства Китай, Индия, США. За прошедшие 10 лет объем экспорта плодоовощной продукции увеличился почти в 10 раз, рост экспорта в стоимостном выражении составил около 12 раз»<sup>1</sup>. В связи с этим быстро развиваются научные исследования по переработке плодов и овощей, получению фабрикатов и полуфабрикатов из них.

На сегодняшний день на мировом уровне для обогащения ежедневного рациона питания человека натуральными витаминами, микро- и макроэлементами ведутся научные исследования по актуальным направлениям, таких как производство сушеных плодов: яблоки, абрикоса, сливы и овощей: картошки и моркови на основе современных технологий, максимально сохранить при этом нативные компоненты, улучшить потребительские качества продуктов, характеризующихся высокой биологической ценностью; разработка новой технологии получения качественного сушеного продукта.

После того как страна обрела независимость для усовершенствованию существующих и созданию новых технологических процессов по развитию сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственного сырья в Стратегии действий Республики Узбекистан по дальнейшему развитию намечена «модернизация сельского хозяйства, её интенсивное развитие, ускоренное развитие производства продукции сельского хозяйства, дальнейшее развитие пищевой безопасности страны, расширение производства экологически чистой продукции, определены задачи глубокой переработки продукции сельского хозяйства»<sup>2</sup>. В этом плане научные исследования, направленные на получение сушеных плодов и овощей с максимально сохранёнными витаминами, углеводами, минеральными веществами, упакованные с ориентацией на экспорт, имеют важное значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в постановлениях и указах Президента Республики Узбекистан № ПП-2492 от 12 апреля 2016 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию организации управления пищевой промышленности республики», № ПП-2716 от 6 января 2017 года «О дополнительных мерах по развитию организации мощностей хранения и глубокой переработки плодоовощной продукции в 2017-2018 годах», ПП республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» а также в других нормативных документах, принятых в данной сфере.

---

<sup>1</sup> <http://www.ozon.ru/context/detail/id/5150020/>

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси президентининг 2017 йил 7 февральдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон фармони

**Соответствие исследований основным приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий V «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

**Степень изученности проблемы.** Сушкой растительной продукции занимались А.С.Гинзбург, В.В.Красников, С.Г.Ильясов, И.А. Рогов, А.М. Остапенков, К.Г.Милицер, Р.Штраус, а также ученые нашей страны З.С. Салимов, Н.Р.Юсупбеков, О.Ф.Сафаров, Ж.М.Курбанов, Х.С. Нурмухамедов и др.

Внедрены в производство результаты исследований, направленные решению проблем интенсификации тепломассообменных процессов переработки плодов и овощей при сушке, варке, десорбции, сорбции и др. процессов, выработки пищевых продуктов функционального назначения с применением энергии первичного импульсного воздействия на сырьё.

Вместе с тем использование при интенсификации технологического процесса сушки широкого ассортимента плодов и овощей, позволяет получить готовый продукт, где сохранены натуральные физико-химические свойства, заданная форма исходного сырья после обработки воздействиями электрофизического, теплового, биотехнологического видов.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана фундаментальных и инновационных проектов научно-исследовательских работ прикладных и инновационных проектов Ташкентского химико-технологического института ИТБ-5-065 «Разработка ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий для производства химических и пищевых продуктов», выполнено в рамках проектов (2018-2020 гг) ИТД-9-20 «Разработка технологии новых видов экологически чистых, биологически активных пищевых добавок из местного сырья для мясной промышленности» (2012-2014 гг), ОТ-А12-20 «Совершенствование комплексной технологии получения биологически активных веществ из отходов переработки растительного сырья» (2017-2018 гг).

**Целью исследования** является интенсификация тепломассообменных процессов сушки плодов и овощей на основе воздействий импульсов электромагнитных полей, разработка высокоэффективной аппаратуры.

**Задачи исследования:**

создание математической модели тепломассообменных процессов сушки плодов и овощей, интенсифицированных с учётом их структурно-механических свойств;

экспериментальное определение физико-химических свойств высушенных плодов и овощей с применением воздействия первоначального импульса;

интенсификация и определение рациональных параметров процесса сушки с применением конвективного копчения, бланширования, применения СВЧ-конвективного, ИК-конвективного, ИК-СВЧ, ИК-СВЧ-вакуумного

видов предварительной обработки;

усовершенствование новой технологии и сушильной установки на основе полученных результатов процесса сушки плодов и овощей.

**Объектом исследования являются** сельскохозяйственная продукция с различной физико-химической характеристикой: яблоки, слива, абрикосы, картошка, морковь.

**Предмет исследования** камерное, конвективное, копчение или бланширование, процесс сушки с предварительной импульсной обработкой СВЧ-конвективным, ИК-конвективным, ИК-СВЧ, ИК-СВЧ-вакуумным способами.

**Методы исследований.** В работе использованы методы гравиметрии, термометрии, методы определения остаточной влаги в продукте. Применены методы математического моделирования и оптимизации технологических процессов. Адекватность математической модели реальному процессу проверена экспериментами на физической модели.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определено эффективное использование импульсного воздействия на процесс сушки, формализована характеристика процесса сушки, считающего гигротермическим, с предварительной импульсной обработкой продукта;

доказано изменение структурно-механических свойств в результате роста температуры, влажности и давления внутри продукта до максимально возможного за счёт высокоинтенсивной импульсной обработки;

разработана математическая модель высокоинтенсивного процесса, в относительно полной мере характеризующее воздействие средства с внутренним источником тепла (СВЧ, ИК воздействие и др.), а также предварительного и окончательного процессов сушки плодов и овощей при изменении их структурно-механических свойств, воздействия напряжения на них;

разработаны структурно-механические свойства объектов сушки на первом и втором периодах сушки, различные состояния плодов и овощей в период напряжения, получены их объединённые дифференциальные уравнения;

усовершенствовано технологический процесс и установки сушки плодов и овощей.

**Практические результаты исследования** заключается в следующем:

создана сушильная установка с импульсной обработкой сырья в электромагнитном поле СВЧ диапазона, конвективная сушильная установка повышенной турбулентности с ИК импульсной предварительной обработкой;

обоснована цель по определению рациональных способов сушки яблок, абрикосов, сливы, картошки, моркови при организации процесса сушки и выработки рекомендаций по их конструктивному оформлению;

созданы рациональные режимы сушки с импульсной предварительной обработкой яблок, сливы, картошки и моркови;

создан экспериментальный способ улучшения структурно-механических свойств высушенной продукции;

сформулированы режимы и рациональные параметры предварительной импульсной обработки объектов сушки.

**Достоверность полученных результатов исследования** обосновывается тем, что при проведении экспериментов использованы современные высокоточные влагоанализаторы, электронные весы, полученные экспериментальные результаты обработаны при помощи современных компьютерных программ MATLAB 6.5, STATISTICA 6.0, операционной среды WindowsXP, MicrosoftExcel и получены статистические математические модели, адекватные реальному процессу.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что вносит важный вклад в развитие теории тепло- массообменного процесса сушки плодов и овощей, интенсифицированного начальным импульсным воздействием электромагнитных полей. В работе аналитически исследованы основные параметры энергии электромагнитного поля СВЧ и ИК диапазонов, способы управления ими на стадии создания различных устройств начального импульса с учетом физико-химических, структурно-механических свойств продукта.

практическая значимость результатов исследования заключается в том, что получена математическая модель процесса, предложены рациональные режимы различных методов сушки плодов и овощей с использованием начального импульсного воздействия. Разработаны методики, по которым осуществляется аппара-турное оформление, оценка и расчет экономических показателей процесса.

#### **Внедрение результатов исследования:**

Результаты сушки фруктов, таких как яблоки и сливы, овощей, таких как картошка и морковь, осуществлённых с воздействием начального импульса электромагнитных полей внедрены в:

введена дополнительная инструкция (ТИ64-23425648-01:2015) к техническим условиям, утверждённым агентством «Узстандарт» ((Ts 22313254-02:2014.)). В результате появилась возможность интенсифицировать тепломассообменные процессы сушки плодов и овощей за счёт первичной импульсной подачи энергии;

внедрена в производство на предприятии «SAM-AGRO-STAR» ООО установка сушки с подачей первичного импульса (справка «Узбекозиковкатхолдинг» ХК от 24 ноября 2017года АС/05-2-3570). В результате достигнуты ускорение процесса сушки, сокращение деформирования наружного слоя продукта, сокращения расхода энергии;

технология и установка сушки фруктов и овощей внедрены в производство в «AGROMIR-KONCERVA» ООО СП, «SAM-AGRO-STAR» ООО и «SIYOV SAXOVATI» ООО СП (справка «Узбекозиковкатхолдинг» ХК от 24 ноября 2017года АС/05-2-3570). В результате получена возможность повысить эффективность производства сушённой продукции по сравнению с традиционным способом на 12-16%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования изложены в виде докладов и апробированы на 6 международных и 2 республиканских конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме и материалам диссертации опубликованы 18 научных работ, из них 1 монография, 11 статей, в том числе 7 статей в зарубежных, 4 в республиканских научных журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем основного текстового материала составляет 120 стр.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, его цель и задачи, характеризуется его объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении в практику результатов исследования по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Смысловой анализ обработки плодов и овощей энергией начального импульса**», исходя из смыслового анализа исследования процессов переработки сельскохозяйственной продукции, классифицированы методы их обработки начальным импульсом (рис.1).



**Рис.1. Классификация методов обработки продуктов начальным импульсом**

На основе расчета коэффициента скорости нагревания поверхности доказано, что начальный импульс в отличие от процесса сушки является высокоинтенсивным процессом, которая придает материалу за короткое

время воздействия максимальную допустимую температуру, приращение влагосодержания и давления, способствующие изменению структурно-механических свойств и установлено эффективное применение ее энергии к процессам гигротермической обработки, каковыми являются процессы сушки плодов и овощей.

Во второй главе «Математическое моделирование тепломассообменных процессов при интенсификации начальным импульсом» анализируя системы дифференциальных уравнений сушки плодов и овощей и описание механизма нагрева начального импульса (СВЧ, ИК и др.) в первом периоде сушки, применяли систему дифференциальных уравнений тепло-массопереноса, разработанную А.В. Лыковым с некоторыми допустимыми упрощениями и приближенный метод расчета В.М. Башмакова для кинетики радиационного нагрева пищевых продуктов:

$$\frac{dt}{d\tau} = a\nabla^2 t + \frac{Q_v}{c_{p0}} \quad (1); \quad \frac{dU}{d\tau} = a_{m2} \nabla^2 U + \mu \frac{dU}{d\tau} \quad (2); \quad \frac{dP}{d\tau} = -\frac{\mu}{c_{вл}} \cdot \frac{dU}{d\tau} \quad (3)$$

1. Решим уравнение (1) при граничных условиях

$$a) \quad t(0, \tau) = 0; \quad U(0, \tau) = 0; \quad P(0, \tau) = 0; \\ б) \quad t_x(0, \tau) = 0; \quad U_x(0, \tau) = 0; \quad P_x(0, \tau) = 0 \quad (4)$$

где индекс  $x$  обозначает дифференцирование по  $x$ .

При больших  $x$  (толстых образцах) формула упрощается:

$$\bar{t}(x\tau) \approx \frac{A}{R^2 a} (e^{aR^2\tau} - 1) e^{-Rx} \quad (5)$$

При малых значениях  $\tau$  (начальный период нагрева) вместо выражения (5) получим:

$$t(x\tau) \approx A\tau e^{-Rx} \quad (6)$$

Сравнивая приближенные формулы (4) и (6) с экспериментальными кривыми, можно оценить параметры  $A$ ,  $R$ ,  $a$

2. Решение уравнения (2) дает:

$$\bar{U}(x, \tau) = \frac{U_0}{2} \left[ 1 - \Phi \left( \frac{x}{2\sqrt{a'\tau}} \right) \right] \quad (7); \quad \text{где} \quad a' = \frac{a_{m2}}{1-\mu} \quad (8)$$

3. Решение уравнения (3)

$$P(x, \tau) = \frac{P_0}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{x}{2\sqrt{a_p\tau}} \right) \right] \quad (9)$$

где:  $P_0$  — давление, достигнутое в момент прекращения нагрева.

Кривые, полученные с помощью уравнений (8) и (9) хорошо коррелируют с экспериментальными данными.

После первого высокоинтенсивного периода, где процесс происходит за короткое время при режиме высокой температуры и температуре нагрева, для второго периода интенсивного процесса сушки, полагая, что тепло- и массоперенос через пограничный слой определяется коэффициентами тепло- и массоотдачи  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно, после некоторых преобразований получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{dU}{d\tau} = \frac{a_m}{\rho^2} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho^2 \frac{dU}{d\rho} \right) + \frac{a \cdot \delta}{\rho^2} \left( \rho^2 \frac{dt}{d\rho} \right) (10); \frac{dt}{d\tau} = \frac{a}{\rho^2} \cdot \frac{d}{d\rho} \left( \rho^2 \frac{dt}{d\rho} \right) + \frac{E \cdot q}{C_p} \frac{dU}{d\tau} (11)$$

при начальных условий:

$$U(\rho, 0) = U_0; \quad t(\rho, 0) = t_0 \quad (12)$$

и граничных условий:

$$-\lambda_m \frac{dU}{d\rho} \Big|_{\rho=R} = \beta(U)_{R-} - U_s (13); \quad -\lambda \frac{dt}{d\rho} \Big|_{\rho=R} = \alpha(t_s - t|_{R-}) (14)$$

$$\frac{dU}{d\rho} \Big|_0 = 0 \quad (15) \quad \frac{dt}{d\rho} \Big|_0 = 0 \quad (16)$$

Здесь  $q$ -скрытая теплота фазового перехода. Граничные условия (13) и (14) записаны с учетом противоположных направлений потоков массы и тепла.

Решением уравнений (10) и (11) находим средние значения  $\bar{U}$  и  $\bar{t}$ , которые определяются из выражений:

$$\bar{U} = \frac{3}{R^3} \int_0^R U(\rho_1 \tau) \rho^2 d\rho \quad (17)$$

$$\bar{t} = \frac{3}{R^3} \int_0^R t(\rho_1 \tau) \rho^2 d\rho \quad (18)$$

При высокоинтенсивном процессе существенно изменяются структурно-механические (реологические) свойства сырья, форма, размеры и структура, в совокупности качество продукта в процессе сушки.

Поэтому, введена математическая модель, определяющая изменение структурно-механических (реологических) свойств плодов и овощей процесса.

Для составления математической модели деформации в процессе воздействия начального импульса различного рода, используем метод комбинации механических моделей.

Исходя из кривых сушки плодов и овощей, а также результатов термогравиметрических исследований вес процесс сушки разделим на последовательные три периода, где на каждом из них характер материала различается - ведёт себя как вязкое или пластичное или упругое тело.

Исходя из изложенных выше, нами составлены модели состояния тела по периодам сушки плодов и овощей.

Методом комбинации уравнений состояния по периодам сушки получили единое уравнение изменений деформации при воздействии начальным импульсом (19):

$$\dot{\gamma}_{\text{НИ}} = \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_r) + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (19)$$

1. Пусть при НИ образующееся на плодах и овощах напряжение будет постоянным  $\tau = \tau_0 = \text{const}$ , а деформация развивается во времени. Тогда при начальных условиях  $t=0$ ;  $\gamma = \gamma_0$ ;  $C=\gamma_0$  получим уравнение (20), определяющее деформацию тела в любой момент при постоянном касательном напряжении

$$\gamma = \gamma_0 + \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_r) \cdot t \quad (20)$$

2. Пусть, образование структуры плодов и овощей при использовании воздействия НИ происходит при постоянном значении деформации, т.е.  $\gamma = \text{const}$ ; за счет развития внутренних касательных напряжений: при начальных

условиях  $\tau = \tau_0$ , т.е. при  $t=0$ ,  $r=\tau_0$  получим уравнение (21), определяющие напряжение тела в любой момент  $t$  при фиксированных  $G$  и  $\eta$ :

$$\tau = \tau_T + \tau_0 \exp\left(-\frac{2G}{\eta} t\right) \quad (21)$$

В третьей главе диссертации «Экспериментальные исследования процесса сушки плодов и овощей с применением различных методов начального импульса» получены, дериватограммы - неизотермические кинетические данные, на дериватографе ОД-103, представленные на рисунках 2, 3.

Как видно из рисунков, кривая DTG имеет два пика, связанных с уменьшением веса. Кривая отклоняется в отрицательную сторону, т.е. вниз от основной линии, проведенной пунктиром. Это уменьшение веса (в начале процесса) начинается при температуре 293К, достигает первой своей максимальной скорости для плодов сливы и абрикоса при температуре 360÷366К; картофеля и моркови при температуре 378-381К и остается до 378-382К; для овощей при температуре 396÷398К практически неизменной; при температуре 382К для плодов и 398К для овощей начинается резкое возрастание скорости уменьшения веса и достигает своей максимальной скорости при 460-468К и 474-477К соответственно и заканчивается.

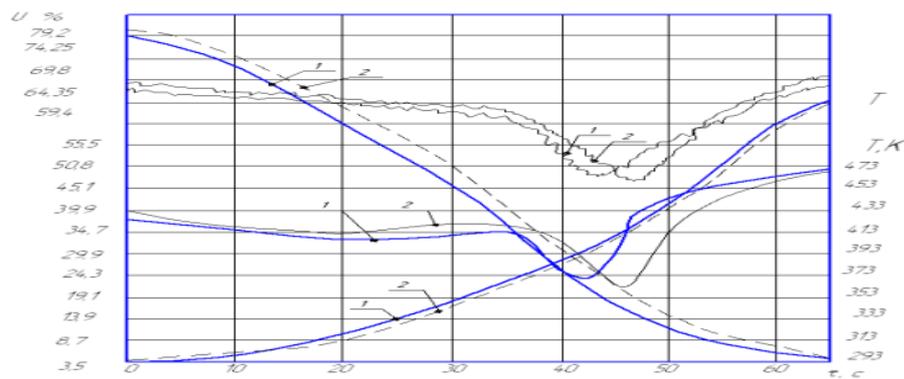


Рис. 2. Дериватограммы сливы «Исполинская» и абрикоса «Юбилейный»

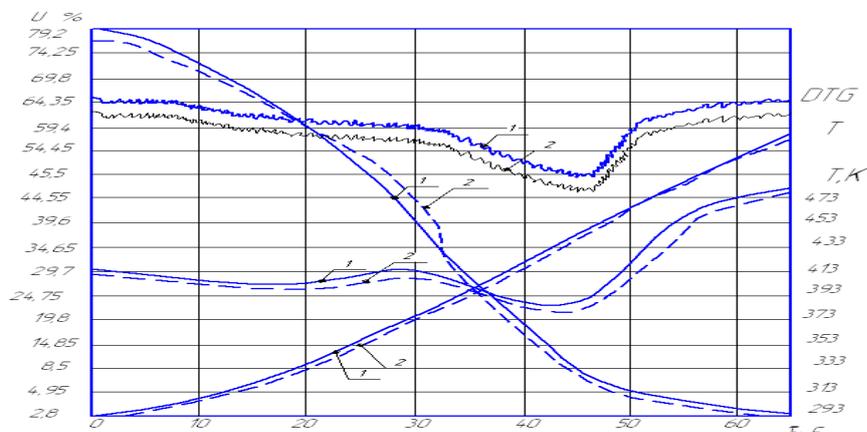
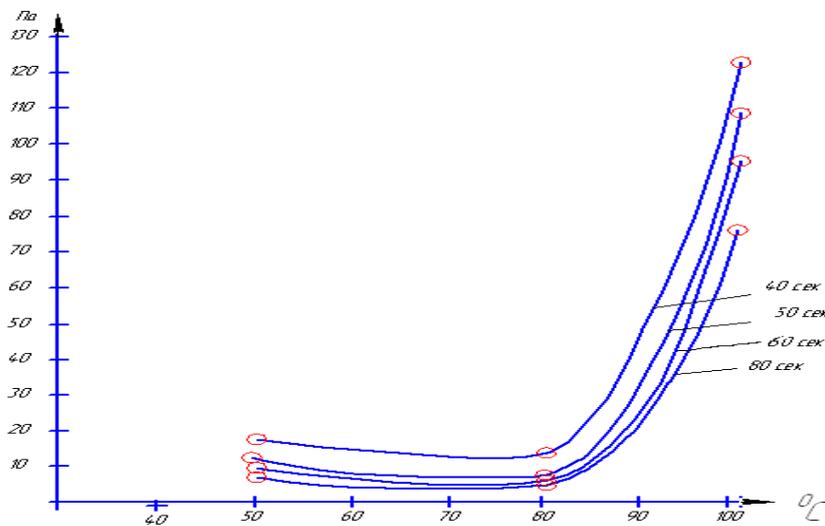


Рис. 3. Дериватограммы картофеля и моркови

По этим кривым определены температуры термических превращений яблок, слив, абрикосов, картофеля и моркови и основные периоды сушки составили: для плодов I-79,2-60,2%; II-60,7-34,6%; III-37,8-13,8%; для овощей I-82,1-60,7%; II-60,7-32,7%; III-32,7-19,1%; т.е. в первый период удаляется влага макрокапиллярного состояния; во второй период - влага мономолекулярного; в третий - влага полимолекулярного состояния.

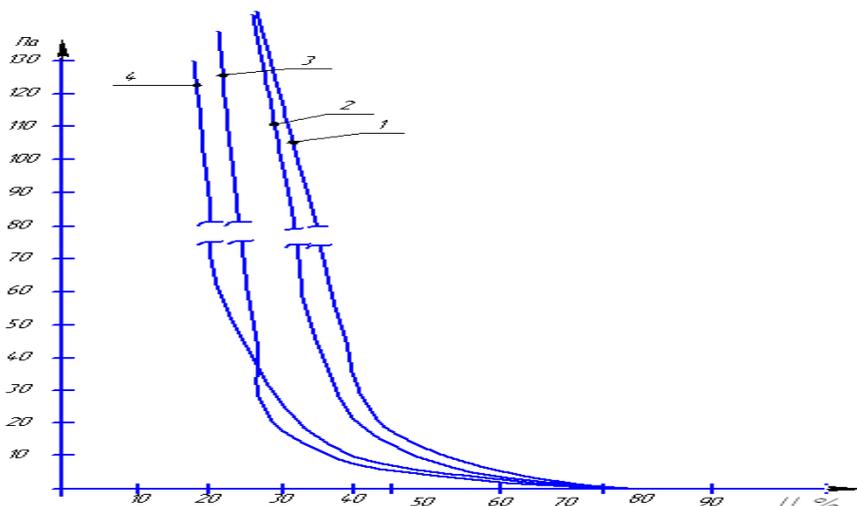
Для экспериментального метода измерения предельного напряжения в зависимости от влагосодержания плодов и овощей (рис.4,5), применяли электротензометрический метод с проволочными датчиками омического сопротивления.

Зависимость напряжения от температуры в интервале 50°C до 80°C незначительна, но она постепенно падает в пределах от 9,7÷19,8 Па до 5,6÷15,3 Па, а затем начинает резко подниматься до определенного значения.



картофель. 1  $\tau_c=40$ с; 2  $\tau_c=50$ с; 3  $\tau_c=60$ с; 4  $\tau_c=80$ с;

**Рис.4.. Зависимость напряжения от температуры и времени наложения начального импульса на картофеля**



1-картофель, 2-морковь, 3-абрикос, 4-слива

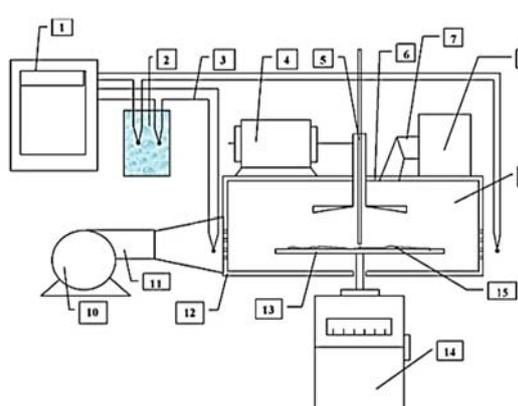
**Рис. 5. Зависимость предельного напряжения от влажности плодов и овощей.**

Как видно из характера кривых, предельное напряжение (прочность) плодов и овощей нелинейно связано с влагосодержанием. При варьировании влажности от 80% до 60% оно изменяется для плодов до 2,1Па; от 60% до 40% увеличивается до 8,17Па; а от 40% до 30% увеличивается до 15Па; от 30% до 20% увеличивается, достигая 650Па; для овощей резкое увеличение начинается при 45% влажности до 820Па.

Все образцы в камере сушились при постоянных параметрах сушильного воздуха в течение определенного времени  $\varphi_B = 60 - 65\%$ ,  $T=313K$ ,  $\bar{v}_B=6-7$  м/с.

Получены кривые сушки плодов и овощей (в лаборатории Самаркандского филиала научно-производственного объединения «Мева шарбат»). Методом начального импульса: окуриванием, бланшированием, СВЧ, ИК энергий электромагнитного поля ИК-СВЧ, изменением активности воды, ИК-СВЧ в зависимости температуры мощности, а также конвективной сушки различного режима.

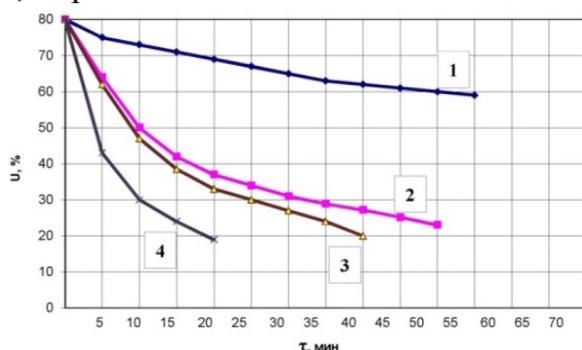
Исследования СВЧ-конвективной сушки плодов и овощей проводили на экспериментальной установке, представленной на рис-6.



1-самописец КСП -4М; 2- сосуд Дьюара; 3- датчик температуры (термопара - ХК); 4- электродвигатель; 5- термометр; 6-диссектор; 7-волновод; 8-СВЧ-генератор-магнетрон; 9- сушильная резонаторная камера; 10- вентилятор; 11-калорифер; 12-отверстия для воздуха; 13-подставка весов; 14-электронные весы ВЛК-500; 15-изучаемый продукт.

**Рис. 6. Схема экспериментального стенда для СВЧ-конвективной сушки.**

На рис.7 представлены кривые сушки различными методами плодов яблок, нарезанных пластинкой толщиной 0,5 см.



1 - конвективный  $T_B=333K$ ,  $\bar{v}_B = 2-3$  м/с,  $\varphi = 70\%$ ; 2 - СВЧ энергии  $P=0,4$  кВт; 3 - СВЧ-конвективный  $P_{свч}=0,36$  кВт,  $T_\delta=321K$ ,  $\bar{v}_B = 0,3$  м/с; 4 - СВЧ-конвективный  $P_{свч}=0,4$  кВт,  $T_\delta=353K$ ,  $\bar{v}_B = 3$  м/с.

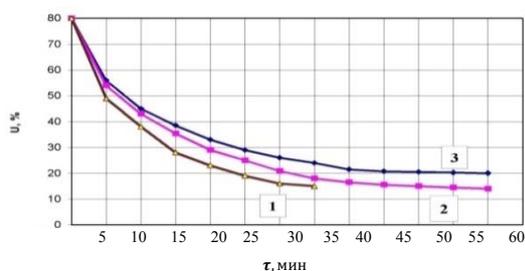
**Рис. 7. Кривые сушки нарезанных яблок ( $\delta=5$  мм) при различном методе энергоподвода.**

Продолжительность сушки от 80% до 15% влажности равна 16 мин, а суммарное время подачи СВЧ-энергии 3 мин. В первый период сушки частота включения СВЧ-энергии через каждые 2 мин, во втором периоде – через каждую 1 мин. Конвективную сушку провели при режиме:  $T_B = 323K$ ,  $\bar{v}_B = 1$  м/с,  $U = 70 - 80\%$ . Продолжительность сушки при этом составила

2,5 часов. Целесообразно отметить, что продукт получается темным и с большим короблением.

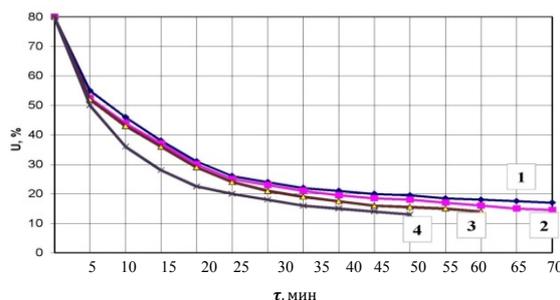
Режимы СВЧ-конвективной сушки:  $P=0,4 \text{ кВт}$ ,  $T=353^{\circ}\text{C}$ ,  $v_b=0,5 \text{ м/с}$  время сушки 50-60 мин; суммарная подача СВЧ энергии в течении 16-17 мин.

На рис. 8, 9 даны кривые сушки в зависимости от температуры сушки (продукта) и мощности СВЧ-генератора. Как видно, с увеличением мощности и температуры процесс интенсифицируется.



1 -  $T_b=343\text{K}$ ; 2 -  $T_b=325\text{K}$ ; 3 -  $T_b=313\text{K}$

**Рис. 8. Кривые сушки в зависимости от температуры сушки.**



1.  $P_{\text{свч}}=0,28\text{кВт}$ ; 2.  $P_{\text{свч}}=0,3\text{кВт}$

3.  $P_{\text{свч}}=0,36\text{кВт}$ ; 4.  $P_{\text{свч}}=0,4\text{кВт}$ ;

**Рис. 9. Кривые сушки в зависимости от мощности СВЧ-генератора.**

Результаты экспериментов по воздействию на продукт СВЧ-начального импульса показали, что процесс зависит от степени измельчения изделий. Например, морковь в виде соломы за 6 мин нагрева СВЧ энергией, мощностью  $0,36 \text{ кВт}$  теряет 50% первоначальной массы, если деленные на половинки слива и абрикос теряют за 4 мин нагрева в среднем 38% первоначальной массы, целый плод их за 6 мин нагрева теряет 17-18% влагосодержания. Такие результаты наблюдаются при нагреве картофеля: в виде брусочков и кубиков, теряется 32-34%, а в виде целого клубня 16-25%, почти в 2 раза меньше, при поверхности испарения влаги в 3-4 раза меньше по сравнению с измельченными клубнями.

Для сушки ИК-конвективным методом энергоподвода разработана экспериментальная ИК-конвективная установка, принцип работы и полученные результаты приведены в диссертации.

Исследования сушки плодов и овощей с применением различных видов начального импульса (ИК-СВЧ, изменение активности воды, ИК-СВЧ вакуум) проведены при температурах сырья  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$  и  $70^{\circ}\text{C}$ , остаточном давлении во всех случаях  $40 \text{ кПа}$ . Согласно полученным данным, наиболее равномерно сушка происходит при нагреве продукта до температуры  $60^{\circ}\text{C}$ . Массовая доля влаги составляла 37%. Значение активности воды, необходимое для обеспечения стабильности свойств сухих продуктов ( $A_w < 0,6$ ), достигается через 90 мин сушки.

Четвертая глава диссертации «**Выбор и обоснование параметров рационального режима сушки плодов и овощей методами начального импульса**» посвящена результатам расчета кинетических параметров (табл. 1) в первом периоде сушки при помощи модели Вахуски-Воборила, во втором и последующих периодах процесса по модели Ерофеева.

Также результаты расчета показали, что температуры полной деструкции мякоти плодов и овощей различны и равны 271°C и 302°C соответственно.

Выполнив расчет периода высокоинтенсивного нагрева начальным импульсом по математическим моделям, используя данные кривых температур сушки плодов и овощей получены численные значения  $A$  и  $R$ , сведенные в табл. 2.

**Таблица 1**

**Результаты расчета кинетических параметров**

№	Наименование продукта	Кинетические параметры		
		Модель Вахуски-Воборила		
		$z$	$E$ ккал/мол	$n$
1	Мякоть сливы «исполинский»	13,90	9,203	1,210
2	Мякоть с кожурой сливы исполинский	12,80	10,101	1,36
3	Мякоть абрикосы	19,22	8,981	0,249
4	Мякоть с кожурой абрикосы	29,68	12,66	0,76
5	Морковь	28,92	13,09	0,71
6	Картофель	33,30	11,58	1,86
7	Кожура моркови	61,05	17,617	1,21
8	Кожура картофеля	58,03	17,510	0,88

**Таблица 2**

**Значение  $A$  и  $R$  коэффициентов для уравнение**

Коэффициент	сливы	абрикос	яблоки	картофель	морковь
$A$	0,40	0,38	0,36	0,35	0,36
$R \cdot 10^{-3}$	7,4	7,2	7,6	6,8	6,7

Для численного расчета уравнения, описывающей кривую сушки-влажности, полученной решением уравнений (10) и (11), использовали экспериментальные и литературные данные. По результатам расчетов получены кривые температуры, хорошо коррелирующиеся с экспериментальными данными.

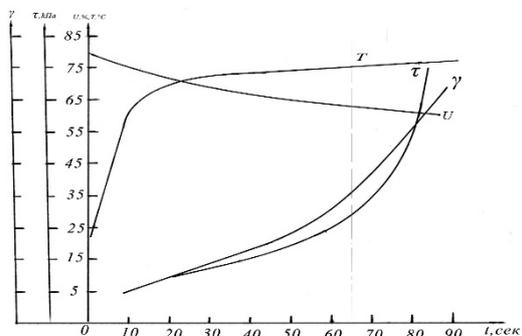
Выполнены расчеты математической модели изменений структурно-механических свойств изделий при использовании начального импульса, где использованы данные по структурно-механической характеристике плодов и овощей.

Все полученные кривые использованы для определения рационального режима начального импульса (рис.10).

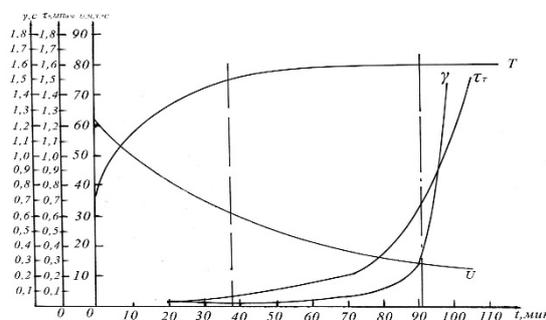
Из совмещённого графика видно, что по мере протекания воздействия начального импульса при сушке влагосодержание снижается с 82,2% до 61% в течение 80-90 с.

Численный расчет по математической модели интенсивного процесса - конвективной сушки, после воздействия начального импульса проведен по полученным результатам решенных дифференциальных уравнений, а также моделям изменения деформации процесса сушки плодов и овощей после предварительного воздействия НИ; по уравнению (21) результаты сведены в совмещённый график (рис.11).

Из приведенных кривых, полученных по разработанной методике обоснования параметров рационального режима сушки плодов и овощей, определены рациональные режимы сушки плодов и овощей, где в качестве критерия рационального режима сушки принято значение  $(\nabla U)_{max}$  максимально допустимого градиента влагосодержания в процессе сушки.



**Рис.10. Совмещённый график кривых Т-температуры, °С ; U-влажности, %;  $\tau$  –касательных напряжений, кПа;  $\gamma$  –деформации, кПа.**



**Рис.11. Совмещённый график кинетики II, III периода сушки плодов и овощей с изменением деформации и предельных напряжений.**

Для определения указанного  $(\nabla U)_{max}$  необходимо рассчитать допустимое напряжение сдвига -  $\tau_k$  и другие параметры (рис. 10, 11).

На совмещенных кривых рис.10,11 представлена типичная кривая сушки плодов и овощей, характеризующая процесс, протекающий при минимально допустимой продолжительности и обеспечивающий высокое качество конечного продукта (цвет, состояние поверхности, отсутствие трещин, быстрой развариваемости).

По этой кривой, принимая описание в виде известного уравнения

$$\frac{dU}{d\tau} = -k(U - U_p)$$

Находим:  $U = f(\tau)$

Подставляя  $U(\tau)$  в выражение для  $\tau_k$  по уравнению в математической модели определяется поверхностный градиент  $(\nabla U)_{max}$ , далее по этому градиенту и по указанным кривым сушки определяются соответствующие величины  $dU/d\tau$  для всех стадий:

$$\frac{dU}{d\tau_I} = 0,0136 \frac{\% \text{ влаг}}{\text{с}}; \quad \frac{dU}{d\tau_{II}} = 0,00968 \frac{\% \text{ влаг}}{\text{с}}; \quad \frac{dU}{d\tau_{III}} = 0,00585 \frac{\% \text{ влаг}}{\text{с}};$$

$$\text{Получены значения: } (\nabla U)_{max} = 0,912 \frac{\%}{\text{мин}}; \quad (\nabla U)_{maxI} = 2,581 \frac{\%}{\text{мм}};$$

$$(\nabla U)_{maxII} = 8,11 \frac{\%}{\text{мм}}; \quad (\nabla U)_{maxIII} = 13,2 \frac{\%}{\text{мин}};$$

Рациональным режимом сушки с ИК начальным импульсом:

$$g_{излI} = 11 - 13 \text{ кВт/м}^2; \quad \tau_I = 80 - 90 \text{ сек}; \quad \gamma = 38-40\%$$

для второго периода:  $g_{излII} = 6 - 7,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}; \quad \tau_{II} = 90 - 100 \text{ мин}; \quad \sigma = 60 - 70 \text{ кПа}$

При относительном влагосодержании воздушной среды 60-70%, температура среды составляет 70-80°C.

Пятая глава диссертации «Аппаратурное оформление технологии переработки и сушки плодов и овощей в промышленных условиях» посвящена разработке технологической схемы переработки и промышленной схеме производства сушеных овощей: моркови и картофеля, также плодов – яблок, абрикоса, сливы. Технологическая схема процесса сушки разделена на время и объект воздействия начальным импульсом.

Разработана универсальная камерная сушилка (рис.12) периодического действия тупикового типа с воздушно-атмосферной развитой турбулизационной циркуляцией и рециркуляцией для сушки плодов (сливы, яблоко, абрикосов и т.п.) и овощей (нарезанных клубней картофеля и моркови). В сушилке расположены ИК-нагреватели для подачи начального импульса (НИ).

**Таблица 3**

**Режимы сушки фруктов и плодов в камерной сушилке**

Ма-тери-ал	Форма разделки	Выход матери-ала, %	Нагрузка на сито, кг/м <sup>2</sup>	Обработка до сушки		Максимальная температура, °С	Длительность сушки, ч	Влажность после сушки, ω%
				Форма обработки	Длительность, мин.			
Ябло-ки	Очищен-ные без сердцевин, ломтики, кубики	65-75	7,5	Окурива-ние, начальный импульс ИК, СВЧ	15-30 мин 1,5-3,0	60-71 70-82	6-10 1,5	10-15 14
Абри-кос	Поло-винки	90-94	10,0		1,5-3,0	60-70	1,1-1,2	15-20

Сушильное устройство, (рис.12) состоит из двух камер, каркаса облицованного панелями, обшитые металлические стенки с теплоизоляцией (минеральная вата марки 150 (ГОСТ 4640-66), системы для горячего воздуходобывания, состоящей из калорифера КФСО-9.7 с двумя осевыми вентиляторами МЦЛ 7, воздушного и рециркуляционного канала, установлены ИК-генераторы (КГ 220-1000), этажерки для сырья с сеточными поддонами, системы нагрева и ИК нагреватели, встроенных пропеллеров для турбулизации.

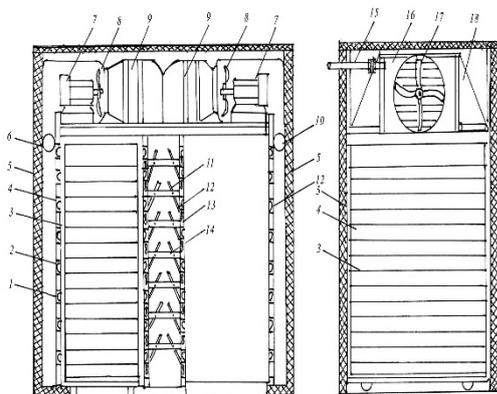
Перед началом работы сушилки обе камеры (1) обогреваются с помощью калорифера (9) и вентиляторов (8) с электродвигателями (7). Затем, открывая переднее дверце сушилки вводятся нагруженные продуктом этажерки (2) с тефлоновыми перфорированными поддонами, в которые заранее закладывается нарезанный продукт.

Для сушки с воздействием начального импульса, в течение 90 с включаются с обеих сторон ИК-нагреватели (4), помещенные на специальных гнездах на внутренней панели сушильной камеры. После

предварительного нагрева через шахты заслонок (11) подается сбалансированный расход горячего воздуха. Перед попаданием воздушного потока на сушильную камеру, воздушный поток задаваясь на пропеллеры (13) висячие на проволочную подвеску, образует в камере завихренный поток воздуха. Отработанный воздух проходя через проемы панелей камеры и воздушной шахты (12) вновь поступает на калорифер и таким образом происходит циркуляция воздуха в обеих камерах сушилки.

На шахте имеются 14 заслонок продвижением которых, воздух в камерах сбалансируется и организуется равномерная его подача. Для этого используется горизонтальная планка 14.

Воздух в камерах по времени обновляется с помощью заслонок 6, 10; свежий воздух подается снаружи, одновременно отпуская отработанный.



1-сушильная камера, 2-этажерка с тележкой, 3-воздушная шахта, 4, 12-панель ИК лампами, 5-каркас, 6, 10-заслонка, 7-электродвигатель, 8-вентилятор, 9, 16-калорифер, 11-панель заслонки, 13-пропеллер, 14-планка, 15-слив патрубком, 17-вентилятор калорифера, 18-воздуховод.

**Рис.12. Схема универсальной камерной сушилки с развитой турбулизацией воздуха.**

Приведена общая техническая характеристика сушилки производительностью 2-2,5 т/сутки по сырью в зависимости от вида сырья, экономическая оценка внедрения ее на производстве. Расчетный экономический эффект от внедрения разработки на предприятии ООО «SAM-AGRO-STAR», СП ООО «AGROMIR-KONSERVA» и СП ООО «SIYOB-SAXOVATI» при объеме переработки 500 т плодов и овощей кулинарной продукции составляет более 200 млн. сумов.

Для определения основных размеров камер и расстановки СВЧ и ИК генераторов начального импульса и сушики разработана методика их инженерного расчета, получены уравнения для определения длины рабочей камеры в зависимости от температуры, градиента влагосодержания и электро-, теплофизических характеристик продукта. Разработана методика инженерного расчета установок ИК-начального импульса и ИК-сушки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Классифицированы методы сушки с применением начального импульса. Составлена математическая модель процесса сушки с внутренним источником нагрева, придающим за короткое время максимально допустимую температуру, приращение влагосодержания и давления, способствующие изменению структурно-механических свойств продукта.

2. Термогравиметрическим исследованием плодов и овощей определены

температуры термических превращений яблок, сливы, абрикоса, картофеля, моркови в основных периодах сушки: для плодов I-79,2-60,2%; II-60,7-34,6%; III-37,8-13,8%; для овощей I-82,1-60,7%; II-60,7-32,7%; III-32,7-19,1%.

3. Рассчитана модель Вахуски-Воборила, т.е. кинетика процесса разложения при высокотемпературной обработке мякоти (сливы, абрикоса, моркови и картофеля), определены температуры полной деструкции мякоти плодов 271°C и овощей 302°C.

4. Определены структурно-механические свойства образцов: предельные напряжения в зависимости от влагосодержания, внутреннего напряжения плодов и овощей от температуры и влажности,

5. Получены кривые сушки плодов и овощей с применением обработки образцов начальным импульсом: окуриванием, бланшированием, СВЧ, ИК энергий электромагнитного поля ИК-СВЧ, изменением активности воды, в зависимость температуры мощности, а также конвективной сушки различного режима.

6. Расчеты обоснования параметров рационального режима сушки плодов и овощей показали, что максимальный градиент влагосодержания составляет:  $(\nabla U)_{max} = 0,918 \frac{\%}{мм}$ ; для первого периода  $(\nabla U)_{maxI} = 2,58 \frac{\%}{мм}$ ; для второго периода  $(\nabla U)_{maxII} = 8,11 \frac{\%}{мм}$ ; для третьего периода  $(\nabla U)_{maxIII} = 13,2 \frac{\%}{мм}$ .

Определены скорости сушки: при начальном импульсе:  $\frac{dU}{d\tau_I} = 0,0186 \frac{\% \text{влаг.}}{с}$ ; при последующей конвективной сушке:  $\frac{dU}{d\tau_{II}} = 0,00968 \frac{\% \text{влаг.}}{с}$ ;  $\frac{dU}{d\tau_{III}} = 0,00586 \frac{\% \text{влаг.}}{с}$ .

Определен рациональный режим сушки с ИК начальным импульсом:

$$g_{излI} = 11 - 13 \text{ кВт/м}^2; \tau_I = 80 - 90 \text{ сек}; \gamma = 38-40\% \text{ для второго периода: } g_{изл} = 6 - 7,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}; \tau_{II} = 90 - 100 \text{ мин}; \sigma = 60 - 70 \text{ кПа}$$

При относительном влагосодержании воздушной среды 60-70%, температура среды составляет 70-80°C.

7. Разработана методика инженерного расчета конструкции, разработанной универсальной камерной сушилки с применением ИК-начального импульса и развитой турбулизации воздуха.

**ONE OFF SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC  
COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES OF  
27.06.2018.T.08.01 AT TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE**

---

**TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

**KURBANOVA MADINA JAMSHEDOVNA**

**INTENSIFICATION OF HEATMASSEXCHANGE PROCESSES BY THE  
INITIAL PULSE ENERGY SUPPLY**

02.00.16 – «Processes and apparatuses of chemical technology  
and food productions»

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2018**

**The theme of dissertation doctor of philosophy (Ph.D.) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2017.2.PhD/T234**

The dissertation has been carried out at the Tashkent Chemical Technology Institute.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online tkti.uz and on the website of the information and educational portal "ZIYONET" www.ziyonet.uz

**Scientific adviser:** **Dodaev Kuchkor Odilovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Barakayev Nusratilla Rajabovich**  
Doctor of technical sciences, dosent

**Gafurov Karim Hakimovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** **Tashkent State Technical University named after I.Karimov**

The defense of the dissertation will take place "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2018 at "\_\_\_" o'clock at the meeting of the One off Scientific Council on the basis of scientific council on awarding Scientific degrees of DSc.27.06.2018. T.04.01 at Tashkent chemical technological institute.(Address: 100011, Tashkent, A.Navoi St., 32 Phone: (99871) 244-79-21; Fax: (99871) 244-79-17; e-mail: tcti\_info@edu.uz.

The dissertation has been registered at the Information and Resource Center of the Tashkent chemical technological institute No. \_\_\_\_, (Address: 100011, Tashkent, A.Navoi Street, 32 Administrative Building of the Tashkent chemical technological institute, Ph: (99871) 244-79-20 ).

The abstract of the dissertation has been distributed on "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2018.

Protocol at the register No. \_\_\_\_\_ dated \_\_\_\_\_ 2018.

**S.M.Turobjonov**

Chairman of the Scientific Council for the award of a Doctor of Science degree, Doctor of Science, Professor

**A.I. Ibodullaev**

Scientific Secretary of the Scientific Council for the award of a Doctor of Science degree, Doctor of Science, Professor

**H.C.Nurmuxammedov**

Chairman of the scientific seminar at the Scientific Council on awarding the academic degree of Doctor of Science, Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of Phd dissertation)

**The aim of research work** is to develop scientific principles of intensification and highly effective devices for heat and mass exchange processes of processing food products on the basis of system analysis, the impact of external and internal fields on biological and heat and mass exchange processes.

**The objects of research work:** food products: fruits (apples and plums) and vegetables (potatoes, carrots) with their physicommechanical characteristics.

**The scientific novelty of the research** consists in the following:

It has been determined effective used of the impulse action on the drying process, the characteristic of the drying process considered hygrothermal with a preliminary impulse was formalized treatment of the product;

It has been proved the change in structural and mechanical properties as a result of temperature, humidity and pressure increase inside the product to the maximum possible due to high-intensity impulse of processing;

It has been a mathematical model of a high-intensity process, it has been developed that describes the effect of the medium with an internal heat source (microwave, IR exposure, etc.) and the preliminary and final drying processes of fruits and vegetables with a change in their structural and mechanical properties,

It has been obtained Structural and mechanical properties of drying objects were developed in the first and second drying periods, various conditions of fruits and vegetables during the stress period, and their combined differential equations;

It has been created the technological process and plants for drying fruits and vegetables

**Implementation of the research results.** The results of drying fruit, such as apples and plums, vegetables such as potatoes and carrots, carried out with the impact of the initial pulse of electromagnetic fields are embedded in:

it is added to the technical conditions approved by the agency "Uzstandart" (TI 64-23425648-01: 2015) (Ts22313254-02:2014.) .As a result, it became possible to intensify heat and mass transfer processes of drying fruits and vegetables due to the primary impulse energy supply;

it is installed a drying unit with a primary pulse feed (reference: OOO SAM-AGRO-STAR. Certificate from the holding company “Uzbekoziqovqatxolding”, dated November 24, 2017 AS / 05-2-3570). As a result, the drying process is accelerated, the deformation of the outer layer of the product is reduced, energy consumption is reduced;

it is drying technology and a plant for fruits and vegetables are introduced into production at AGROMIR-KONCERVA LLC JV, SAM-AGRO-STAR LLC and SIYOB SAXOVATII JV LLC (Certificate from the holding company “Uzbekoziqovqatxolding”, dated November 24, 2017 AS / 05-2- 3570). As a result, it was possible to increase the efficiency of production of dried products in comparison with the traditional method by 12-16%.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation structure consists of the introduction, five chapters, conclusion, the list of used literature and applications. The dissertation volume consists of 120 pages.

## **INTRODUCTION (abstract of Phd dissertation)**

### **Эълон қилинган ишлар рўйхати**

### **Список опубликованных работ**

### **List of published works**

#### **I бўлим (I часть; I part)**

1. Курбанова М.Ж. - Интенсификация тепло-массообменных процессов начальным импульсным энергоподводом. Монография. Самарканд: ГП издательство “Zarafshon”-2017.136 с.

2. Mamatov Sh.M., Dodaev K.O., Kurbanova M.J. Effect of pretreatments on drying potato // Austrian journal of technical and natural sciences. Vienna, 2016. - № 1-2. – P. 57-60. (02.00.00; №2).

3. Kurbanova M.J., Dodaev K.O., Kurbanov J.M. Thermochemical techniques of processing the initial impulse technology of drying fruits and vegetables // Austrian journal of technical and natural sciences. Vienna, 2016. -№5-6. -P.20-24. (02.00.00; №12).

4. Курбанова М.Ж., Курбанов Ж.М., Додаев К.О. Импульсные теплехимические методы предварительной обработки в технологии сушки плодов и овощей // Хранение и переработка сельхозсырья. Москва, 2016. -№ 8. -С. 49-53. (02.00.00; №25).

5. Курбанова М.Ж., Додаев К.О., Курбанов Ж.М. Изменение структурно-механических свойств плодов и овощей в процессе сушки // Хранение и переработка сельхозсырья. Москва, 2016. -№ 10. -С. 11-15. (02.00.00; №25).

6. Курбанова М.Ж., Додаев К.О., Курбанов Ж.М. Математическое моделирование тепло-массообменных процессов (сушки) при интенсификации начальным импульсом // Самарканд Давлат Университети илмий-тадқиқотлар ахборотномаси. Самарканд, 2016.-№3.-С.62-66. (02.00.00; №12).

7. Курбанова М.Ж. Разработка инженерного метода расчета СВЧ рабочий камер и для сушки // Самарканд Давлат Университети илмий-тадқиқотлар ахборотномаси. Самарканд, 2017. -№1.-С.102-105. (02.00.00; №12).

8. Курбанова М.Ж., Додаев К.О., Курбанов Ж.М. Анализ и расчет дериватограммы плодов и овощей // Самарканд Давлат Университети илмий-тадқиқотлар ахборотномаси. -Самарканд, 2017.-№3.-С.68-72. (02.00.00; №12).

9. Курбанова М.Ж. Математическое моделирование изменений структурно-механических свойств плодов и овощей в процессе сушки // Самарканд Давлат Университети илмий-тадқиқотлар ахборотномаси.-Самарканд, 2017.-№1.-С.26-32. (02.00.00; №12).

10. Курбанова М.Ж., Термогравиметрическое исследование плодов и овощей // UNIVERSUM: Технические науки. 2017 г. (02.00.00; №25).

11. Курбанова М.Ж., Додаев К.О., Курбанов Ж.М. Математические моделирование тепломассообменных процессов при интенсификации начальным импульсом // Хранение и переработка сельхозсырья. -Москва, 2017. -№ 3. -С. 32-35. (02.00.00; №25).

12. Курбанова М.Ж., Додаев К.О., Курбанов Ж.М. Исследование процесса сушки плодов яблок СВЧ-конвективным способом // Пищевая промышленность. -Москва, 2015. -№ 10. -С. 19-21.

### **Ибулим(II часть; Part)**

13. Комилов М.К., Курбанова М.Ж. Трехсекционная конвективная сушилка для плодов и овощей // IX международная научно-техническая конференция Техника и технология пищевых производств. Тезисы докладов часть 1, -Могилев, 2013. -С.83.

14. Курбанова М.Ж., Комилов М.К. Исследование структурно-механических характеристик пищевых продуктов // IX международная научно-техническая конференция Техника и технология пищевых производств. Тезисы докладов часть 1, Могилев, 2013. -С.263.

15. Курбанова М.Ж., Комилов М.К. Аминокислотный состав пищевых продуктов, как гарант качества и безопасности питания // IX Международная научно-техническая конференция Техника и технология пищевых производств // Тезисы докладов часть 1, Могилев, 2013.-С.182.

16. Маматов Ш.М., Курбанова М.Ж., Додаев К.О. Исследование активности воды при инфракрасной вакуумной сушке овощей // Международный симпозиум «Микроорганизмы и биосфера». Микробиос-2015, Ташкент, 2015.-С.138.

17. Курбанова М.Ж., Додаев К.О. Интенсификация сушки плодов и овощей с применением начального импульса // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефте-газовой и пищевой промышленности. Ташкент, 2016.-С.36-38.

18. Курбанова М.Ж. Смысловой анализ процессов обработки пищевых продуктов начальным импульсом // Международная научно-практическая конференция. 22-декабря 2016 г, Часть 3, Стерлитамак, Россия. -С. 98-104.

Автореферат «Кимё ва Кимёвий технологияси» журнали таҳририятида  
таҳрир қилинди.

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 20.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.

