

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МЕЛИБОЕВ МИРАЪЗАМ ФОЗИЛЖОН ЎҒЛИ

**ОЛХЎРИНИ ҚУРИТИШДА ЮҚОРИ САМАРАДОР
КОМБИНАЦИОН УСУЛЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ**

**02.00.17 - Қишлоқ хўжалик ва озиқ-овқат маҳсулотларига ишлов бериш,
сақлаш ҳамда қайта ишлаш технологиялари ва биотехнологиялари**

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Мелибоев Мираъзам Фозилжон ўгли Олхўрини куритишда юқори самарадор комбинацион усуллардан фойдаланиш	3
Мелибоев Мираъзам Фозилжон угли Использование высокоэффективных комбинированных методов при сушке слива	21
Meliboev Mira'zam Foziljon ogli Use of high effective combination methods in drying plums	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	43

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc 03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МЕЛИБОЕВ МИРАЪЗАМ ФОЗИЛЖОН ЎҒЛИ

**ОЛХЎРИНИ ҚУРИТИШДА ЮҚОРИ САМАРАДОР
КОМБИНАЦИОН УСУЛЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ**

**02.00.17 - Қишлоқ хўжалик ва озиқ-овқат маҳсулотларига ишлов бериш,
сақлаш ҳамда қайта ишлаш технологиялари ва биотехнологиялари**

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

Тошкент - 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссияда В2022.1.PhD/T2187 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Наманган муҳандислик-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий Кенгаш веб-саҳифасида (ik-kimyo.nuu.uz) ва <<Ziyonet>> Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Маматов Шерзод Машрабжонович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий ошпонентлар:

Исабаев Исмоил Бабаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Сафаров Жасур Эсиргапович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.04.01 рақамли Илмий Кенгашнинг 2022 йил «17» 08 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20, факс: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (276 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч. 32. Тел.: (99871)244-79-20).

Диссертация автореферати 2022 йил «1» 08 куни тарқатилган.
(2022 йил «1» 08 даги № 81 рақамли реестр баённомаси).



С.М. Туробжонов

Илмий даражалар берувчи Илмий
Кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Х.И. Кадиров

Илмий даражалар берувчи Илмий
Кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

К.П. Серкаев

Илмий даражалар берувчи Илмий
Кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштириш, қайта ишлаш, сифатли озиқ-овқат ишлаб чиқариш ва хавфсизлигини таъминлашга бўлган талаблар йилдан йилга ошмоқда. Шу билан бирга, замонавий технологияларни жорий этиш орқали қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш, сифатли, паст ҳарорат ва чуқур вакуумда қуритиш даврини қисқартириш, музлатиш орқали дастлабки намликни буғлатиш, узлуксиз сублимацион қуритиш технологиясини соддалаштириш, унумдорлигини ошириш бўйича олиб борилаётган ислохатлар долзарб аҳамиятга эга.

Жаҳон қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини сифатли ва энергиятежамкор технологиялар асосида қуритиш бўйича илмий изланишлар олиб берилмоқда. Бу борада, дастлабки ишлов бериш орқали асосий намликни йўқотиш ва комбинацияланган қуритиш усулларини қўллаш билан озиқавий қиммати юқори, фаол моддалар сақлаган, витамин ва минерал моддаларга бой қуритилган мевалар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш технологияларини ишлаб чиқиш ва синовдан ўтказишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамызда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини комбинацион усулда сублимацион микротўлқинли қуритиш технологияларини такомиллаштириш бўйича муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида «таркибий ўзгартиришларни чуқурлаштириш ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш салоҳиятини изчил ривожлантириш, мамлакат озиқ-овқат хавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, экологик тоза, сифат кўрсаткичи юқори бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш, аграр секторнинг экспорт салоҳиятини сезиларли даражада ошириш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада сублимацион қуритишнинг иссиқлик манбаи ҳисобланувчи микротўлқинли майдон маҳсулотларини волуметрик қиздириш, комбинацион усулда энергия беришнинг рационал режимларини асослаш, қуритилган мевалар ишлаб чиқариш технологияларини мақбуллаштириш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги №ПФ-60-сонли «Янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 29 июлдаги ПҚ-4406-сонли «Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини чуқур қайта ишлаш ва озиқ-овқат саноатини янада ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2019 йил 23 октябрдаги ПҚ-5853-сонли «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2018 йил 19 январдаги ПҚ-3484-сонли «Озиқ-овқат тармоғини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 26 апрелдаги ПҚ-3680-сонли «Мамлакатнинг озиқ-овқат хавфсизлигини янада таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармон

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида» фармони

ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларида белгиланган вазифаларни амалга оширишга муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республикада фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига боғлиқлиги. Тадқиқот ишлари республика фан ва технологиялари ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги биотехнология, экология ва атроф-муҳитнинг муҳофазаси» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ташқи иссиқлик ва масса узатиш билан меваларни атмосфера босимида музлатиб қуритиш технологиясини такомиллаштириш бўйича Ванг, N.M. Shofian, A. A. Hamid, A. Osman, N. Saari, F. Anwar, M.S. Pak Dek, C. Pere, E. Rodier, O.A. Louisnard, С. Гинзбург, М.В. Подолский, Ю.И. Новиков, Г.Д.Рютов, Б.П. Камовников, Э.В. Блинская, С.В. Тишков, К.В. Алексеев, С.В. Минаев, О. Сафаров, Қ.О. Додаев, Х. Нурмухаммедов, А.А. Артиқов, Д. Хикматов, Ж.Э. Сафаров, А. Чориев ва бошқалар илмий-тадқиқот ишлари олиб боришган.

Улар томонидан қуритиш бўйича озиқ-овқат маҳсулотларини тез музлатишнинг афзалликлари асослаган, лиофилизация технологиясининг бирламчи музлатиш босқичи математик моделлаштирилган, сублимацион қуритишда микротўлқинлар ёки инфрақизил нурлардан фойдаланилган, озиқавий қиммати юқори, фаол моддалар сақлаган, витамин ва минерал моддаларга бой қуритилган мевалар ишлаб чиқаришнинг экологик тоза ва энергиятежамкор, такомиллашган технологиялари ишлаб чиқилган.

Шу билан бирга, комбинацион усулда қуритишда микротўлқинларнинг таъсирини, қуритилаётган объект ва магнетронлар орасидаги муқобил масофани ҳамда тўлқин узунлигини аниқлаш, вакуум-сублимацияли қуритишда микротўлқинли майдон маҳсулотларни волуметрик қиздириш, қуритиш маҳсулотлари сифати ва органолептик кўрсаткичлари меъёрларга мос технологияларини мақбуллаштириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Диссертация тадқиқотининг бажарилган олий таълим муассасаси илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Наманган муҳандислик-технология институтининг илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ ИЗ-202011018 «Мева ва сабзавотларни сақлаш учун энергиятежамкор янги вакуум-сублимацияли қуритиш ускунасини яратиш» (2021-2022 йй.) мавзусидаги инновацион лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади олхўри мевасини қуритишнинг юқори самарали комбинацион технологиясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

олхўрини сублимацион қуритиш жараёнининг давомийлигига микротўлқинлар таъсирини тадқиқ қилиш;

микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёнини мақбул режимларини аниқлаш;

микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёнини қуритилган маҳсулот таркибидаги витаминлари, қандлари ва органолептик кўрсаткичларига таъсирини тадқиқ қилиш;

комбинацион қуритиш жараёнининг кинетикасини асослаш;

комбинацион қуритиш жараёнининг иқтисодий кўрсаткичларини ҳисоблаш;

олхўри мевасини қуритишнинг юқори самарадор комбинацион технологиясини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ўзига хос физик-механик тавсифга эга бўлган олхўри меваси, «SUNNY LAND PRODUCTS» МЧЖдаги мавжуд қуритиш технологиялари ва уларнинг моделларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг предмети олхўрини микротўлқинлардан фойдаланган ҳолда сублимацион усулда қуритиш технологиясини такомиллаштириш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишини бажаришда хомашё ва қуритилган маҳсулот хоссаларини аниқлашнинг умумқабул қилинган стандарт, физик-кимёвий, махсус органолептик ва корреляцион-регрессион таҳлил ҳамда экспериментларни статистик-математик режалаштириш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

микротўлқинли сублимацион қуритишни олхўри структурасига, намлик ва жараён даврига таъсири аниқланган;

олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш шароитларида аскорбин кислота миқдори 94 %, углеводлар миқдори 98 %-гача нативлигини сақлаб қолиши исботланган;

микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёнида анъанавий усулларга нисбатан қуритиш тезлигини 1,2 баробарга ошиши, вақти 5-6 соатга қисқариш асосланган;

микротўлқинли комбинацион усулда қуритишнинг, объект ва магнетронлар орасидаги масофа ҳамда тўлқин узунлиги билан боғлиқлиги аниқланиб, қуритиш маҳсулотлари таркибидаги витаминлар ва қандлар миқдори сақланиши исботланган;

олхўри мевасини қуритишнинг юқори самарали комбинацион технологияси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

олхўри мевасининг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуритиш бўйича конструктив тавсиялар ишлаб чиқилган;

комбинацион усулда олхўрини қуритишнинг мақбул режим ва параметрлари аниқланган;

олхўри мевасини қуритишнинг юқори самарадор комбинацион технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги экспериментал натижаларни олишда юқори аниқликдаги намлик анализаторларидан фойдаланилганлиги, МАТЛАБ, СТАТИСТИКА 6.0 каби замонавий компьютер дастурлари, Windows

ХР, Microsoft Excel каби операцион мухитлардан математик моделларнинг аниқлиги ва кўрилатган соҳа бўйича баҳолаш мезонларининг адекватлиги, ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари ва уларнинг реал ишлаб чиқариш маълумотлари билан қиёсий таҳлиллари орқали асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олхўрини қуритишнинг комбинацион усулида микротўлқинлар, магнетронлар орасидаги муқобил масофа ва тўлқин узунлиги таъсири, волуметрик қиздириш билан майдон маҳсулотларнинг сифати ва органолептик кўрсаткичлари меъёрларга мос технологияларини мақбуллаштириш жараёнларининг оптимал шароитлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, олхўри мевасининг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуритиш жараёни режим параметрларини танлаш, диэлектрик диапазонда музлатилган маҳсулотлардаги намликни бугга айлантириш орқали сублимацион қуритишнинг жадаллаштирилган технологияси тавсия этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш технологияси «SUNNY LAND PRODUCTS» МЧЖда амалиётга жорий қилинган (Ўзбекистон озиқ-овқат саноати уюшмасининг 2022 йил 15 мартдаги 15-44/03-22-сон маълумотномаси). Натижада, олхўрини қуритиш жараён давомийлигини ўртача 5 соатгача қисқартириш имконини берган.

олхўрини диэлектрик диапазонда музлатилган маҳсулотлардаги намликни бугга айлантириш орқали сублимацион қуритишнинг жадаллаштирилган технологияси «SUNNY LAND PRODUCTS» МЧЖда амалиётга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2022 йил 18 мартдаги №03/29-04/1398-сон маълумотномаси). Натижада, олхўрини микротўлқинли сублимацион усулда қуритиш орқали электр энергияни 20 %-гача тежаш ҳамда иқтисодий самарадорликка эришиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий конференцияларда маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси ва материаллари бўйича жами 18 та илмий ишлар нашр этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 8 та, жумладан, 2 та хорижий журналларда мақолалар чоп этилган.

Диссертация тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта бўлим, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 104 бетдан ташкил топган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект 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 «**Сублимацион қуритиш технологияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар таҳлили**» деб номланган **биринчи бобида** қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини, хусусан олхўрини сублимацион қуритиш жараёнининг назарияси ва техникасини ривожлантириш ҳолати ва тенденциялари таҳлил қилинди, мева ва сабзавотларнинг қуритиш объекти сифатида технологик хусусиятлари ҳақидаги маълумотлар тизимлаштирилди. Қуритиш жараёнини, мева-сабзавотларни қуритиш учун усуллар ва қурилмаларни тадқиқоти натижалари келтирилди. Тизимларнинг бир бутунлиги ва барқарорлиги даражасини ҳисоблаб чиқиш асосида мева-сабзавотларни қайта ишлаш жараёнининг яхши ташкиллаштирилмаган соҳаси аниқланди. Ушбу боб таҳлилий характерга эга бўлиб, тадқиқотнинг асосий концепциясини шакллантиришга йўналтирилган.

Диссертациянинг «**Тадқиқот объектлари, шартлари ва усуллари**» деб номланган **иккинчи бобида** тадқиқот учун танланган объект – олхўрини физик кимёвий хусусиятлари, органолептик кўрсаткичлари келтирилган бўлиб, уни танлашда минтақамизда кенг кўламда етиштирилиши, қуритиш учун яроқли нави танланган. Шу билан бирга тадқиқот объектининг умумий тавсифи, физик-кимёвий кўрсаткичлари келтирилган.

Тадқиқот усуллари биз томондан илгари сурилаётган микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёнини анъанавий сублимацион қуритиш жараёнига нисбатан хусусиятлари таққосланган.

Тадқиқотлар 2 та усул: сублимацион ва микротўлқинли сублимацион қуритиш усулларида олиб борилди.

Бунда маҳсулотнинг сифат кўрсаткичларини аниқлаш учун ишлатилган методикалар ва методлар келтирилган.

Барча таҳлилий жараёнлар стандартлардан келиб чиққан ҳолда бажарилган.

Диссертациянинг «**Сублимацион ва диэлектрик қуритиш жараёнларини комбинацион усулини ишлаб чиқиш**» деб номланган **учинчи боби** сублимацион қуритиш ускунасида диэлектрик тўлқинлардан фойдаланишга бағишланган.

Иқтисодий самарадорликка эришишнинг зарурий шартларидан бири қуритишга кетадиган энергия сарфини камайтиришдир.

Микротўлқинли сублимацион қуритиш технология, қуритилган қатламнинг иссиқлик хусусиятларидан қатъий назар, керакли энергияни электромагнит тўлқин шаклида музлатилган майдонга ўтказишга ёрдам беради.

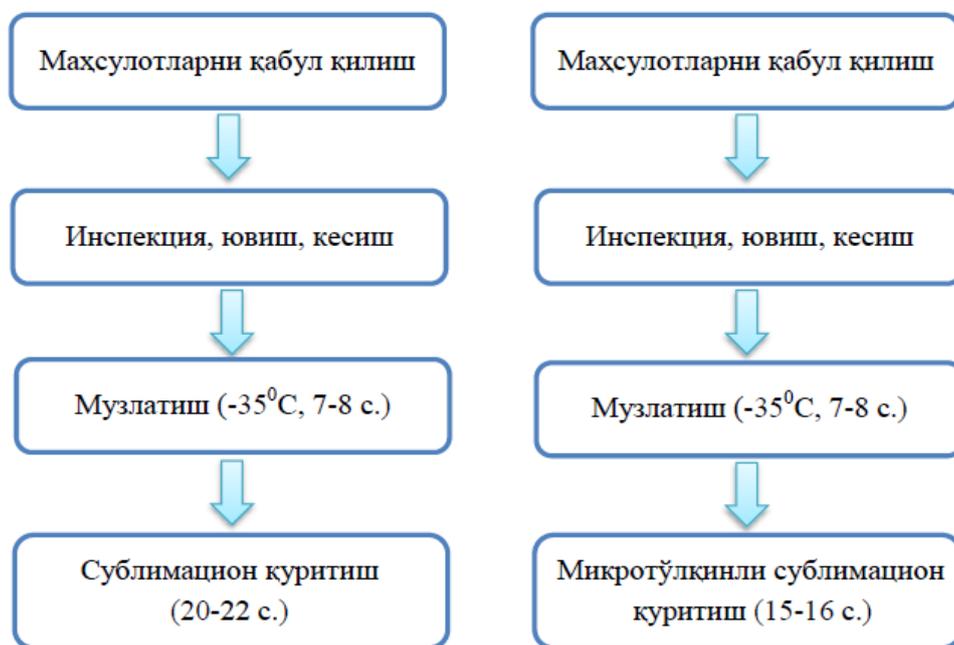
Сўнгра электромагнит майдон музлатилган майдонга тарқалади ва унинг ҳароратини оширади. Намлик муз ҳолатида бўлганлиги сабабли, тарқалиш бутун музлатилган массада содир бўлади. Аслида, бу ички ҳажмли иситишни ҳосил қилади. Тадқиқотларда сублимацион ва ҳавода қуритилган олхўри ҳажмининг пасайиши (қисқариши) тахминан 6,6% ва 80% ни ташкил этиши аниқланди.

Ўтказилган тадқиқотларда сублимацион қуритиш ва микротўлқинли сублимацион қуритиш усулларини ўрганилиб чиқилган. Бу усулда ҳажмли иситиш туфайли микротўлқинлар ёрдамида музлатиб қуритиш усули қуритиш даврини вақти 20% гача камайтириши аниқланган.

Намунани музлатиш жараёни ташқи қатламдан бошланади. Музлатилган массада, чуқур вакуум шароитида ва қуритилган майдон ўртасида янги майдон пайдо бўлади. Вақт ўтиши билан қуритилган ва музлатилган жойлар орасидаги чегара ўзгаради ҳамда маҳсулотнинг музлатилган ҳажми ингичка бўлиб, қуритилган майдон ҳажми ортади.

Музлатилган намуналар бир вақтни ўзида иккита камерага эга сублимацион қуритиш усулида ва микротўлқинли сублимацион қуритиш усулида қуритилади.

Иккала камерадаги босим бир хил шароитда бўлиб, камералардаги босим 10-15 Па ни ташкил этади. Музлатилган намуналар жойлаштирилган поддон қуритиш камерасини марказида жойлашган бўлиб, битта камерада уларни анъанавий иситиш агенти, яъни тенлар орқали камера ҳарорати бошқарилса, иккинчи камерада иёнлар ўрнига магнетронлар жойлашган бўлиб, иситиш агенти вазифасини микротўлқинлар бажаради.



2-расм. Меваларни сублимацион ва микротўлқинли сублимацион қуритиш технологиясининг блок схемаси

Олхўрини тадқиқот учун танланган “Венгерка” навини 2-расмда сублимацион қуритиш технологиясининг блок схемаси тасвирланган. Олиб борилган эксперимент тадқиқотлари «Sunny Land Products» МЧЖнинг лаборатория қурилмасида амалга оширилди.

Сублимацион қуритгични ишлаш принципи куйидагича:

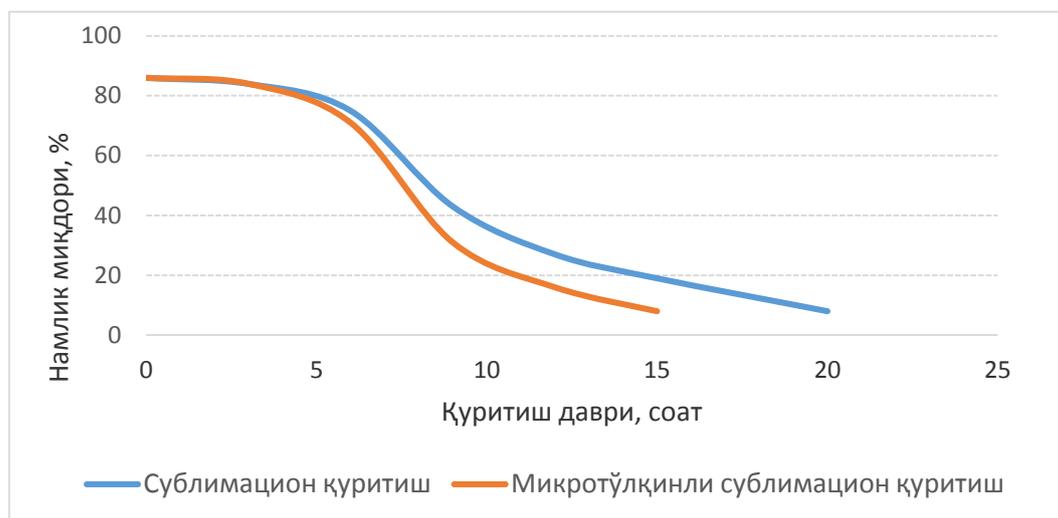
Музлатилган намуналар бир вақтни ўзида иккита камерага эга сублимацион қуритиш усулида ва микротўлқинли сублимацион қуритиш усулида қуритилади.

Тадқиқот учун танланган, -35°C да музлатилган олхўри намуналари қуритиш камераларидаги поддон солинади. Камера эшиги герметик ёпилади ва вакуум ёрдамида ҳавони тортиб олиш тизими ишга туширилади. Шундан сўнг камерада сублимацион қуритиш жараёни боради. Маълум бир вақт ўтганидан сўнг, камерадаги босим пасая бошлайди ва камерада 10-15 Па га яқин босим ўрнатилади. Бу камерани вакуум ҳолати керакли нуктага келганини билдиради ва вакуум тизими ўчирилади. Сўнгра камераларда қуритиш агенти ишга туширилади. Қуритиш даври маҳсулот таркибидаги намликка ва камералардаги иссиқлик агентига бевосита боғлиқ бўлиб, бу жараёнлар учун режимларни аниқлаш экспериментлар асосида олиб борилган.

Ўтказилган экспериментларда асосий жараён, яъни сублимацион қуритиш жараёни цилиндр шаклидаги қуритиш камерасида олиб борилди.

Тадқиқотлар шуни кўрсатдики сублимацион қуритиш жараёнида иссиқлик агенти сифатида микротўлқинлардан фойдаланиш қуритиш жараёнининг жадаллаштириши аниқланди.

Частотаси 2450 МГц бўлган магнетрон сублимацион қуритиш камерасига ўрнатилган бўлиб, микротўлқинли сублимацион жараённи боришини таъминлайди. Бунда камерадаги ҳаво ҳарорати берилган топширик оралиғида бўлади, яъни 0 дан 40°C гача. Қуритиш жараёнида магнетроннинг ишлаш принципи даврий бўлиб, бевосита ҳарорат кўрсаткичларига боғлиқ.



3-расм. Олхўрини микротўлқинли ва анъанавий сублимацион қуритиш жараёнида намликнинг ўзгариши

Таҳлил натижалари микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни олхўрини «Венгер» навини органолептик кўрсаткичларга ва маҳсулотнинг хажмига салбий таъсир қилмаганлигини, шу билан бирга қуритиш даври сезиларли даражада қисқарганини кўрсатди (3-расм).

Олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни тезлиги анъанавий сублимацион қуритишга нисбатан юқори бўлди. Бунда қуритилган олхўри намуналари анъанавий сублимацион усулда қуритилган маҳсулотлар билан солиштирилганида ўзларининг органолептик кўрсаткичларини сақлаб қолганлиги аниқланган. Бу эса ўз навбатида маҳсулотларни сублимацион қуритишда ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва қуритиш даврини камайтириш мақсадида микротўлқинли сублимацион қуритиш усулидан фойдаланиш орқали юқори самарадорликка эришиш мумкинлигини кўрсатади.

Қуритилган меваларни сифат кўрсаткичлари ГОСТ 32065-2013 да белгиланган органолептик ва физик-кимёвий талаблар орқали аниқланди.

Қуритилган мевалардаги талаб қилинадиган намлик миқдори ГОСТ бўйича 14% дан ошмаслиги керак (1 йилгача сақланадиган қуритилган олхўри учун). Бу кўрсаткич сублимацион усулда қуритилган намуналарга нисбатан 8% ни ташкил қилади.

Анъанавий сублимацион усулда 20 соат давомида қуритилган олхўри намуналарида намлик миқдори 8% ни ташкил қилди. Микротўлқинли сублимацион усулда 15 соат давомида қуритилган олхўри намуналарида намлик миқдори эса 8% ни ташкил қилди. Натижалар лаборатория таҳлиллари бир неча бор олингандан сўнг ўртача қиймат бўлиб, таҳлиллар асосида шундай хулоса қилиш мумкинки, микротўлқинли сублимацион усул қуритиш даврини сезиларли даражада қисқартириши ва бунинг эвазига энергия сарфини камайишини таъминлайди.

Ўтказилган тажрибалар таҳлили кўрсатганидек олхўрини дастлаб микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни тахминан 5-соатга қисқартириш ва энергия сарфини иқтисод қилиш имконини беради.

Қуйидаги графикларда олхўри намуналарини қуритишнинг кинетик боғланиш чизиқлари билан қуритиш кинетикаси келтирилган. Олхўри намуналарини қуритиш тезлигини ўзгаришининг микротўлқинли сублимацион қуритиш камерасида ҳамда анъанавий сублимацион усулда қуритилган намуналар солиштирилган.

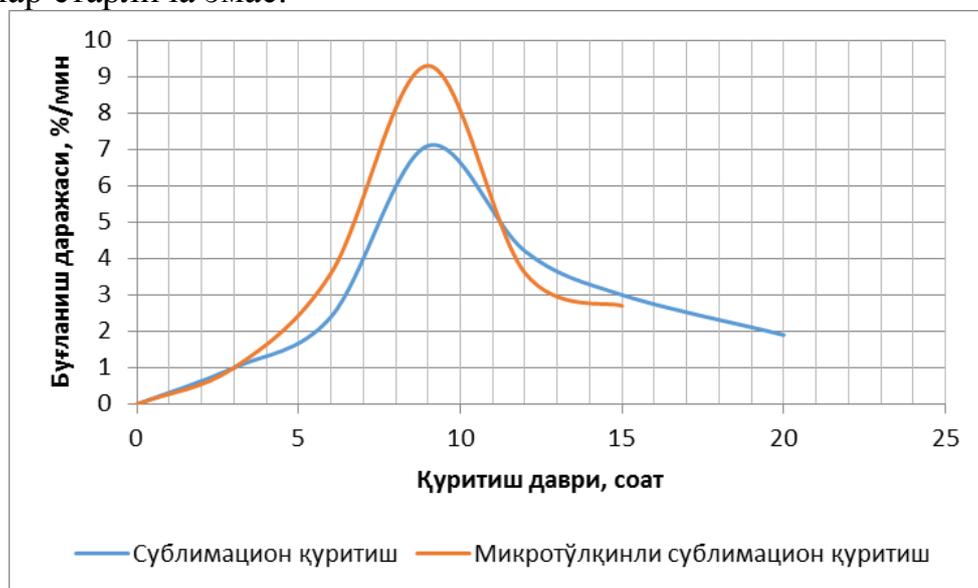
4-расмда Олхўри намунасини қуритиш кинетикаси келтирилган бўлиб, унда микротўлқинли сублимацион қуритиш ва сублимацион қуритиш усулларида олинган натижалар солиштирилган.

Қуритиш кинетикасини ФИКнинг биринчи турдаги чегаравий шартли диффузион модели бўйича тадқиқ этишга йўналтирилган тажриба натижаларига ишлов бериш кўрсатдики, қуритиш цикли давомида интегралланган намлик диффузия коэффициентларининг заррачалар асосий ўлчамининг квадратига нисбатининг қиймати $0,003 \text{ мин}^{-1}$ ни ташкил этади.

Озиқ-овқат ҳомашё маҳсулотини қуритиш технологиясини такомиллаштиришнинг вазифаси маълум бир органолептик, физик-кимёвий ва

тузилиш-механик кўрсаткичларга эга бўлган юқори сифатли маҳсулот олиш мақсадида қуритилиши керак бўлган материалда борувчи жараёнларни бошқаришдан иборат. Қуритилаётган объектдан намликни физик-кимёвий боғланган намликни чиқаришда, объект хоссаларини ўрганиш, технологик жараён параметрларининг илмий асослаш асосий вазифа саналади.

Ҳозирда бизнинг мамлакатимизда етиштирилаётган олхўри навларини қуритиш учун самарали технологиялар, қайта ишлаш корхоналари ва махсус қурилмалар етарлича эмас.



4-расм. Олхўрини микроўлқинли ва сублимацион қуритиш тезлигининг ўзгариши

Одатда мева ва сабзавотларни сублимацион усулда қуритишда тадқиқот объектининг кимёвий таркиби деярли ўзгармайди. Бунинг асосий сабаби қуритиш жараёнини ўта паст ҳарорат ва босимда олиб борилишидир. Меваларнинг таркибидаги қуруқ моддасининг асосий қисмини углеводлар ташкил қилиб улар асосан юқори ҳароратда меланоидин ҳосил бўлиши ва карамелизация реакциялари туфайли ноферментатив йўқотилиши юзага келади. Ҳатто, микроўлқинли сублимацион қуритиш усулида ҳам сублимацион камера ичидаги ҳарорат 45-50°C дан ошмаслигини ҳисобга олсак, маҳсулотларнинг сифат кўрсаткичини таҳлил қилишда фақат витаминлар ва органолептик кўрсаткичларини таҳлил қилиш етарли ҳисобланади.

Ўтказилган экспериментларда биз олхўрининг «Бертон», «Венгерка», «Самарқанд» навларини сублимацион ва микроўлқинли сублимацион қуритишда аскорбин кислота миқдорини таҳлилин олиб бордик.

5-расмда олхўрининг «Венгерка» навини сублимацион ва микроўлқинли сублимацион қуритишда аскорбин кислота миқдорини қуруқ моддадаги миқдор кўрсаткичларининг ўзгариш динамикаси кўрсатилган. Унда сублимацион ва микроўлқинли сублимацион қуритиш даври бўйлаб С витамин миқдорининг ўзгариши кўрсатилган.

Графиклар С витаминнинг миқдори олхўрининг «Венгерка» навини

сублимацион ва микротўлқинли сублимацион қуритишда деярли бир хиллигини ва ўзгармаганини кўрсатмоқда.

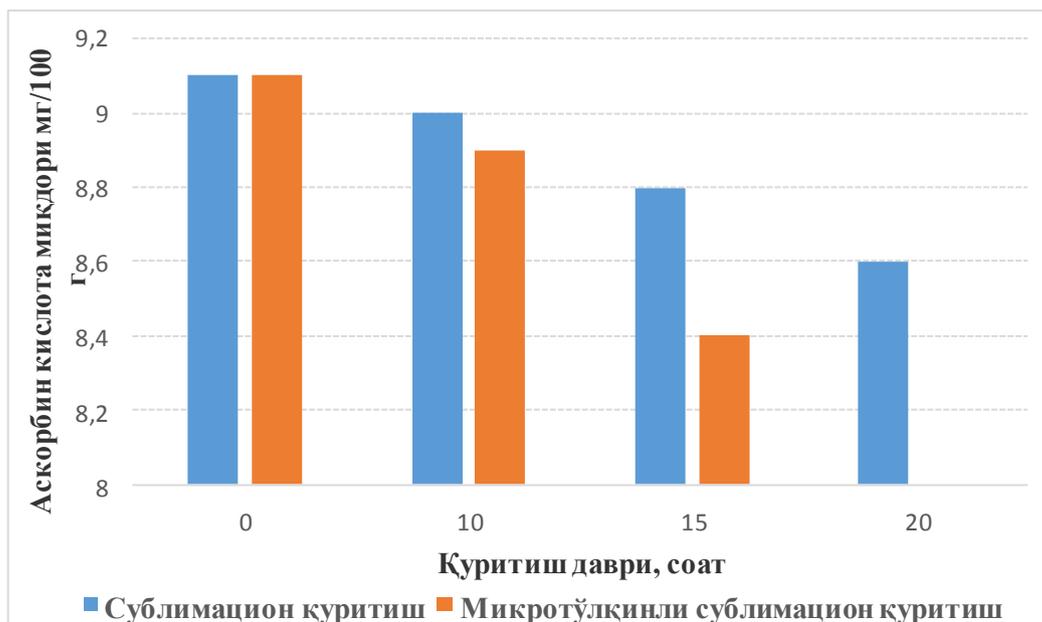
С витаминнинг қисман камайиши микротўлқинли сублимацион қуритишда жараёнинг сўнги соатларида аниқланди ва 15 соатда 8.4 мг% га етди. Албатта сублимацион қуритиш жараёнида иссиқлик агент вазифасини камера ичида ўрнатилган тенлар бажаргани ҳисобига (контактли қуритиш) маҳсулот таркибида сақланиб қолган витамин С миқдори бироз юқорироқ бўлиб 20 соатдан кейин 8.6 мг% қолгани аниқланди.

Бу кўрсаткич ГОСТ талабида 5 мг% ни ташкил этишини ҳисобга олсак, ҳар иккала миқдор ҳам стандарт талабларга жавоб бериши ва қуритилган намуналарнинг сифат кўрсаткичлари деярли бир хиллигини кўрсатмоқда.

Олхўри таркибидаги органик кислоталар ҳам муҳим сифат кўрсаткичи бўлиб, улар меваларнинг нордон таъминини аниқлайди ва уларни сақлаш пайтида тўпланиши оксидланиш жараёнларининг даражасини белгилайди.

Олхўри мевасини навига қараб, органик кислоталар орасида лимон, олма, оксалат, қахрабо кислоталари, шунингдек малон ва фумар кислоталар мавжуд. Титрланадиган кислота билан белгиланадиган органик кислоталар миқдорининг ўзгаришини ўрганиш олиб борилган тадқиқот усулларини солиштиришда муҳимдир.

Аскорбин кислота азотли, углевод алмашинуви жараёнларида, дезоксирибонуклеин кислота ҳосил қилишда, ҳужайра ядроси ва бириктирувчи тўқиманинг ҳужайралараро моддасини шакллантиришда, капиллярларнинг деворларини нормал ҳолатида сақлашда иштирок этиб катта физиологик аҳамиятга эга. С витамини учун кунлик эҳтиёж 50-100 мг ни ташкил этади. Ушбу эҳтиёжни қиш-баҳор даврида қондириш осон эмас. Шунинг учун ўсимлик маҳсулотларида турли хил ишловлар вақтида С витамини сақланишига катта эътибор қаратилади, аскорбин кислотаси беқарор витамин ҳисобланади.



5-расм. Олхўри намуналаридаги С витаминининг қуруқ моддадаги масса улушини қуритиш даври бўйича ўзгариши

С витаминининг сақланиб қолиши, уни қайта ишлаш жараёнида маҳсулотга етказилган зарарларни баҳолаш мезонидир. Олхўри меваларидаги аскорбин кислота камайтирилган шаклининг таркиби кўплаб омилларнинг таъсири билан боғлиқ: нави, тупроқ ва иқлим шароити, ҳосилни териб олиш вақти ва хоказо.

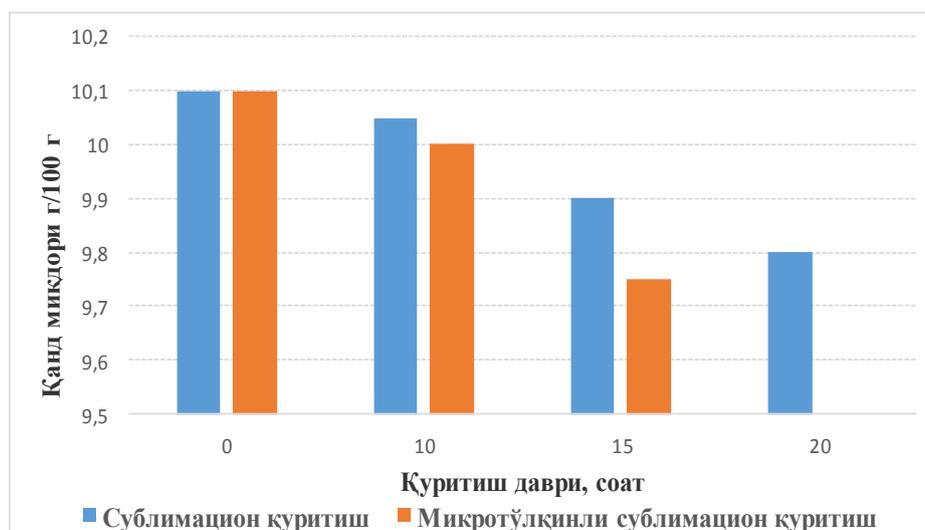
1-жадвал

Олхўри намуналаридаги аскорбин кислота миқдорлари

№	Навнинг номи	Аскорбин кислотанинг миқдори, мг/100 г		
		Олхўри	Сублимацион қуритилган олхўри	Микротўлқинли сублимацион қуритилган олхўри
1	“Бертон”,	8.9	8.0	7.8
2	“Венгерка”	9.1	8.6	8.4
3	“Самарқанд”	8,3	8,1	8,0

Тадқиқ қилинаётган олхўри навларининг микротўлқинли сублимацион ва сублимацион қуритилгандан сўнг таркибидаги аскорбин кислотанинг миқдори келтирилган (1-жадвал).

6-расмда 20 соат давомида сублимацион усулда қуритилган ҳамда микротўлқинли сублимацион усулда 15 соат давомида қуритилган олхўри намуналарида қандлар миқдорининг ўзгаришини тавсифи келтирилган.



6-расм. Олхўри намуналарида қандларнинг қуруқ моддадаги масса улушининг қуритиш даври бўйича ўзгариши

Графикларда сублимацион усулда қуритилган олхўри намуналаридаги қандларнинг концентрацияси натив сақланиши кузатилди ва бошланғич кўрсаткич билан бир хил. Микротўлқинли сублимацион қуритиш усулида қуритилган олхўри намуналаридаги қандларнинг концентрациясида жуда кам 0.1г/100г миқдорда камайгани аниқланди.

Расмларда келтирилган графиклар таҳлили шуни кўрсатдики, олхўри намуналарини сифат кўрсаткичлари барча қуритиш усулларида деярли бир хил, шу билан бирга микротўлқинли сублимацион қуритиш натижасида қуритиш даври сезиларли даражада қисқаришига эришилганлигини кўрсатди.

Олиб борилган тадқиқотлар давомида оптимал жараёни аниқлаш учун ўтказилган 2 хил усулдаги қуритиш жараёнларидан олинган натижалар солиштирилди.

Олиб борилган экспериментлар 2 хил усулда олиб борилган бўлиб, унда ҳар икки жараёнда ҳам асосий жараёнлар 2 босқичдан иборат бўлиб, сублимацион қуритиш технологиясини А ва В жараёнлардан иборат деб оламиз. Бу ерда А-олхўрини музлатиш ва В-олхўрини сублимацион қуритиш жараёнлари. Олинган натижаларни K_1 деб белгиласак, ушбу қуритиш усулларини қуйидагича математик ифода этиш мумкин:

$$A+B=K_1$$

Худди шу тартибда намуналарни микротўлқинли сублимацион қуритишни ҳам А ва С жараёнлардан иборат деб олсак, бу ерда А-олхўрини музлатиш ва С-олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни.

$$A+C=K_2$$

Агар икки усул учун ҳам музлатиш жараёнини ўзгармас деб қабул қилсак $A=const$, қуритишнинг оптимал усулини олинган натижа ёки маҳсулотнинг сифат кўрсаткичларига қараб аниқлаш мумкин бўлади. Бунда бизга маҳсулотни қуритишда олинган витамин С қийматлари керак бўлади (2-жадвал).

2-жадвал

Олхўрини қуритишдан олинган эксперимент натижалари

Олинган натижалар	Витамин С, мг/100г	Қуритиш даври, соат	Электр энергия сарфи, кВт 100 кг хом ашё учун
K_1	8,6	20	7684 кВт
K_2	8,4	15	6108 кВт

Оптималлаштиришнинг энг содда усулларидан бири таққослаш усулидан фойдаланган ҳолда, қуритиш даврида сақланган витамин С миқдори, қуритиш даври ва сарфланаётган электр энергия миқдоридан келиб чиқиб, микротўлқинли сублимацион қуритиш усулини анъанавий усулга нисбатан эффектликероқ ёки оптимал деб қабул қилиш мумкин.

3-жадвал

Қуритилган олхўри намуналарини органолептик кўрсаткичларини қиёсий таҳлили (шакли – айланасимон)

Кўрсаткичларнинг номланиши	Сублимацион усулда қуритилган олхўри намунаси	Микротўлқинли сублимацион усулда қуритилган олхўри намунаси
Ташқи кўриниши, шакли ва консистенцияси	Меваси венгеркаларга хос шаклли, қалин мумсимон, ярим овал шаклида	Меваси венгеркаларга хос шаклли, қалин мумсимон, ярим овал шаклида
Таъми ва ҳиди	Олхўрига ҳос, ёд ҳид ва таъмларсиз	Олхўрига ҳос, ёд ҳид ва таъмларсиз
Ранги	тўқ кўк	тўқ кўк

3-жадвалда олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш ва сублимацион қуритишдан олинган органолептик кўрсаткичлари (ташқи

кўриниши, ранги ва консистенцияси) келтирилган. Натижалар таҳлили шуни тасдиқладики маҳсулотларнинг органолептик кўрсаткичлари бир-бирига яқин бўлиб, икки усулда қуритилган намуналар ҳам стандарт талабларга тўлиқ жавоб беради.

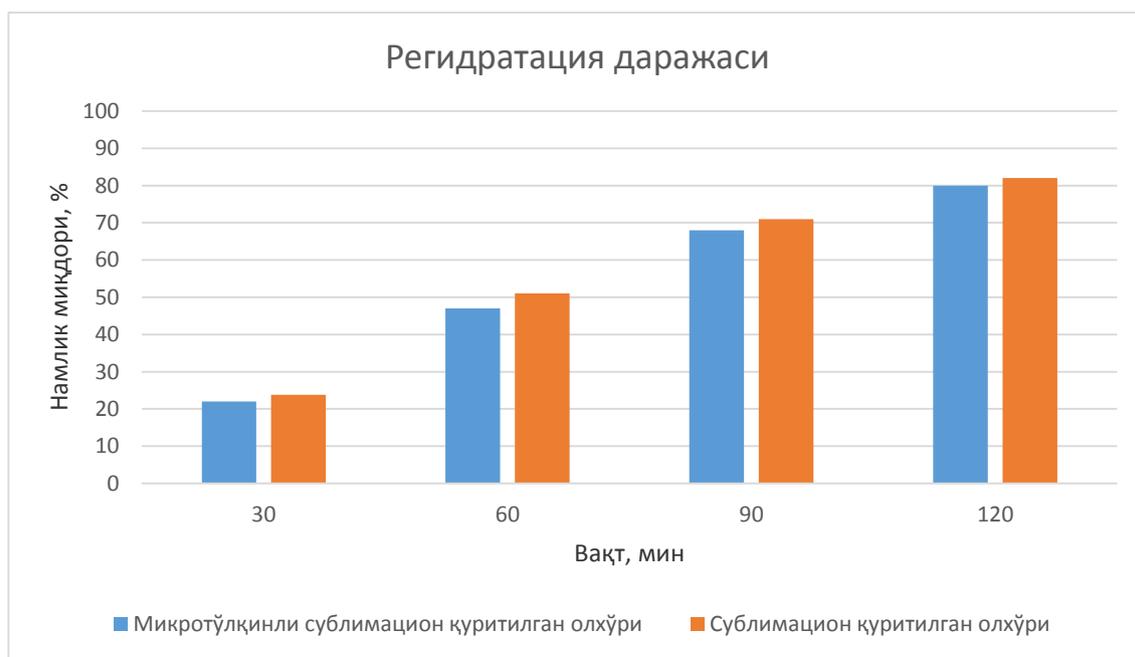
Ҳозирда регидратация коэффиценти қуритилган маҳсулотлар учун муҳим сифат кўрсаткичларидан бири ҳисобланади. Қуруқ намуналар учун регидратация жараёнига нисбатан юқорида тавсифлангани каби баҳо берилди. Регидратация вақтида тикланиш даражаси қуритишнинг турли шароитлари, яқуний намлик миқдори ва бошқа омилларга боғлиқ.

Икки усулда қуритилган олхўри намуналарининг регидратацион нисбатлари графиги 7-расмда тасвирланган.

Регидратация жараёни натижалари бир хилда бўлиб, микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёнидан кейин олхўри намуналарини қайта тикланиш жараёни анъанавий усулда қуритилган намуналар билан бир хил.

Диссертациянинг **Комбинацион қуритиш қурилмаси лойихаси, техник тавсифлари ва иқтисодий самарадорлиги** деб номланган тўртинчи бобида комбинацион қуритиш ускунаси лойихаси, технологик жараёнлар ва иқтисодий самарадорлиги кўриб чиқилган.

Олинган натижаларни амалга ошириш доирасида суткасига 1 тонна тайёр маҳсулот ишлаб чиқариш қувватига эга музлатиб қуритилган олхўри ишлаб чиқаришнинг иқтисодий самарадорлиги ҳисобланган.



7-расм. Қуритилган олхўри намуналари регидратацияси графиги

Қўлланиладиган усул микротўлқинли музлатиб қуритиш ҳисобланади. Мевалар сотиб олинади, тозаланади, сараланади, қуритилади ва турли қувватдаги ҳаво ўтказмайдиган қадокларга қадокланади. Ишлаб чиқариш қуввати суткасига 1 тонна. Мавсум давомида янги мевалар мунтазам етказиб берилади ва қуритилади.

Микротўлқинли музлатиб қуритилган мевалар бир қатор афзалликларга эга, улар хом ашёнинг шакли, ранги, хушбўйлиги ва таъмини сақлайди. Бундан ташқари, барча витаминлар ва озуқа моддалари сақланиб қолади, бунга бошқа усуллар ёрдамида эришиш қийин. Бу маҳсулотнинг қўшилган қийматини кам оғирликларга ҳам қўшиш мумкин, бу транспорт харажатларини камайтиради.

Кўпинча маҳсулотларни олдиндан қайта ишлаш иссиқлик билан ишлов бериш (ювиш) ва кейинчалик силлиқлаш (тозалаш, кесиш) билан бошланади. Қуритиш камерасидан (музлатгич) иборат микротўлқинли иситгичли музлатиб қуритиш мосламасининг схематик диаграммаси, совутилган конденсатор ва ёпиқ вакуум тизимига уланган вакуум насос 8-расмда кўрсатилган.



8-расм. Микротўлқинли иситгичли музлатиб қуритиш технологиясининг схематик диаграммаси

Анъанавий сублимацион усулда 20 соат давомида қуритилган олхўри намуналарида намлик миқдори 8% ни ташкил қилди. Микротўлқинли сублимацион усулда 15 соат давомида қуритилган олхўри намуналарида намлик миқдори эса 8% ни ташкил қилди. Натижалар лаборатория таҳлиллари бир неча бор олингандан сўнг ўртача қиймат бўлиб, таҳлиллар асосида шундай хулоса қилиш мумкинки, микротўлқинли сублимацион усул қуритиш даврини сезиларли даражада қисқартириши ва бунинг эвазига энергия сарфини камайишини таъминлайди.

4-жадвал

Олхўрини сублимацион ва микротўлқинли сублимацион қуритишда энергия сарфи ва иқтисодий кўрсаткичлари

Қуритиш тури	Қуритиш даври, соат	Музлатиш учун сарфланадиган электр энергия, кВт*соат	Вакуум (15-40 Па) насос учун сарфланадиган электр энергия, кВт*соат	Иссиқлик агенти учун сарфланадиган, электр энергия, кВт*соат	Музлатиш ва сублимацион қуритиш даврида сарфланадиган электр энергия миқдори, кВт*соат	100 кг қуритилган олхўри учун Музлатиш ва сублимацион қуритиш давридаги электроэнергия нархи	1 кг қуритилган олхўри учун Музлатиш ва сублимацион қуритиш давридаги электроэнергия нархи
Сублимацион қуритиш камераси FDU-750	20	150	305	14	7684	3 457 800	34 578 сўм
Микротўлқинли сублимацион усули Microwave FDU-750	15	150	305	22	6108	2 748 600	27 486 сўм

*750 кг олхўрини қуритишда 97-100 кг қуритилган олхўри олинади;

** электр энергия нархи 450 сўм;

Ўтказилган тажрибалар таҳлили кўрсатганидек олхўрини дастлаб

микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни тахминан 5-соатга қисқартириш ва энергия сарфини иқтисод қилиш имконини беради.

Тахлил натижалари микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни олхўрини “Венгер” навини органолептик кўрсаткичларга ва маҳсулотнинг хажмига салбий таъсир қилмаганлигини, шу билан бирга қуритиш даври сезиларли даражада қисқарганини кўрсатди.

Олхўрини микротўлқинли сублимацион қуритиш жараёни тезлиги анъанавий сублимацион қуритишга нисбатан юқори бўлди. Бунда қуритилган олхўри намуналари анъанавий сублимацион усулда қуритилган маҳсулотлар билан солиштирилганида ўзларининг органолептик кўрсаткичларини сақлаб қолганлиги аниқланган. Бу эса ўз навбатида маҳсулотларни сублимацион қуритишда ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва қуритиш даврини камайтириш мақсадида микротўлқинли сублимацион қуритиш усулидан фойдаланиш орқали юқори самарадорликка эришиш мумкинлигини кўрсатади.

Технологияни иқтисодий самардорлиги қуритиш жараёнини қисқариши, ва қуритиш қурилмасини ишлаб чиқариш қуввати ортиши ҳисобига эришилади.

Бугунги кунда сублимация маҳсулотларни сақлашнинг энг мукамал усули ҳисобланади. Аниқлик учун биз яхши таниш бўлган қуритилган мевалар ва музлатиб қуритилган меваларни таққослаймиз, уларнинг фойдалари анча юқори.

Музлатиб қуритилган маҳсулотлар фақат юқори сифатли янги хом ашёлардан (музлатиш олдидан хом ашёни сақлаш учун вақт меъёрлари мавжуд) тайёрланиши мумкин, чунки бузилган мевалар сублимация қилинмайди. Олхўри ўзида таъми ва жозибали шаклни сақлаб қолади.

ХУЛОСАЛАР

1. Ўрганилган адабиётлар таҳлилида сублимацион қуритиш жараёнини мева ва сабзавотларга таъсири, сублимацион қуритиш жараёнини жадаллаштириш усуллари, қурилмани лойиҳалари, хусусиятлари ўрганилди. Сублимацион қуритиш жараёнини унумдорлигини оширишнинг асосий омиллари, хусусан жараёнда электромагнит диапазонлардан фойдаланиш имкониятлари ва истиқболлари таҳлил қилинди. Сублимацион қуритиш жараёнида диэлектрик энергия бериш, анъанавий тенлардан самарали эканлиги экспериментал асосланди.

2. Сублимацион қуритиш жараёнини жадаллаштириш учун сублимацион камерага магнетронлар ўрнатилиб, диэлектрик диапазонда музлатилган маҳсулотлардаги намликни буғга айлантириш эксперименти ўтказилди. Берилган сифат кўрсаткичларида сублимацион қурилманинг максимал унумдорлигини таъминловчи диэлектрик сублимацион жараёнининг режимлари, параметрларининг қийматлари аниқланди.

3. Олхўрини микротўлқинли сублимацион усулда қуритиш сублимацион қуритишга нисбатан жараён давомийлигини ўртача 5 соатга қисқартириши

экспериментал равишда аниқланди. Бу усул, шунингдек, энергияни тахминан 20%га тежаш имконини берди.

4. Микротўлқинли сублимацион қурилма лойихаси ишлаб чиқилди. Экспериментал олхўрини диэлектрик сублимацион қуриштида намуналарнинг сифат кўрсаткичларига таъсири асосланди.

5. Диэлектрик сублимацион қуришти усулини қуришти даврига таъсири аниқланган. Бунда вакуум худудида сув буғининг умумий босими ва парциал босими тегишли равишда 0,29 ва 0,075 мм симоб устунига тенг бўлиб, қуришти вақти 15 соатни ташкил этади. Сублимацион қуришти жараёнида иссиқлик агенти сифатида микротўлқинлардан фойдаланиш қуришти жараёнининг жадаллаштириши кузатилди.

6. Диэлектрик сублимацион қуриштида жараёнининг қисқариши ҳисобига технологияни энергиятежамкорлиги оширилишига эришилди. Микротўлқинлар ёрдамида музлатиб қуришти усули қуришти даврини вақти 20% гача камайтириши асосланди.

Олхўрини диэлектрик сублимацион қуришти жараёни ишлаб чиқариш корхонасида синовдан ўтказилиб, самарадорлиги аниқланди. Сублимацион қуриштидан электормагнит диапазонлардан, хусусан микротўлқинлардан фойдаланишни қўллашдан 2021 йилда “Sunny Land Products” МЧЖда – 2 млрд. сўм йиллик иқтисодий самарадорликка эришилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc 03/30.12.2019.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

НАМАНГАНСИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МЕЛИБОЕВ МИРАЪЗАМ ФОЗИЛЖОН УГЛИ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ
КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ПРИ СУШКИ СЛИВА**

**02.00.17 - Технология и биотехнология обработки, хранения
и переработки сельскохозяйственных и пищевых продуктов**

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

Ташкент - 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2022.1.PhD/T2187.

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте.
Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице по адресу www.tkti.uz и информационно-образовательном портале «Ziyounet» по адресу www.ziyounet.uz.

Научный руководитель: Маматов Шерзод Машрабжонович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Исабаев Исмонд Бабаджанович
доктор технических наук, профессор
Сафаров Жасур Эсиргапович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Фарганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «17» 08 2022 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-21; факс: (+99871) 244-79-17; e-mail: tkti_info@edu.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 276 с которой можно ознакомиться в ИРИЦ (адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А. Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «1» 08 2022 года.
(протокол рассылки № 81 от 1.08 2022 г.).



С.М. Туробжанов
Председатель Научного Совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н.,
профессор

Х.И. Кадиров
Ученый секретарь Научного Совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н.,
профессор

К.П. Серкаев
Председатель Научного семинара при
Научном Совете по присуждению учёных
степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (Аннотации диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня требования к выращиванию, переработке, производству и безопасности сельскохозяйственной продукции возрастают год от года. При этом за счет внедрения современных технологий, проводимых реформ по переработке сельскохозяйственной продукции, сокращения периода качественной, низкотемпературной и глубоковакуумной сушки, выпаривания исходной влаги замораживанием, упрощения технологии непрерывной сублимации сушка и повышение производительности имеют неотложное значение.

Ведутся научные исследования по сушке мировой сельскохозяйственной продукции на основе качественных и энергоэффективных технологий. В связи с этим особое внимание уделяется разработке и апробации технологий ускорения производства сухофруктов повышенной пищевой ценности, содержащих активные вещества, богатых витаминами и минералами, с применением комбинированной сушки и удаления основной влаги через предварительную обработку.

В нашей республике достигаются определенные научные и практические результаты по совершенствованию технологий сублимационной микроволновой сушки сельскохозяйственной продукции комбинаторным способом. В стратегии развития нового Узбекистана выделены важные задачи «углубления структурных преобразований и последовательного развития навыков переработки сельскохозяйственной продукции, дальнейшего укрепления продовольственной безопасности страны, расширения производства экологически чистой, качественной продукции, значительного увеличения экспортного потенциала аграрного сектора»¹. В связи с этим большое значение имеют объемный нагрев продуктов СВЧ-полем, являющимся источником тепла сублимационной сушки, обоснование рациональных режимов энергоснабжения при комбинированном способе, оптимизация технологий производства сухофруктов.

Данное диссертационное исследование основано на Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана», № УП-4406 от 29 июля 2019 года «Глубокая переработка сельскохозяйственной продукции и дальнейшего развития пищевой промышленности» о мерах» № УП-5853 от 23 октября 2019 года «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» № УП-3484 от 19 января 2018 года» Мероприятие по опережающему развитию пищевой цепи - деятельности» от 26 апреля 2018 года № УП-3680 «О мерах по дальнейшему обеспечению пищевой безопасности страны» и другие нормативные правовые документы, относящиеся к данной деятельности, в определенной мере служат для реализации задач.

¹Указ Президента республики узбекистан УП-60 “ О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы” от 28 января 2022 года.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках V. «Сельскохозяйственная биотехнология, экология и охрана окружающей среды» приоритетного направления развития науки и техники республики».

Степень изученности проблемы. По совершенствованию технологии сублимационной сушки плодов при атмосферном давлении с внешним тепломассообменом Ван Н.М., Шафиан, А.А. Хамид, А. Осман, Н. Саари, Ф. Анвар, М.С. Пак Дек, К. Пере, Э. Родье, О.А. Луинар, С. Гинзбург, М.В. Подольский, Ю.И. Новиков, Г.Д. Рютов, Б.П. Камовников, Е. В. Блинская, С. В. Тишков, К. В. Алексеев, С. В. Минаев, О. Сафаров, К.О. Додаев, Х.Нурмухаммедов, А.А. Артиков, Д. Хикматов, Ж.Э. Сафаров, А. Чориев и другие вели научные исследования.

Они основывались на преимуществах быстрой заморозки пищевых продуктов для сушки, математически моделировался первичный этап замораживания технологии лиофилизации, применялись микроволны или инфракрасные лучи при сублимационной сушке, экологически безопасное и энергоэффективное производство сухофруктов с высокой пищевой ценностью, сохранены активные вещества, богаты витаминами и минералами, разработаны усовершенствованные технологии.

Параллельно ведутся научно-исследовательские работы по определению влияния микроволн при комбинированной сушке, альтернативного расстояния и длины волны между высушиваемым объектом и магнетронами, объемного нагрева изделий полем микроволн при вакуумно-сублимационной сушки и оптимизации технологий качества и органолептических показателей продуктов сушки.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов ИЗ-202011018 «Создание нового энергоэффективного вакуумно-сублимационного сушильного оборудования для хранения овощей и фруктов», (2021-2022 гг.) плана научно-исследовательских работ Наманганского инженерно-технологического института.

Целью исследования является создание высокоэффективной комбинированной технологии сушки плодов сливы.

Задачи исследования:

исследование влияния микроволн на продолжительность процесса сублимационной сушки сливы;

определить оптимальные режимы процесса СВЧ-сублимационной сушки;

исследование влияния процесса микроволновой сублимационной сушки на витамины, сахара и органолептические показатели продукта;

обоснование кинетики комбинаторного процесса сушки;

расчет экономических показателей комбинированного процесса сушки;

создать высокоэффективную комбинированную технологию сушки плодов сливы.

Объектом исследования были использованы плоды сливы с уникальными физико-механическими характеристиками, доступные технологии сушки и их модели в ООО «SUNNY LAND PRODUCTS».

Предметом исследования является совершенствование технологии сублимационной сушки сливы с использованием микроволн.

Методы исследования. В ходе выполнения диссертационной работы для определения свойств сырых и сушеных продуктов использовались оптимально принятые стандартные, физико-химические, специальные органолептические и корреляционно-регрессионные методы анализа и статистико-математического планирования экспериментов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определено влияние микроволновой сублимационной сушки на структуру сливы, влажность и продолжительность процесса;

доказано, что в условиях СВЧ-сублимационной сушки слив количество аскорбиновой кислоты составляет 94 %, а количество углеводов до 98 %;

обосновано, что в процессе СВЧ-сублимационной сушки по сравнению с традиционными способами скорость сушки увеличивается в 1,2 раза, время сокращается на 5-6 часов;

была установлена связь между микроволновым комбинированным методом сушки, расстоянием между объектом и магнетронами и длиной волны, доказано, что количество витаминов и сахаров, содержащихся в продуктах сушки, сохраняется;

была создана высокоэффективная комбинированная технология сушки плодов сливы.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны конструктивные рекомендации по сушке с учетом свойств плодов сливы;

определены оптимальный режим и параметры сушки сливы при комбинаторном способе;

разработана высокоэффективная комбинированная технология сушки плодов сливы.

Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что при получении экспериментальных результатов были использованы исследовательские приборы, в том числе высокоточные анализаторы влажности, аналитические весы, современные компьютерные программы MATLAB, STATISTICA 6.0, такие операционные среды как Windows XP, Microsoft Excel, основанные на точности математических моделей и адекватности критериев их оценки в рассматриваемом месторождении, положительные результаты исследований и их сравнительный анализ с реальными данными производства.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований объясняется определением оптимальных условий оптимизации технологий качества и органолептических показателей полевых продуктов с воздействием микроволн, переменным расстоянием и длиной волны между магнетронами, объемным нагревом при комбинированном способе сушка сливы.

Практическая значимость результатов исследований объясняется подбором параметров процесса сушки с учетом свойств плодов сливы, рекомендована ускоренная технология сублимационной сушки путем преобразования влаги в замороженных продуктах в пар в диэлектрическом диапазоне.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов сублимационной сушки сливы:

в ООО «SUNNY LAND PRODUCTS» внедрена технология микроволновой сублимационной сушки сливы (референт № 15-44/03-22 от 15 марта 2022 года Ассоциации пищевой промышленности Узбекистана). В результате сушка слив позволила сократить продолжительность процесса в среднем до 5 часов.

в ООО «SUNNY LAND PRODUCTS» внедрена в практику ускоренная технология сублимационной сушки слив путем превращения влаги замороженных продуктов в пар в диэлектрическом диапазоне (справка № 03/29-04/1398 Министерство сельского хозяйства Республики Узбекистан от 18 марта 2022 года). В результате при сушке слив методом микроволновой сублимации можно сэкономить до 20% электроэнергии и позволил добиться годовой экономической эффективности сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены в виде доклада и апробированы на 5 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме и материалам диссертации опубликовано всего 18 научных работ. Опубликованы 8 научных статей, в том числе 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 104 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются 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, внедрение в практику

результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации анализируется современное состояние и тенденции развития теории и техники процесса сублимационной сушки сельскохозяйственной продукции, особенно фруктов, систематизированы сведения о технологических свойствах овощей и фруктов как объекта сушки. Представлены результаты исследования процесса сушки, способов и устройств для сушки овощей и фруктов. На основании расчета уровня целостности и устойчивости системы была выявлена плохо организованная зона переработки овощей и фруктов. Эта глава носит аналитический характер и направлена на формирование основной концепции исследования.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Объекты, условия и методы исследования»**, описаны физико-химические свойства выбранного для исследования объекта - слива, ее органолептические характеристики, при ее выборе был выбран сорт, широко выращиваемый в нашем регионе, пригодный для сушки. Кроме того, дано общее описание объекта исследования, физико-химические параметры.

Методы исследования сравнивают особенности предлагаемого нами процесса микроволновой сублимационной сушки с традиционным процессом сублимационной сушки.

Исследования осуществлялись по 2 направлениям: сублимационная сушка; методами микроволновой сублимационной сушки.

В этом случае для определения качественных показателей продукта приведены используемые методики и методы.

Все аналитические процессы выполнялись в соответствии со стандартами.

Третья глава диссертации, озаглавленной **«Разработка комбинированного метода сублимационной и диэлектрической сушки»** посвящена использованию диэлектрических волн в сублимационном сушильном оборудовании.

Одним из необходимых условий достижения экономической эффективности является снижение энергозатрат на сушку.

Технология микроволновой сублимационной сушки помогает передавать необходимую энергию замороженному полю в виде электромагнитных волн, независимо от тепловых свойств высушенного слоя. Затем электромагнитное поле распространяется на замороженное поле и повышает его температуру. Поскольку влага находится в ледяном состоянии, распространение происходит во всей замороженной массе. Фактически это создает нагрев внутреннего объема. Исследования показали, что уменьшение (сокращение) объема сублимационной и воздушно-сушеной слив составляет примерно 6,6% и 80% соответственно.

В исследованиях изучались методы сублимационной сушки и микроволновой сублимационной сушки. Было обнаружено, что метод замораживания с использованием микроволн за счет объемного нагрева сокращает время сушки до 20%.

Известно, что нагревание замороженных фруктов с помощью микроволновой энергии вызывает повышение температуры замороженного образца. При увеличении объемной температуры молекулы замороженной воды получают достаточную энергию и переходят из твердой фазы в газовую (сублимация молекулы замороженной воды). Эти молекулы воды движутся в вакуумное поле камеры (из застывшей массы). Другими словами, продукт сушат, переводя влагу в виде льда в парообразное состояние.

Процесс замораживания образца начинается с внешнего слоя. Новое поле появляется в замороженной массе в условиях глубокого вакуума и между высохшими участками. Со временем граница между высушенной и замороженной областями меняется, и замороженный объем продукта становится тоньше, увеличивая объем высушенной области.

Давление в обеих камерах одинаковое, давление в камерах составляет 5-10 Па. Замороженные образцы помещаются в центр сушильной камеры поддона, в одной камере они регулируются традиционным нагревательным агентом, то есть температурой камеры, регулируется тенами, тогда как во второй камере вместо ионов используются магнетроны, а нагревательный микроволны действует агент подогрева.

На рис.2 показана блок-схема технологии сублимационной сушки сорта «Венгерка», выбранного для исследования слив. Экспериментальные исследования проводились на лабораторном оборудовании ООО «Sunny Land Products».

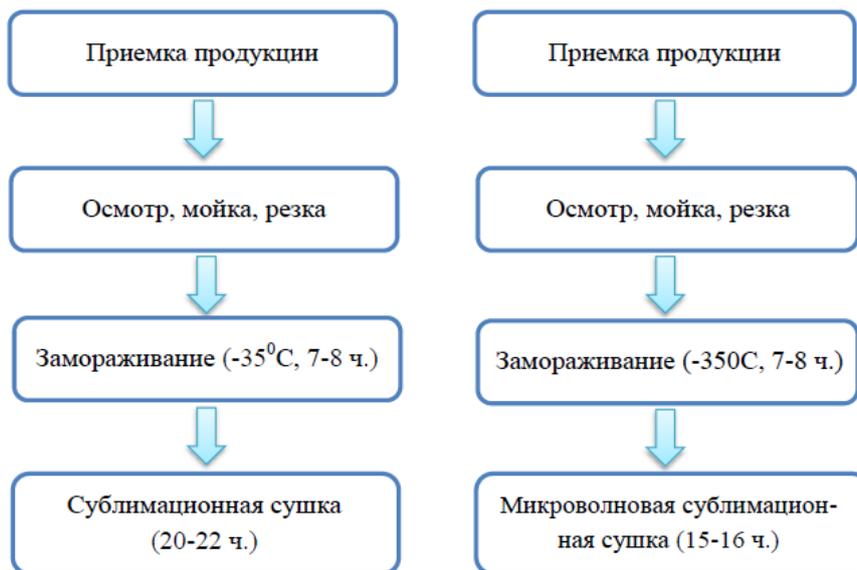


Рис. 2. Блок-схема технологии сублимации фруктов и микроволновой сублимационной сушки

Замороженные образцы сушат одновременно сублимационной сушкой в двух камерах и микроволновой сублимационной сушкой.

Давление в обеих камерах одинаковое, давление в камерах составляет 5-10 Па. Замороженные образцы помещаются в центр сушильной камеры поддона, в одной камере они контролируются обычным нагревательным агентом, то есть температурой в камере через тени, вторая камера содержит

магнетроны вместо ионов, а микроволны действуют как нагревательный агент.

Отобранные для исследования образцы слив, замороженные при -20°C , помещают на поддоны в сушильные камеры. Дверца камеры герметично закрывается, срабатывает система вакуумного отсоса. Далее следует процесс сублимационной сушки в камере. Через определенное время давление в камере начинает снижаться и давление в камере устанавливается примерно на 5-10 Па. Это указывает на то, что вакуумное состояние камеры достигло желаемой точки, и вакуумная система выключается. Затем в камерах активируется осушающий агент. Время сушки напрямую связано с влажностью продукта и теплового агента в камерах, и определение режимов этих процессов проводилось на основе экспериментов.

В экспериментах основной процесс - сублимационная сушка - проводился в цилиндрической сушильной камере. Исследования показали, что использование микроволн в качестве теплового агента при сублимационной сушке ускоряет процесс сушки.

В сублимационной сушильной камере установлен магнетрон с частотой 2450 МГц, что позволяет протекать процессу микроволновой сублимации. В этом случае температура воздуха в камере находится в заданном диапазоне, т.е. от 0 до 40°C . Принцип работы магнетрона в процессе сушки периодический и напрямую зависит от показаний температуры.

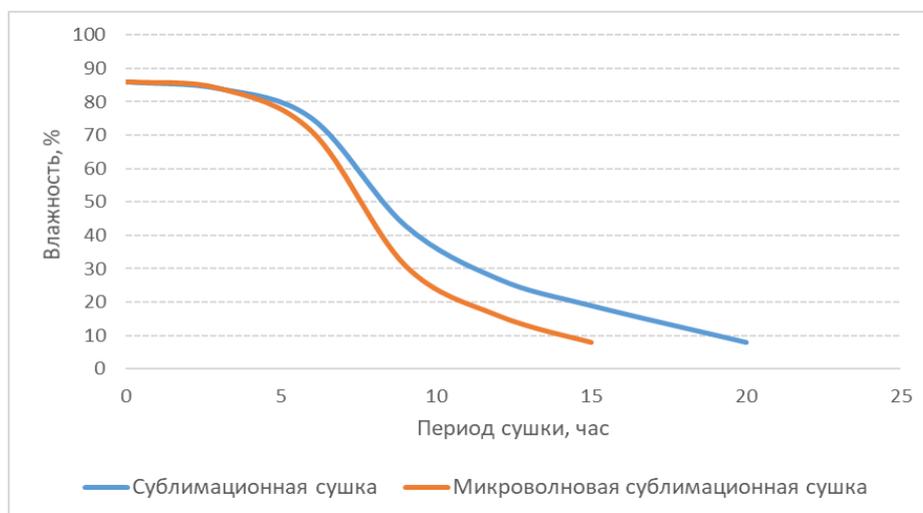


Рис. 3. Изменения влажности при сушке слив в микроволновой и традиционной сублимационной сушке

Результаты анализа показали, что процесс сублимационной сушки в микроволновой печи не повлиял отрицательно на органолептические характеристики и объем сорта сливы «Венгер», в то время как время сушки было значительно сокращено (Рис. 3).

Скорость микроволновой сублимационной сушки слив была выше, чем у традиционной сублимационной сушки. При этом, установлено, что образцы сушеной сливы сохранили свои органолептические характеристики по сравнению с продуктами, высушенными традиционными методами сублимации. Это, в свою очередь, показывает, что высокая эффективность

может быть достигнута за счет использования метода сублимационной сушки продуктов с помощью микроволн, чтобы повысить эффективность производства продуктов сублимационной сушкой и сократить время сушки.

Показатели качества сухофруктов определяются органолептическими и физико-химическими требованиями ГОСТ 32065-2013.

Требуемая влажность высушенных фруктов по ГОСТ у не должна превышать 14% (для высушенного чернослива, который хранится до 1 года.). Этот показатель составляет 8% по сравнению с образцами, высушенными сублимацией. Влагосодержание образцов сливы, высушенных в течение 20 часов традиционным методом сублимации, составило 8%. Влажность образцов сливы, высушенных микроволновым сублимационным методом в течение 15 часов, составила 8%. Результаты представляют собой среднее значение после нескольких лабораторных анализов, и на основании анализа можно сделать вывод, что метод микроволновой сублимации значительно сокращает время сушки и, в свою очередь, обеспечивает снижение энергопотребления.

Анализ экспериментов показывает, что первоначальная сублимационная сушка слив сокращает процесс примерно на 5 часов и дает возможность сэкономить электроэнергию.

На следующих графиках показана кинетика высыхания образцов сливы с кинетическими линиями связи. Скорость сушки образцов сливы сравнивалась в сушильной камере с помощью микроволновой сублимации и образцов, высушенных традиционным методом сублимации.

На **рис. 4** показана кинетика сушки образца сливы, на которой сравниваются результаты, полученные методами микроволновой сублимационной сушки и сублимационной сушки.

Обработка результатов экспериментов по исследованию кинетики сушки на первом типе граничной условно-диффузионной модели Фика показала, что значение отношения интегральных коэффициентов диффузии влаги к квадрату основного размера частиц во время цикла сушки составляет $0,003 \text{ мин}^{-1}$.

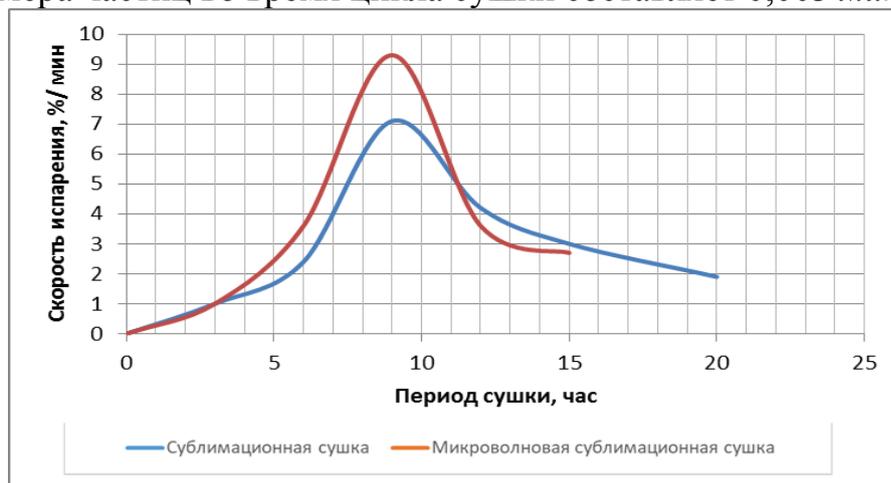


Рис. 4. Скорость сушки сливы с помощью микроволновой и традиционной сублимацией

получение продукта высокого качества с определенными органолептическими, физико-химическими и структурно-механическими свойствами и контролировать процессы, происходящие в сушильном материале. Основной задачей при удалении физико-химически связанной влаги с сушильного объекта является изучение свойств объекта, научное обоснование параметров технологического процесса.

В настоящее время эффективных технологий, перерабатывающих предприятий и специального оборудования недостаточно для сушки выращиваемых в нашей стране сортов сливы.

В целом химический состав объекта исследования практически не изменяется при сублимационной сушке овощей и фруктов. Основная причина этого в том, что процесс сушки осуществляется при очень низких температурах и давлениях. Основная часть сухого вещества во фруктах - это углеводы, которые образуются в основном при высоких температурах из-за образования меланоидина и неферментативная потеря из-за реакций карамелизации. Даже в методе микроволновой сублимационной сушки, учитывая, что температура внутри сублимационной камеры не превышает 50-60°C, для анализа качества продукта достаточно только анализа витаминов и или органолептических параметров.

В проведенных экспериментах проанализировано количество аскорбиновой кислоты при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке сортов сливы «Бертон», «Венгерка», «Самарканд». На **рис. 5** представлена динамика изменения количества аскорбиновой кислоты в сухом веществе при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке сорта сливы «Бертон». Он показывает изменение содержания витамина С во время сублимационной и микроволновой сублимационной сушки.

Из графиков видно, что количество витамина С практически одинаково и не меняется при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке слив сорта «Венгер».

Частичное снижение содержания витамина С было обнаружено в последние часы процесса при сублимационной сушке с помощью микроволновой печи и достигло 8,4 мг% через 15 часов. Конечно, из-за того, что в процессе сублимационной сушки теплоноситель действует как тепловой агент внутри камеры (контактная сушка), количество витамина С, удерживаемого в продукте, было немного выше, и через 20 часов было обнаружено, что осталось 8,6 мг%.

Учитывая, что этот показатель составляет 5 мг% по требованию ГОСТ, оба количества соответствуют требованиям стандарта, а качество высушенных образцов практически не отличается.

Органические кислоты в составках сливы также являются важным показателем качества, они определяют кислый вкус фруктов, а их накопление при хранении определяет степень окислительных процессов. Органические кислоты представляют особый интерес, поскольку они определяют специфический вкус фруктов, а их общий состав зависит от характеристик

сорта.

В зависимости от вида плодов сливы к органическим кислотам относятся лимонная, яблочная, щавелевая, янтарная кислоты, а также малоновая и фумаровая кислоты. Изучение изменений количества органических кислот, определяемых титруемой кислотой, важно при сравнении проводимых методов исследования.

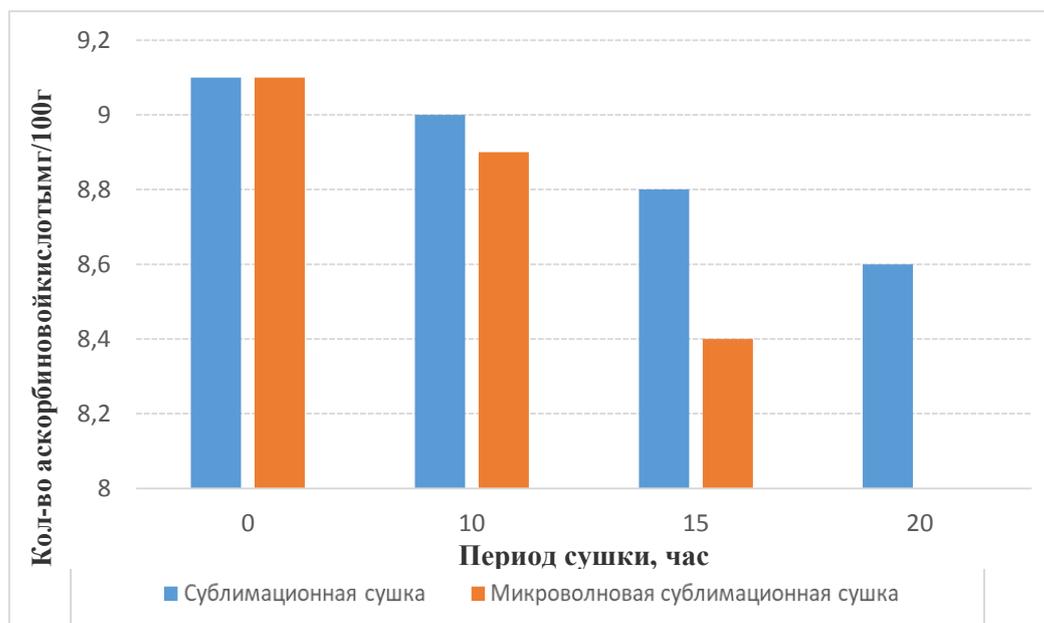


Рис. 5. Изменение массовой доли витамина С в сухом веществе в пробах сливы за период сушки

По данным титрования кислотность свежих плодов сливы до яблочной кислоты существенно зависит от сорта и колеблется от 0,6% до 1,0%.

При замораживании и хранении титруемая кислотность плодов всех сортов слив увеличивается, значение этого показателя у слив варьируется от 0,8% (сорт Венгер) до 1,0% (сорт Самарканд), но количество органических кислот зависит от сорта сливы.

Аскорбиновая кислота имеет большое физиологическое значение в процессах азотного и углеводного обмена, в образовании дезоксирибонуклеиновой кислоты, в образовании межклеточного вещества ядра клетки и соединительной ткани, в поддержании нормальных стенок капилляров. Суточная потребность в витамине С составляет 50-100 мг. В зимне-весенний период удовлетворить эту потребность непросто. Поэтому большое внимание уделяется сохранению витамина С в различных продуктах растительного происхождения, особенно аскорбиновая кислота является нестабильным витамином.

Сохранность витамина С - критерий оценки ущерба, нанесенного продукту во время его обработки. Состав восстановленной формы аскорбиновой кислоты в плодах сливы зависит от влияния многих факторов: сорта, почвенно-климатических условий, времени сбора урожая и т.д.

Приведено содержание аскорбиновой кислоты в изученных сортах сливы

после методами микроволновой сублимации и сублимационной сушки (табл. 1).

На рисунке 6 показано описание изменения содержания сахара в образцах слив, высушенных в течение 20 часов сублимационным методом и высушенных в течение 15 часов с помощью микроволновой сублимации.

Таблица 1

Количество аскорбиновой кислоты в образцах сливы

Т/р	Название сорта	Количество аскорбиновой кислоты, мг / 100 г		
		Слива	Сублимационные сушеные сливы	Сублимационные сушеные сливы в микроволновой печи
1	“Бертон”	8.9	8.0	7.8
2	“Венгерка”	9.1	8.6	8.4
3	“Самарканд”	8,3	8,1	8,0

На графиках концентрация сахаров в образцах сливы, сушеной сублимационным методом нативно сохранена и такой же, как и в исходном показателе. Было обнаружено, что очень небольшое снижение концентрации сахаров в образцах сушеных слив при сублимационной сушке с помощью микроволновой сублимационной сушкой составило 0,1 г/100 г. Это указывает на то, что сахара в образцах сливы подверглись процессу меланоидина в очень небольшом количестве под воздействием микроволн.

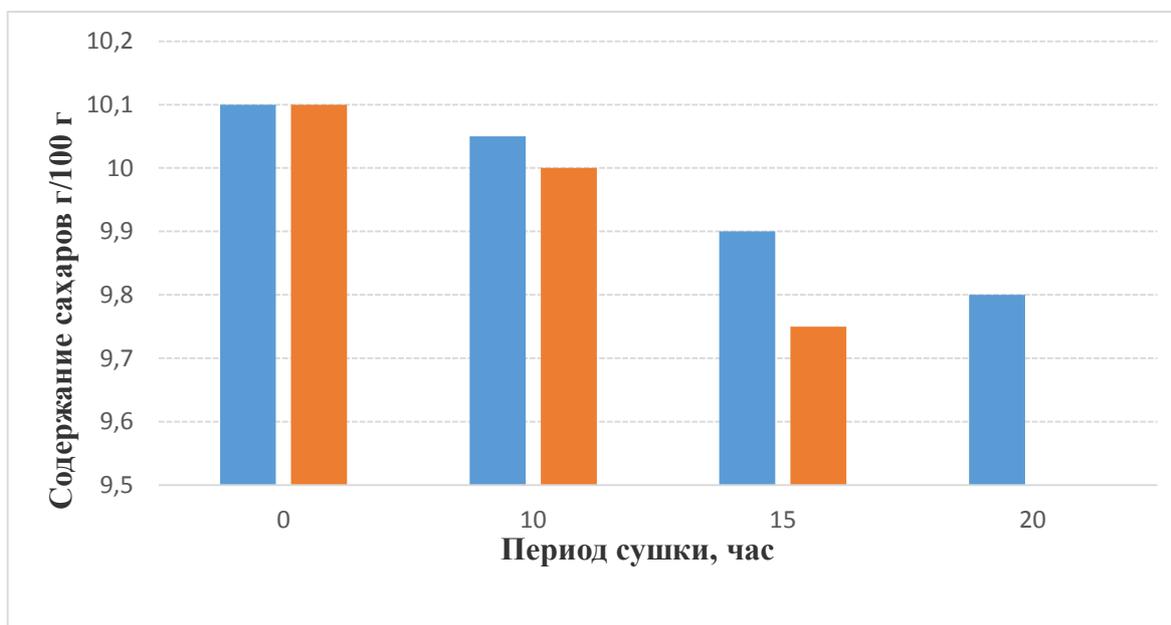


Рис 6. Изменение массовой доли сахаров в сухом веществе образцов сливы за период сушки

В результате сублимационной сушки слив с помощью микроволнового излучения в экспериментах время сушки сократилось до 5 часов, а потребление энергии уменьшилось.

Анализ графиков, представленных на рисунках, показал, что качественные показатели образцов сливы были практически одинаковыми при всех способах сушки, однако время сушки было значительно сокращено в результате

микроволновой сублимационной сушки.

В ходе исследования сравнивались результаты, полученные от двух различных методов сушки, для определения оптимального процесса.

Эксперименты проводились двумя разными способами, в которых основные процессы в обоих процессах состояли из двух стадий, и мы считаем, что технология сублимационной сушки состоит из процессов А и В. Здесь А-процессы замораживания сливы и В-сублимационной сушки сливы. Если мы определим полученные результаты как K_1 , эти методы сушки можно математически выразить следующим образом:

$$A+B=K_1$$

Таким же образом, если мы предположим, что сублимационная сушка образцов с помощью микроволн состоит из процессов А и С, тогда А-процесс замораживания сливы и С- процесс микроволновой сублимационной сушки сливы.

$$A+C=K_2$$

Если предположить, что процесс замораживания для обоих методов постоянный $A = \text{const}$, то оптимальный способ сушки продукта может быть определен в зависимости от полученного результата или качества продукта. В этом случае нам потребуются значения витамина С, полученные при сушке продукта (Таблица 2).

Таблица 2

Результаты эксперимента, полученные при сушке слив

Полученные результаты	Витамин С, мг / 100г	Время высухания, час.	Потребление электроэнергии, кВт. На 100 кг сырья
K_1	8,6	20	7684 кВт
K_2	8,4	15	6108 кВт

Одним из простейших методов оптимизации является использование метода сравнения, чтобы определить, является ли метод сублимационной сушки с помощью микроволновой сублимационной сушки более эффективным или оптимальным, чем традиционный метод, в зависимости от количества витамина С, хранящегося в течение периода сушки, и количества потребляемой электроэнергии.

В таблице 3 представлены органолептические характеристики (внешний вид, цвет и консистенция) слив, полученных с помощью микроволновой сублимационной сушки и сублимационной сушки. Анализ результатов подтвердил, что органолептические характеристики продуктов близки между собой, а образцы, высушенные обоими методами, полностью соответствуют требованиям стандарта.

В настоящее время скорость регидратации является одним из важных показателей качества сушеных продуктов. Для сухих образцов отношение к процессу регидратации оценивали, как описано выше. Скорость восстановления во время регидратации зависит от различных условий сушки, конечного содержания влаги и других факторов. График коэффициентов

регидратации образцов сушеной сливы двумя методами показан на рисунке 7.

Таблица 3

Сравнительный анализ органолептических характеристик образцов сушеной сливы (форма - округлая)

Наименование индикаторов	Образец сублимированной сушеной сливы	Образец слив, высушенных в микроволновой печи
Внешний вид, форма и консистенция	Плод венгерской формы, густой восковидной формы, полуовальный	Плод венгерской формы, густой восковидной формы, полуовальный
Вкус и запах	Сливовый запах и вкус без содержания йода	Сливовый запах и вкус без содержания йода
Светы	темно-синий	темно-синий

Результаты процесса регидратации практически такие же, а процесс восстановления образцов сливы после сублимационной микроволновой сушки практически такой же, как и у высушенных образцов, традиционным способом.

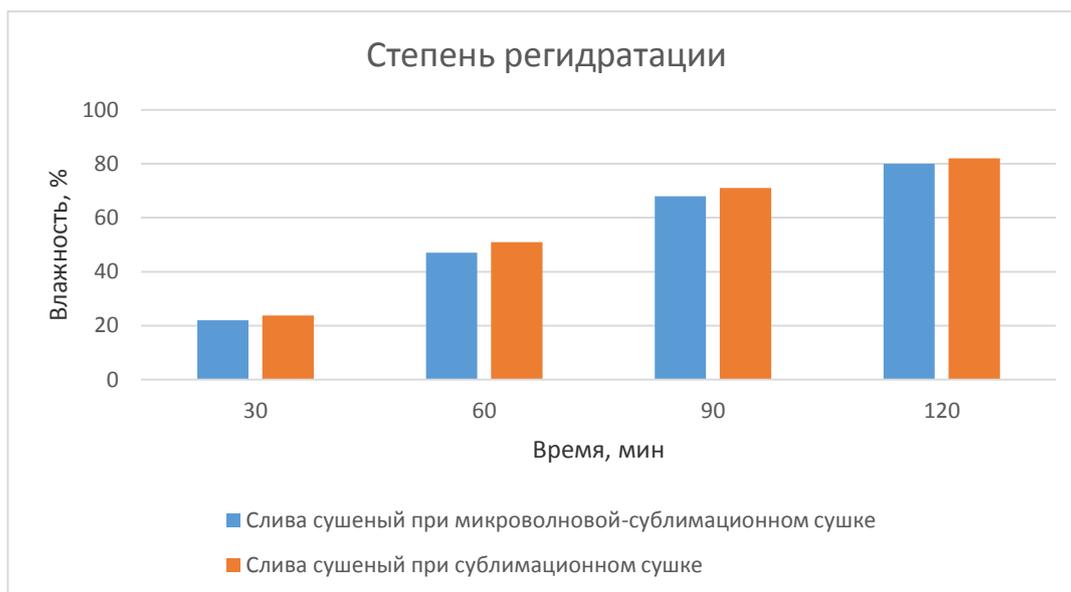


Рис. 7. График регидратации образцов сушеной сливы

В четвертой главе диссертации рассматриваются вопросы проектирования комбинированного сушильного оборудования, технологических процессов и экономической эффективности.

В рамках реализации полученных результатов рассчитана экономическая эффективность производства замороженного слива производственной мощностью 1 тонна в сутки.

Используемый метод - микроволновая заморозка-сушка. Фрукты закупаются, очищаются, сортируются, сушатся и упаковываются в герметичные контейнеры различной прочности. Производственная мощность - 1 тонна в сутки. Свежие фрукты регулярно доставляются и сушатся в течение всего сезона.

Сушеные в микроволновке плоды обладают рядом преимуществ, они сохраняют форму, цвет, аромат и вкус сырья. Кроме того, сохраняются все витамины и полезные вещества, чего сложно добиться другими методами. Это может повысить добавленную стоимость продукта, а также снизить вес, что снижает транспортные расходы.

Часто предварительная обработка изделий начинается с термической обработки (промывки) и последующего шлифования (чистка, нарезка). Принципиальная схематическая диаграмма морозильной камеры с микроволновым обогревом, состоящей из сушильной камеры (холодильника), вакуумного насоса, подключенного к охлаждаемому конденсатору, и замкнутой вакуумной системы, показана на рисунке 8.

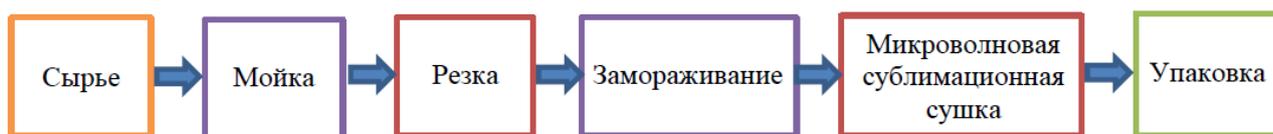


Рис. 8. Принципиальная схематическая диаграмма технологии микроволновой сушки с использованием нагрева

Влагосодержание образцов сливы, высушенных в течение 20 часов традиционным методом сублимации, составило 8%. Влажность образцов сливы, высушенных в микроволновым сублимационным методом в течение 15 часов, составляла 8%. Результаты являются средними после нескольких лабораторных анализов, и на основании анализа можно сделать вывод, что метод микроволновой сублимации значительно сокращает время сушки и, в свою очередь, обеспечивает снижение энергопотребления.

Анализ экспериментов показывает, что первоначальная микроволновая сублимационная сушка слив дает возможность сократить процесс примерно на 5 часов и экономит электроэнергию.

Результаты анализа показали, что процесс микроволновой сублимационной сушки не повлиял отрицательно на органолептические характеристики и объем сорта «венгер» сливы, в то время как время сушки было значительно сократилось.

Таблица 4

Энергопотребление и экономические показатели при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке слив

Тип сушки	Время высухания, часов	Потребление электроэнергии на заморозку, кВтч	Потребление электроэнергии на вакуумный (15-40 Па) насос, кВт*ч	Расход на теплоноситель, электроэнергию, кВтч	Количество потребляемой электроэнергии при заморозке и сублимационной сушке, кВт * часы	Стоимость электроэнергии в период заморозки и сублимационной сушки 100 кг чернослива	Заморозка и сублимационная сушка на 1 кг чернослива цены на электроэнергию в период
Сублимационная сушильная камера FDU-750	20	150	305	14	7684	3 457 800	34 578 сум
Метод микроволновой сублимации Microwave FDU-750	15	150	305	22	6108	2 748 600	27 486 сум

*При сушке 750 кг сливы получается 97-100 кг чернослива;

** цена электроэнергии 450 сумов;

ВЫВОДЫ

1. При анализе изученной литературы изучены влияние процесса сублимационной сушки на фрукты и овощи, способы ускорения процесса сублимационной сушки, конструкции устройств, особенности. Проанализированы основные факторы повышения эффективности процесса сублимационной сушки, в частности возможности и перспективы использования электромагнитных диапазонов в процессе. Экспериментально доказано, что передача диэлектрической энергии при сублимационной сушке намного эффективнее, чем при традиционных методах.

2. Для ускорения процесса сублимационной сушки в сублимационной камере были установлены магнетроны и проведен эксперимент по испарению влаги из замороженных продуктов в диэлектрическом диапазоне. Приведенные показатели качества определяют режимы процесса сублимации диэлектрика, значения параметров, обеспечивающих максимальную эффективность сублимационного устройства.

3. Экспериментально установлено, что процесс микроволновой сушки слив сокращает время процесса в среднем на 5 часов по сравнению с сублимационной сушкой. Этот метод также показал экономию энергии примерно на 20%..

4. Разработана конструкция устройства для микроволновой сублимации. Экспериментально исследовано влияние образцов на показатели качества при диэлектрической сублимационной сушке слив.

5. Определено влияние метода сублимационной диэлектрической сушки на продолжительность сушки. В этом случае полное давление водяного пара и парциальное давление в вакуумной зоне равны 0,29 и 0,075 мм рт. ст. соответственно, а время сушки составляет 15 часов. Было обнаружено, что использование микроволн в качестве нагревающего агента при сублимационной сушке ускоряет процесс сушки.

6. Энергосбережение технологии достигнуто за счет сокращения технологического процесса диэлектрической сублимационной сушки. Было обнаружено, что замораживание в микроволновой печи сокращает время сушки до 20%.

7. Процесс диэлектрической сублимационной сушки слив был опробован на производственном предприятии и определена его эффективность. От использования электромагнитных диапазонов сублимационной сушки, в частности от использования микроволн в 2021 году в ООО «Sunny Land Products» достигнута 2 млрд. сумов ежегодной экономической эффективности.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES OF DSc.03/30.12.2019.T.04.01 UNDER
TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

NAMANGAN ENGINEERING-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

MELIBOYEV MIRA'ZAM FOZILJON OGLI

**USE OF HIGH EFFECTIVE COMBINATION METHODS IN DRYING
PLUMS**

**02.00.17 – Technology and biotechnology of treatment, storage and
processing of agricultural and food products**

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

Tashkent - 2022

The theme of dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences was registered by the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.1.PhD/T2187.

The dissertation has been carried out at the Namangan engineering-technological institute.

The abstract of dissertation was posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of the Scientific Council (ik-kimyo.nuu.uz) and on the website of Information-educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific advisor: **Mamatov Sherzod Mashrabjonovich**
doctor of technical sciences, docent

Official opponents: **Isabaev Ismail Babadjanovich**
Doctor of technical sciences, professor

Safarov Jasur Esirgapovich
Doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Fergana Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place on “17” 08 2022 at “10⁰⁰” at the meeting of Scientific Council DSc.03.30.2019.T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute. (Address: 100011, 32, A.Navoi street, Shaykhontohur district, Tashkent, Uzbekistan. Phone: (+99871) 244-79-21, fax: (+99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz).

The dissertation can be reviewed in the Information Resource Centre of the Tashkent chemical-technological institute (registered № 276. (Address: 100011, 32, A.Navoi street, Shaykhontohur district, Tashkent, Uzbekistan. Phone: (+99871) 244-79-21).

The abstract of the dissertation has been distributed on “01” 08 2022.
(Mailing report № 81 on “01” 08 2022).



S.M. Turobjonov
Chairman of the Scientific Council
on awarding scientific degrees, Doctor of
Technical Sciences, Professor

Kh.I. Kodirov
Scientific Secretary of the Council
for awarding the scientific degrees, Doctor of
Technical Sciences, Professor

K.P. Serkaev
Chairman of the Scientific seminar under Scientific
Council for awarding scientific degrees.
Doctor of technical Sciences, docent

INTRODUCTION (the dissertation abstract of PhD)

The aim of the research work is to create a highly efficient combined technology for drying plum fruits.

The object of research work was plum fruits with unique physical and mechanical characteristics, available drying technologies and their models in SUNNY LAND PRODUCTS LLC.

The scientific novelty of the research work:

the influence of microwave freeze-drying on plum structure, humidity and duration of the process was determined;

it has been proven that under the conditions of microwave freeze drying of plums, the amount of ascorbic acid is 94%, and the amount of carbohydrates is up to 98%;

it is substantiated that in the process of microwave sublimation drying, in comparison with traditional methods, the drying speed increases by 1.2 times, the time is reduced by 5-6 hours;

a relationship was established between the microwave combined drying method, the distance between the object and the magnetrons and the wavelength, it was proved that the amount of vitamins and sugars contained in the drying products is preserved;

a highly efficient combined technology for drying plum fruits was created.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results of plum freeze drying:

SUNNY LAND PRODUCTS LLC introduced the technology of microwave freeze-drying of plums (referent No. 15-44/03-22 dated March 15, 2022 of the Food Industry Association of Uzbekistan). As a result, drying plums has reduced the duration of the process to an average of 5 hours.

SUNNY LAND PRODUCTS LLC has put into practice the accelerated technology of freeze-drying of plums by converting the moisture of frozen foods into steam in the dielectric range (reference No. 03/29-04/1398 of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan dated March 18, 2022). As a result, when drying plums by microwave sublimation, you can save up to 20% of electricity and allowed to achieve the annual economic efficiency of soums.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The total volume of the dissertation is 104 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙҲАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Мелибоев М.Ф., Маматов Ш.М., Эргашев О.К. Разработка комбинированного метода сублимационной и диэлектрической сушки // Universum: технические науки. – Москва-2022. - №5 (98). – С.5-8 (02.00.00.№1).

2. Мелибоев М.Ф., Маматов Ш.М., Эргашев О.К. Энергопотребление и экономические показатели при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке слив // Universum: технические науки. – Москва-2022. - №5 (98). – С.9-12 (02.00.00.№1).

3. M.Meliboyev. Sublimatsion va dielektrik quritish jarayonlarini kombinatsion usulini ishlab chiqish// Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy-texnikaviy jurnali. (BuxMTI)- 2021.-№5.- 182-187b. (02.00.00., №14)

4. Meliboyev M.M., Mamatov Sh.M., Ergashev O.K. The use of dielectric waves in sublimation drying equipment and the effect of the combined drying method on the drying period // Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-texnika jurnali. - 2021.-№3.- 79-84 b. (05.00.00, №33)

5. Meliboyev M.M. Impact of the combined drying method on the drying object and economic analysis of the organoleptic characteristics of the dried product// Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-texnika jurnali. 2021.-№3.- 97-101b. (05.00.00., №33)

6. Meliboyev M.M., Mamatov Sh.M., Ergashev O.K. Mevalarni energiyatejamkor vakuum-sublimatsion quritish qurilmasida dielektrik mikroto'lqinlardan foydalanib quritish // Namangan davlat universiteti ilmiy-axborotnomasi. 2021.-№2.- 46-52b. (02.00.00, №18)

7. Meliboyev M.F., Mamatov Sh.M., Ergashev O.K., Qodirov O.R. Effects of the use of microwaves in sublimate drying// Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-texnika jurnali. 2021.-№6.- 47-50b. (05.00.00, №33)

II бўлим (II часть; II part)

8. Mamatov Sh.M., Aripov M., Meliboyev M., Shamsutdinov B. Advantages of quick-freezing technology of cherry// International journal of innovative technology and exploring engineering (IJITEE) (Indian). 2020. - №9(3) 2278-3075. - pp. 3254-3256. (8917.019320)

9. Meliboyev M., Mamatov Sh., Ergashev O. Olxo'rini kombinatsion quritish usulini quritish ob'ektiga ta'sirini taxlil qilish// In Recognition Of The Paper Publication Of The Research Paper On Eurasian Journal Of Academic Research With The Title: (2021): Vol.1. №. 9, pp. 936-938. (Toshkent). (5830594., №9)

10. Meliboyev M., Mamatov Sh., Ergashev O. Olxo'ri mevasini kombinatsion quritish usulini quritish davriga ta'sirini taxlil qilish// In Recognition Of The Paper

Publication Of The Research Paper On Eurasian Journal Of Academic Research With The Title: (2021): Vol. 1. №. 9, pp. 939-941. (Toshkent). (5830594., №9)

11. Meliboyev M.F. Use Of Microwaves In Sublimation Drying Equipment// Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам СХИИ Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». - № 5(113). - М., Изд. «Интернаука», 2022. С. 93-96. (Москва). (05.00.00.,14)

12. Meliboyev M.F., Mamatov Sh.M. Use of combination methods in sublimation drying technology and their prospects. Kimyo, neft-gazni qayta ishlash xamda oziq-ovqat sanoatlari innovatsion texnologiyalarining dolzarb muammolari. TKTI, Xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. 2021. – 310b.

13. Qodirov U., Mannopov U., Aripov M., Mamatov Sh. Improvement of dill freeze-drying technology// E3S Web of Conferences 222(160):03002. 2020. pp. 1-5. (202022203002)

14. Meliboyev M.F. Sublimatsion quritish qurilmasida dielektrik to'liqlardan foydalanish. "Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya maxsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 2021 yil 23-24 noyabr, Namangan. 924-926b.

15. Meliboyev M.F., Ergashev O. Kombinatsion quritish uskunasi loyixasi, texnologik jarayonlar. "Kimyo, oziq-ovqat hamda kimyoviy texnologiya maxsulotlarini qayta ishlashdagi dolzarb muammolarni yechishda innovatsion texnologiyalarning ahamiyati" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 2021 yil 23-24 noyabr, Namangan. 926-929b.

16. Meliboyev M.F. Sublimatsion quritish uskunasi dielektrik to'liqlardan foydalanish. "Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish tizimlarini ishlab chiqarishning rivojlanishdagi o'rni va vazifalari" respublika ilmiy-amaliy anjumani - 2021. 289-291b.

17. Meliboyev M.F., Mamatov Sh.M., Ergashev O.K. Olxo'ri mevalarini sublimatsion quritishda mikroto'liqlardan foydalanish. "Covid-19 Pandemiya keyin kichik va o'rta qishloq xo'jaligi, Bog'dorchilik va gulchilik biznesini shiddat bilan tiklash bo'yicha innovatsion strategiyalar" xalqaro ilmiy anjuman. 2021 yil 27 may, Namangan. 109-111b.

18. Meliboyev M.F., Mamatov Sh.M., Ergashev O.K., Qodirov O.R. Olxo'ri (qora g'ayloli) mevasini sublimatsion usulda quritishda mikroto'liqlardan foydalanishning samaradorligi. "Maxalliy xomashyolar va ikkilamchi resurslar asosidagi innovatsion texnologiyalar" Respublika ilmiy-texnik anjumani, Urganch - 2021. 422-423b.

