

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.Т.03.02
РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЖУМАЕВ БОТИР МЕЛИБАЕВИЧ

**МЕВА-САБЗАВОТ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ
ИНФРАҚИЗИЛ КОНВЕКТИВ ҚУРИЛМА ЁРДАМИДА
ЖАДАЛЛАШТИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш
жараёнлари ва аппаратлари
(техника фанлари)**

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

Тошкент – 2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of the dissertation abstract of doctoral philosophy (PhD)

Жумаев Ботир Мелибаевич

Мева-сабзавот маҳсулотларини қуритиш жараёнини инфрақизил
конвектив қурилма ёрдамида жадаллаштириш.....3

Жумаев Ботир Мелибаевич

Интенсификация процесса сушки плодоовощной продукции
с использованием инфракрасной конвективной установки21

Jumaev Botir Melibaevich

Intensification of the drying process of fruits and vegetables using
infrared convective equipment39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....43

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.Т.03.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЖУМАЕВ БОТИР МЕЛИБАЕВИЧ

**МЕВА-САБЗАВОТ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ
ИНФРАҚИЗИЛ КОНВЕКТИВ ҚУРИЛМА ЁРДАМИДА
ЖАДАЛЛАШТИРИШ**

**02.00.16 – Кимё технологияси ва озиқ-овқат ишлаб чиқариш
жараёнлари ва аппаратлари
(техника фанлари)**

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

Тошкент – 2020

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.PhD/Т338 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада (www.tdtu.uz) ҳамда «Ziyounet» ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.


Илмий раҳбар:	Норқулова Карима Тўхтабаевна техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Мухитдинов Джалалигдин Пахритдинович техника фанлари доктори, профессор Қурбонов Жамшед Мажидович техника фанлари доктори, профессор
Ётақчи ташкилот:	Бухоро муҳандислик-технология институти


Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.02 рақамли илмий кенгашнинг «9» 12 2020 йил соат 15⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@edu.uz).


Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (179 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2020 йил «27» 11 кун тарқатилди.
(2020 йил «19» 11 даги 1 - рақамли реестр баённомаси)




Н.Р. Юсуббеков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор, академик


У.Ф. Мамиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)


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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳон миқийёсида қишлоқ хўжалиги, озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ва унинг хавфсизлигини таъминлаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Ушбу йўналишда АҚШ, Франция, Туркия, Германия, Украина, Россия каби ривожланган мамлакатларда мева ва сабзавотларни сифатли қуритиш учун комбинацион қуритиш қурилмалари ва технологияларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Янги хом-ашёни қайта ишлаш, олинган маҳсулотларнинг ишлатилиш соҳасини кенгайтириш, экологик тоза ҳолатни таъминлаш, чиқиндисиз самарали технологияларни яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳон амалиётида озиқ-овқат маҳсулотларини иссиқ ҳаво оқими, инфрақизил (ИК) нур ёрдамида қуритиш технологияси ҳамда қуритиш қурилмаларини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Тайёр маҳсулот сифатига қўйилган талаб меваларнинг шифобахш хусусиятлари ва биологик қимматини сақлаган ҳолда такомиллаштирилган, энергиятежамкор қурилмаларда қуритиш жараёнини тақозо этмоқда. Ўта юқори частота (ЎЮЧ) ёрдамида олма мевасини қуритиш учун энергия таъминоти технологик жараён қувватининг ортиши билан энергия тежашни сезиларли даражада таъминлаш, озиқ-овқат ва маҳсулотларини биологик қийматини максимал даражада тежашга имкон беради.

Республикамизда етиштирилаётган меваларни қайта ишлаш, улардан яримтайёр ва тайёр озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқиш, маҳсулотларга сарфланадиган энергия ресурсларини тежаш, юқори сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқаришни таъминловчи, ресурсларни тежовчи қуритиш технологияларни яратиш бўйича муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлатиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...таркибий ўзгартиришларни чуқурлаштириш ва қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришини изчил ривожлантириш, мамлакат озиқ-овқат хавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, экологик тоза маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш, аграр секторнинг экспорт салоҳиятини сезиларли даражада ошириш...»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни, жумладан, қуруқ маҳсулотлар технологиялари ривожланишини энергия беришнинг ИҚ диапазонларидаги электромагнит тўлқинларни қўллаш орқали қуритиш усуллари билан бирлаштириш, энергияни иқтисод қилиш ва жараённинг давомийлигини камайтириш мақсадида намлик ва ҳароратнинг боғлиқлиги бўйича қуритиш, қуритилаётган хом ашё учун дастлабки ишлов беришнинг мақбул параметрларини қўллаш, ИҚ-қиздириш ва конвекция ёрдамида қуритиш жараёнини жадаллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сонли фармони.

Харакатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 29 мартдаги ПФ-5388-сон «Ўзбекистон Республикасида мева-сабзавотчиликни жадал ривожлантиришга доир кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Фармонлари, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мева-сабзавот маҳсулотларини қуритиш жараёни ва қайта ишлаш технологияси билан таъминланиши масалаларини ечиш бўйича хорижлик олимлардан М.Аkkurf, D.Vahrus, B. Bala, A.C.Гинзбург, А.В.Лыков, А.К.Атыханов, Б.Дж.Бабаев, В.В.Кафаров, В.В.Красников, С.Г.Ильясов, Б.С.Сажин, К.М.Хазимов ва бошқалар, мамлакатимиз олимларидан Н.Р.Юсупбеков, О.Ф.Сафаров, Ж.М.Қурбонов, А.А.Артиков, Х.С.Нурмухамедов, Дж.Н.Мухитдинов, Дж.П.Мухиддинов, Х.Ф.Джураев, Қ.О.Додаев ва бошқалар ўзларининг ҳиссаларини кўшишган.

Булар томонидан қуритиш жараёнининг назарий асослари ҳамда мева-сабзавот маҳсулотларини қуритишнинг замонавий технологияларини қўллаш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган.

Шу билан бирга жаҳонда қуритиш қурилмаларини ва технологияларни такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устивор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: инфрақизил нур орқали маҳсулотларни қуритиш; маҳсулотларни қуритиш усулларини такомиллаштириш (вакуум, конвектив, инфрақизил, ўта юқори частотали), қуритилган маҳсулот таркибидаги биофаол моддаларини сақлаб қолиш усулларини ишлаб чиқиш. Бироқ, мева-сабзавот маҳсулотларини қуритиш, технологик жараённи инфрақизил нур ва конвектив қурилма ёрдамида жараённи жадаллаштириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари етарли даражада олиб борилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИТД-9-30 «Қуритиш орқали янги сифатга эга бўлган маҳсулотлар олиш» (2012-2014) ва ОТ–Атех-2018-363 – сонли «Энергия ресурстежамкор, экологик тоза, инфрақизил нурлар билан полиз маҳсулотларини қуритиш технологиясини ва техник воситаларини ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзусидаги амалий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади меваларни қуритишнинг юқори самарали ресурсини тежайдиган усулини яратиш ва уларни қуритиш жараёнини инфрақизил конвектив усулда жадаллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

меваларни қуритиш ва мавжуд бўлган қуритиш ускуналари конструкцияларининг хусусиятларини тадқиқ этиш;

инфрақизил нур (ИҚ)- манбасининг қуритиш материали билан ўзаро таъсир жараёнини таҳлиллари асосида материалга самарали энергия узатиш тизимини яратиш;

қуритиш объекти ва нурлантириш манбаининг спектраль характеристикасини мослаштириш, материалнинг яқуний намлигига муҳим омилларнинг таъсирини математик моделлаштириш ва экспериментни режалаштириш назарияси ёрдамида баҳолаш;

ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ усулларини мева-сабзавотга дастлабки ишлов беришнинг мақбул режимини танлаш;

меваларга иссиқлик билан ишлов бериш натижасида маҳсулот таркибидаги биофаол моддаларнинг сақланиш даражасини ўрганиш;

меваларни қуритиш жараёни кинетикасини ўрганиш;

таклиф этилаётган қуритиш усулини ишлаб чиқариш саноатида синовдан ўтказиш, унинг техник-иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари: олма ва анжир.

Тадқиқотнинг предмети меваларни қуритиш қурилмаси ва қуритиш жараёнини жадаллаштиришнинг технологик параметрларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида тизимли таҳлил ва мураккаб техник ва технологик тизимларни синтезлаш услубиёти, технологик жараёнларни математик моделлаштириш усуллари қўлланилган, кимё ва озиқ-овқат технологиясининг назарий асосларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

меваларни ИҚ-конвектив қуритишнинг математик модели ишлаб чиқилган;

қуритилаётган хомашё учун мақбул параметрлари ва дастлабки ишлов бериш параметрлари ишлаб чиқилган;

меваларни қуритиш жараёнини оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган;

энергияни иқтисод қилиш ва жараённинг давомийлигини камайтириш мақсадида намлик ва ҳароратнинг боғлиқлиги бўйича қуритиш усули ишлаб чиқилган;

қуритилган олма ва анжир таркибидаги витаминлар, қандлар ва оқсиллар миқдори анъанавий усулга нисбатан яхшироқ сақланганлиги аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

олма ва анжирни қуритиш жараёнини жадаллаштиришга мос келадиган усул танлаб олинган;

олма ва анжирни қуритиш учун электр энергия сарфини 1,17 марта, қуритиш жараёнининг давомийлигини 1,2 марта камайтириш имкониятини берувчи қуритишнинг оптимал режимлари аниқланган;

олма ва анжирга иссиқлик билан ишлов бериш натижасида маҳсулот таркибидаги витаминлари, қандлари ва органолептик кўрсаткичлари аниқланган;

олма ва анжирга дастлабки ишлов беришнинг мақбул режимлари танланган;

куритиладиган объектларга дастлабки ишлов бериш оптимал параметрлари ва режимлари шакллантирилган;

куритиш жараёнини математик моделлаштириш ва экспериментни режалаштириш назарияси яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги математик моделлаштириш жараёни учун бошланғич тажриба натижаларини олинганлиги ва натижаларни юқори аниқликда ўлчаш асбоблари ёрдамида олинганлиги, MATLAB 6.5, STATISTICA 6.0, Windows XP, Microsoft Excel каби замонавий операцион мухитлар ёрдамида компьютерда моделлаштирилганлиги, математик моделларнинг аниқлиги ва кўрилаётган соҳа бўйича уларни баҳолаш мезонларининг айнан бир хиллиги, ўтказилган тадқиқотларнинг ижобий натижалари ҳамда лаборатория шароитида олинган натижаларни тажриба-саноат тадқиқотларида фойдаланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти функционал ва структурали белгилари асосида самарали усулни тузиш ва берилган усуллар бўйича мева-сабзавот хом ашёсини куритишнинг рационал технологиясини морфологик таҳлил қилиш, ИҚ-қиздириш ва конвекция ёрдамида куритиш жараёнини жадаллаштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ усулларини мева-сабзавотга дастлабки ишлов беришнинг мақбул режимини танлаш, куритиш жараёнининг техник-иқтисодий кўрсаткичларини аниқлашга, қайта ишлаш жараёнида хом ашёни йўқотилишини камайтиришга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Меваларни куритиш жараёнини инфрақизил конвектив қурилма ёрдамида жадаллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

мева-сабзавот маҳсулотларини куритиш технологияси «GOLD DRIED FRUITS EXPORT» МЧЖда амалиётга жорий этилган («Ўзбекозиқовкатхолдинг» АЖнинг 2019 йил 22 февралдаги АК/11-2-295-сон маълумотномаси). Натижада, олма ва анжир маҳсулотларини куритиш учун электр энергия сарфини 1,17 марта, куритиш жараёнининг давомийлигини 1,2 марта камайтириш имконини берган;

меваларни куритиш технологиясини ишлаб чиқиш бўйича IX Республика инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳалар ярмаркасида «Усманов Жаҳонгир Сайдалиевич» ДХ билан хўжалик шартномаси тузилган (2016 йил 13 майда 15/16-рақам билан рўйхатга олинган). Натижада, мева-сабзавот маҳсулотларини таркибидаги биофаол моддалари 90-95% сақланган маҳсулот олиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 4 та республика илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 20 та илмий иш, жумладан, 1 та монография, ЎзР ОАК эътироф этган илмий журналларда 9 та мақола, шундан 7 таси хорижий журналларда, 2 таси республика журналларида чоп этилган, 1 та фойдали модел учун гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиёт рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг асосий қисми 120 бетдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объект ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Мева маҳсулотларини қуритиш жараёнининг назария ва амалиётдаги замонавий ҳолати ва истиқболи**» номли биринчи бобида қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ҳолати ва ишлаб чиқаришни ривожлантиришнинг истиқболи таҳлил қилинган. Мева-сабзавот маҳсулотларни саноат асосида қайта ишлаш жараёнини жадаллаштириш, уларни математик моделлаштиришга, ҳисоблаш ва лойиҳалашга бағишланган илмий адабиётлар аналитик таҳлил қилинган.

Мамлакат агросаноат комплексига қўлланилаётган қуритиш қурилмалари конструкциялари, қуритиш усуллари таҳлил қилиниб, ҳозирги муаммолар аниқланган, мева-сабзавот маҳсулотларини қуритиш жараёнини жадаллаштириш режалаштирилган. Бобдаги мавжуд материал таҳлили асосида ишнинг мақсад ва вазифалари белгиланган.

Диссертациянинг «**ИҚ-қуритишда иссиқлик ва масса алмашинувининг математик модели ва тадқиқот ўтказишнинг услубияти**» номли иккинчи бобида мева-сабзавот маҳсулотларини қуритиш жараёнини жадаллаштириш, тадқиқот ўтказиш объектлари, шартлари, қурилмалари ва услублари келтирилган.

Қуритилган материалнинг сифати маълум даражада қуритиш объектига берилган иссиқлик миқдори ва таъсир вақтига боғлиқ бўлади. Бунда қуритиш жараёни самарадорлиги иссиқлик бериш усули ва ушбу материални қиздириш ва ундан намликни буғлатиш учун сарфланган иссиқлик миқдори нисбати билан аниқланади. ИҚ-манбадан материалга бериладиган иссиқлик миқдори Стефан-Больцман қонуни бўйича, қуйидаги формула билан аниқланади:

$$Q = \iint_F 5,67 C_{\text{дар}} \left[\left(\frac{T_u}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] dF, \quad (1)$$

бунда $C_{\text{дар}}$ –нурлатгич ва материалнинг қорайиш даражаси; 5,67–Стефан-Больцман доимийси, Вт/м²·К⁴; T_u, T_m –нурлатгич ва материалнинг абсолют ҳарорати, К, dF – материалнинг қизиш юзаси майдони.

Интеграллашган тенглама (1) юза F (m^2) бўйича ўтказилади. Ҳосил бўлувчи иссиқлик қисман материални қиздириш, намликни буғлатиш учун сарфланади, иссиқлик атропо муҳитга йўқотилади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$Q = \iiint_V C\gamma \left(\frac{dt}{d\tau}\right) dV + r_T M \left(\frac{du}{d\tau}\right) + \iint_F \alpha(t_m - t_0) dF, \quad (2)$$

бунда C – қуритиш материалнинг иссиқлик сифими, $kJ/kg^{\circ}C$; γ – материал зичлиги, kg/m^3 ; r_T – материалдан намликнинг буғланиш иссиқлиги, kJ/kg ; α – материални атропо муҳит билан конвектив иссиқлик алмашилиш коэффициентини, $kJ/m^2 \cdot ^{\circ}C \cdot c$; M – қуритилаётган материал массаси, kg ; t_m , t_0 – материал ва атропо муҳит ҳарорати, $^{\circ}C$; dt – вақт оралиғида dr материал ҳароратининг чексиз кичик ортиши.

Иссиқлик алмашилиш тенгламалардаги K_{λ} коэффициентини бошқарилувчи фактор ҳисобланади. ИҚ-нурланиш материалга максимал кириши учун $K_{\lambda}=1,0$ га тенг бўлиши керак. Агар бунда $\lambda_{max}=\lambda_m$ тенгликка эга бўлса эришиш мумкин, бунга Вин қонуни бўйича мос келувчи ИҚ-манба ҳароратини танлаш йўли билан эришилади.

Қуритилаётган материалнинг намлик ўтказувчанлигини таҳлилий кўриб чиқишни давом эттираемиз. Бир ўлчамли вазифа учун, намлик тутиш ва ҳарорат градиентлари мос равишда қуйидагича ҳосилалар кўринишида ифодаланиши мумкин:

$$grad \cdot u = \frac{\partial u}{\partial x}; grad \cdot t = \frac{\partial t}{\partial x} \quad (3)$$

ва давоми

$$\frac{\partial i_x}{\partial x} = -\gamma_0 \frac{\partial u}{\partial \tau}. \quad (4)$$

Тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$i = -\alpha_m \gamma_0 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \delta' \frac{\partial t}{\partial x}\right) \quad (5)$$

Ушбу тенгламани x бўйича дифференциаллаб, қуйидагини оламиз:

$$\frac{\partial i}{\partial \tau} = -\alpha_m \gamma_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \tau^2} + \delta' \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}\right) \quad (6)$$

Агар (4) ва (6) тенгламаларни биргаликда ўзгартирилса, юқорида келтирилган шартлар учун намлик кўчиши дифференциал тенгламасининг охириги кўриниши қуйидагича кўринишда ёзилади:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \alpha_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \delta' \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}\right) \quad (7)$$

Ушбу дифференциал тенглама материални конвекция билан инфрақизил қуритишда намликнинг моляр ва молекуляр кўчиш тезлигини ифодалайди. У материалнинг индивидуал потенциал ўтказувчанлиги α_m га боғлиқ бўлади, шунингдек μ термо намлик ўтказувчанлик коэффициентини градиентига δ' боғлиқ бўлади, унинг экстремуми вақт оралиғидаги термо таъсир τ_{um} орқали аниқланади, бу тажриба вазифаси ҳисобланади.

Қуритиш объекти сифатига тайёрлаш технологик опрециялари таъсир қилади: тўғраш шакли ва олдиндан иссиқлик билан ишлов бериш вақти.

Анжир ва олмани қуритишга тайёрлашда турли шаклдаги бўлакчаларга тўғралади: устунча, доира, кубик ва паррак. Бўлакларнинг шакли ва ўлчами

қуритиш тезлигига, шунингдек қуритиш қурилмаси самарали ишлашига яхши таъсир қилади. Маҳсулот бўлаклари қалинлиги камайтирилиши билан сувсизланиш вақти қисқаради ва ишлов беришда қуритилган маҳсулот тикланиш вақти тезлашади.

Агар маҳсулот майда тўғралган бўлса, юза қисмидаги қотиш паст даражада бўлади.

Қуритиш жараёнини интенсивлаштириш қуритилган маҳсулот сифатини яхшилашга ва витаминлар ҳамда бошқа қимматли озуқавий моддалар йўқолишини пасайтиришга хизмат қилади. Бироқ бўлаklarнинг қалинлиги маълум катталиқкача камайтирилиши мумкин (2 мм), чунки ундан ҳам ингичка тўғралса, кўп миқдорда мева парчалари ҳосил бўлади.

Қуритилган маҳсулотларнинг кубиксимон ва паррак шаклида тўғралгани афзал, чунки бундай маҳсулот аралашмаларда яхши аралашади, автоматларда юмшоқ қадоқларга яхши жойланади ва чиройли кўринишга эга бўлади.

Тўғралган хомашёда майда бўлаklar миқдори 5-8% дан кўп бўлмаслиги керак. Майда бўлаklarнинг кўпайиши қуритиш шароитини ёмонлаштиради ва ортиқча йўқотишларга сабаб бўлади, чунки қуритилган стандарт маҳсулот чиқиши камаёди ва хомашё сарфи ошади.

Тадқиқотлар кўрсатишича, агар дастлабки ишлов беришда ИҚ-қиздириш қўлланилса, бланширлашга эҳтиёж бўлмайди. Хажмий ва чуқур ИҚ-қиздириш қуритишнинг биринчи босқичида маҳсулот зарралари ичида етарлича юқори ҳарорат (70-80°C) ҳосил қилади. Бундай ҳароратнинг ўзи бланширлаш таъсирини беради. Қуритиш вақти қисқариши билан, маҳсулот ичидаги ҳарорат ҳам пасаяди ва керакли ҳолатигача қурийд.

Биз томондан қишлоқ-хўжалик маҳсулотларига олдиндан ишлов бериш учун такомиллаштирилган қурилма қўлланилди.

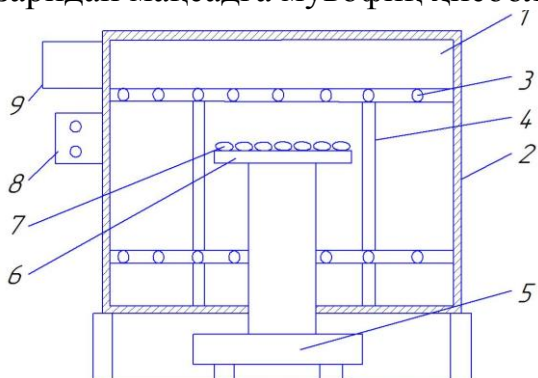
1-расмда ИҚ-диапазондаги электр майдонда меваларга дастлабки ишлов бериш қурилмаси кўрсатилган. Ишчи камера 1 экраннинг вертикал текислигида винт ёрдамида ҳаракатланувчи химояланган корпус 2 кўринишда ишланган. Ишчи камерадаги экранга қувурсимон КГ-220-1000 маркали ИҚ-нурланиш 8 манбаи тўплами ўрнатилган. Қурилма токка шит 9 орқали уланади, камера ИҚ-нурларни қайтариш учун алюмин фалга билан тўсилган, қурилма хом ашё намунаси 7 ҳароратини ўлчаш учун электрон потенциометр билан жихозланган, камерага хромель-капель термо жуфтлик потенциометри киритилган, намуна тарози 5 товоқларида (поддон) 6 жойлаштирилади, материалдаги намлик пасайишини қурилма қайд қилиб боради. Товоқ баландлиги бўйича ростлагич ўрнатилади.

Тажрибада маҳсулот юзаси ва лампалар орасидаги масофа лампалар ўрнатилган экранни винт ёрдамида ҳаракатлантириш эвазига 100-200 мм диапазонда ўзгартириб кўрилди.

Нурлатгичларни қиздириш ҳарорати кучланишни ўзгартириш билан назорат қилинади. ИҚ-нурлатгич томонидан ҳосил бўлган маҳсулот ҳарорати хромель-капель термоэлектрик ўзгартирувчилар ёрдамида ўлчанади ва ўзи ёзувчи КСП-4 типдаги электрон потенциометрда қайд қилинади.

Дастлабки иссиқлик билан ишлов беришни танлаш консерва ва қуритиш

саноатида бажарилган изланишларга асосланади. Меваларни қуритишда терморрадиацион усулларни ўрганиш ва ишлаб чиқиш қуритилган маҳсулотлар сифатини ошириш ва уларни ишлаб чиқаришда энергия тежаш нуқтаи назаридан мақсадга мувофиқ ҳисобланади.



1-ишчи камера; 2-корпус; 3-ИК лампалар; 4-керамик трубкада изоляцияланиб копланган спираль; 5-тарози; 6-поддон; 7-хом ашё; 8-ИК-лампа ни кушиш ва ажратиш учун пульт; 9-қурилмани кушиш ва ажратиш учун бошқариш пульти

1-расм. Экспериментал дастлабқи ишлов бериш қурилмаси

Биз томондан ишлаб чиқилган дастлабқи ишлов беришли конвектив қуритиш доимий қуритиш тезлиги босқичида конвектив энергия бериш жараёни ва қуритиш тезлиги пасайиш босқичида ИҚ-энергия беришни ўз ичига олади.

Тадқиқотлар шу мақсад учун яратилган қурилмада махсус ўтказилди, қурилмада 500 Вт қувватли ИҚ-лампа лар (2 дона), термометр, барометр ва вакуум компрессор мавжуд. Тадқиқот комплекси ИҚ-нурланишни катта қувватда 90 с давомида дастлабқи ишлов бериш учун алоҳида ёқиш, қуритиш параметрлари ва режимларини ўзгартириш имконини беради. Тадқиқот параметрлари 1-жадвалда келтирилган.

Юзадаги иссиқлик оқими зичлиги ИПП-2 ўлчаш блоқи орқали ГОСТ 25380-92 бўйича ўлчанди.

1-жадвал

Дастлабқи ишлов бериш параметрлари

Жараён параметрлари	Олдиндан ишлов бериш турлари		
	ИҚ	СВЧ	ИҚ+СВЧ
Манба қуввати	1 кВт	1 кВт	1+1 кВт
Иссиқлик оқими зичлиги	25-30 кВт/м ²	25-30 кВт/м ²	25-30 кВт/м ²
Ишлов бериш давомийлиги	90 с(45x60x45)	90 с(45x60x45)	45 с/ 45 с(45x60x45)

Меваларни ИҚ-конвектив усулда узлуксиз қуритиш учун экспериментал қуритиш ускуна конструкцияси ишлаб чиқилди (2-расм).

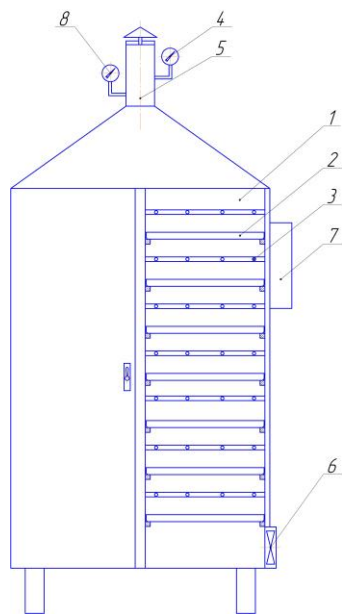
Диссертациянинг «**Экспериментал тадқиқот ўтказиш, натижаларни қайта ишлаш ва қуритиш жараёнини оптималлаштириш услубияти**» номли учинчи бобида меваларни конвектив қуритиш жараёнининг тажрибавий-статистик математик модели бўйича олинган натижалар келтирилган.

Тажрибаларни режалаштириш ҳар бир k фактор учун икки даражада амалга оширилди, тўлиқ факторли тажриба ёки 2^k режа амалга оширилди. Ушбу технологик параметр бўйича соҳани ўрганиш чегарасини факторлар даражаси белгилайди. Бизнинг ҳолатда чиқувчи параметрга $W_{ост}$ (мевадаги қолдиқ намлик) учта катталиқ таъсир ўтказди: t_b – намуна юзасининг ҳарорати (70-80-90⁰С диапазонида); δ - намуна қалинлиги; W_n – мева бўлақларининг бошланғич намлиги (анжир 87-88%, олма 85-86%).

Регрессия коэффициентларини аниқлаб, тўлиқ регрессия тенгламаси олинган:

$$Y_{анжир} = 2,43 - 0,69x_1 + 0,46x_2 - 0,335x_3 - 0,255x_1x_2 - 0,23x_1x_3 - 0,245x_2x_3 - 0,035x_1x_2x_3$$

$$Y_{олма} = 2,996 - 0,3x_1 + 0,66x_2 - 0,16x_3 - 0,114x_1x_2 - 0,181x_1x_3 + 0,221x_2x_3 - 0,156x_1x_2x_3$$



1-камера; 2-поддон; 3-ИҚ-лампарлар; 4-психрометр; 5-вентиляциян труба; 6-вентилятор; 7-бошқарув блоки; 8-манометр.

2-расм. Меваларни қуритишда экспериментал ускуна

Қуритилган маҳсулотдаги қолдиқ намликнинг экспериментал кўрсаткичлари ўртача квадратик оғиши ҳисоблардан қуйидагини ташкил қилади:

$$\sigma_{\text{анжир}} = \frac{100}{\Delta W_{\text{max}}^2 - \Delta W_{\text{min}}^2} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta W^2(Y)}{n}} = \frac{100}{26,4^2 - 16,4^2} \cdot \sqrt{\frac{2,79^2 + 1,1^2 + 1,82^2 + 1,25^2 + 4,15^2 + 3,52^2 + 2,3^2 + 2,51^2}{8}} = 0,61\%;$$

$$\sigma_{\text{олма}} = \frac{100}{\Delta W_{\text{max}}^2 - \Delta W_{\text{min}}^2} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta W^2(Y)}{n}} = \frac{100}{25,4^2 - 23,4^2} \cdot \sqrt{\frac{1,26^2 + 0,71^2 + 2,94^2 + 2,13^2 + 1,42^2 + 2,22^2 + 3,27^2 + 2,56^2}{8}} = 2,26\%.$$

бунда ΔW_{max} -буғланган намликнинг максимал катталиги, ҳисоблаш йўли билан аниқланган, %; ΔW_{min} – буғланган намликнинг минимал катталиги, %; n – тажрибалар сони.

Бундан хулоса қилиш мумкинки, назарий ва тажриба кўрсаткичлари ўзаро етарлича аниқликда мос келади.

Тузилган режани амалга ошириш натижасида, дастлабки ишлов бериш ва намуна қалинлигига боғлиқ ҳолда компонентларни қуритиш кинетикаси эгри чизиғи кўринишида маълумотлар олинди. Тажрибалар натижаларига

кўра, дастлабки ИҚ-ишлов беришли конвектив қуритишдаги қуритиш компонентлари эгри чизиқлари олинди.

Олинган тажриба натижаларининг ҳақиқийлиги, Кохрен ва Фишер критериялари билан баҳоланиб тасдиқланди.

Олинган регрессия тенгламаси озуқа маҳсулотлари компонентларини комбинацияланган усулда қуритиш жараёнини тавсифлайди (ИҚ-конвектив қуритиш) ва сўнгги намликкача жараён вақти кўрсаткичини ҳисоблаш ва қуритиш коэффиценти K ни $\pm 5\%$ хатолик билан, тадқиқот ўтказилган жараён параметрлари ўзгариши чегарасида ҳисоблаш имконини беради.

Тажриба натижалари таҳлили шуни кўрсатади, ИҚ-нурлар импульси зичлиги q , юкланиш σ ва ишчи камера ҳарорати t_e нинг максимал кўрсаткичларини қуллашда нотекис қурийд, минимал кўрсаткичларида эса маҳсулот яхши қуримайди.

Қиздириш ва инфрақизил нурлар билан қуритиш самарадорлиги нурлатиш манбаи ва нурланаётган материал орасидаги нурли иссиқлик алмашилиш интенсивлигига боғлиқ бўлади.

Қуруқ модда миқдори энг кўп бўлган етакчи навлар: анжир нави – қора қрим, сариқ далмат, абхаз; олма нави – беш юлдуз, голден, семеринка.

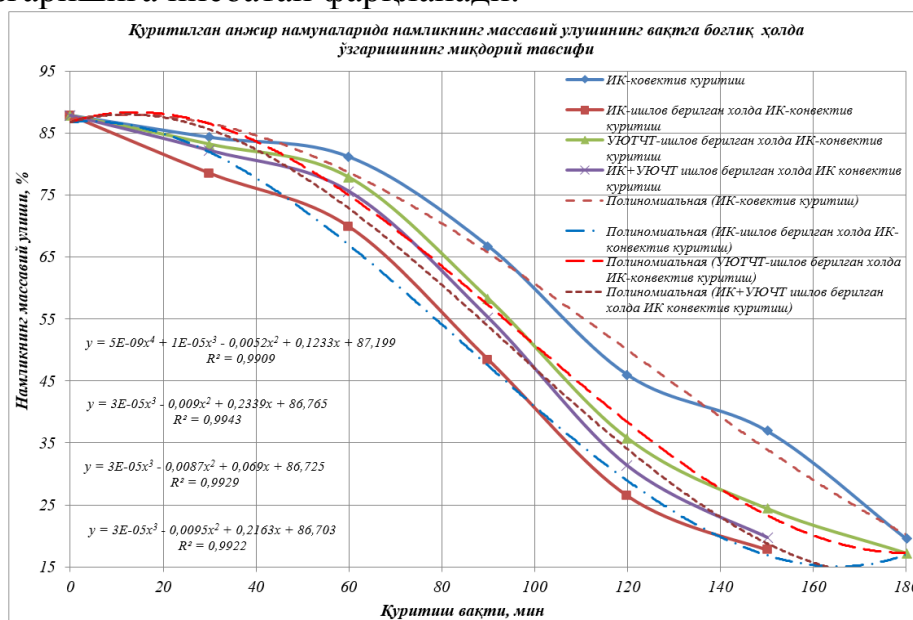
Биргаликдаги кўрсаткичларга кўра қуритиш учун энг яхши турлар: инжира нави – қора қрим, сариқ далмат, абхаз; олма нави – голден.

Хомашё навлари кўрсаткичларининг солиштирма таҳлили 2-жадвалда келтирилган.

Қуритиш учун мўлжалланган хомашёларнинг кимёвий таркиби

Маҳсулот нави номланиши	Товар ҳосилдорлиги, ц/га	Таркиби		
		Қуруқ модда, %	Қанд, %	Витамин С, мг/%
Олма:				
Бешюлдуз	411,5	22,4	1,5	20
Голден	337	23,1	2	19,7
Семеринка	335,5	23,4	1,7	20
Анжир:				
Қора қрим	404	8,9	6,3	4,84
Сариқдалмат	402,5	13,3	6,9	4,83
Абхаз	264,5	10,9	6,5	3,95

Анжир намуналарини қуритиш жараёнида намликнинг массавий улуши ўзгариши хусусияти (3-расм), анжир намуналарини қуритиш жараёнида намлик миқдори ўзгаришига нисбатан фарқланади.



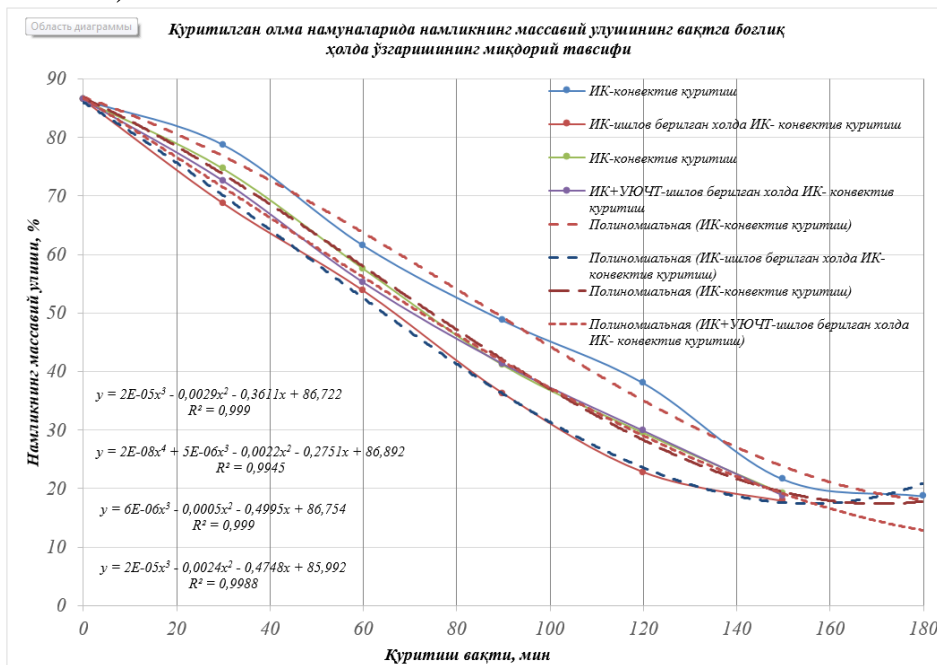
3-расм. Қуритилаётган анжир намунасидаги қолдиқ намликнинг қуритиш вақтига боғлиқ ҳолда миқдори графиги (қора қрим, тўғраш шакли - паррак)

Дастлабки ишлов беришсиз қуритишда, маҳсулотдаги намлик миқдори нормаллашган ҳолатга 180 мин қуритиш жараёни давомида келишига қарамасдан, қолдиқ намлик миқдори 19,50% ни ташкил қилди ва бошқа исталган дастлабки ишлов бериш усулидан паст кўрсаткич бўлади.

Анжир намунасига ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов бериб, ИҚ-конвектив қуритишда намуналарни 180 мин давомида қуритиш етарли бўлади (намуналардаги қолдиқ намлик миқдори 13,58% ни ташкил этди), ЎЮЧ қиздириш орқали дастлабки ишлов бериб, ИҚ-конвектив қуритишда намуналарни 180 мин давомида қуритиш етарли бўлади, лекин қуритиш даври тугаши билан маҳсулотдаги қолдиқ масса улуши юқори ва 17,21% ни ташкил қилади, ИҚ-ЎЮЧ диапазонидаги электромагнит майдони таъсирида дастлабки ишлов беришни қўллашда қолдиқ масса улуши 15,39% ни ташкил қилади.

4-расмда олма намунасидаги қолдиқ намлик масса улушининг дастлабки

ишлов беришсиз, барча уч хил дастлабки ишлов беришдаги ва конвектив қуритишдаги таҳлили келтирилган. Қуритиш қолдиқ намлик масса улуши стандарт талабларига тўғри келадиган (14%дан ошмаган) кўрсаткичга давом эттирилди, дастлабки ишлов бериш 90 с давомида – 45с – 60с – 45с режимида, асосий жараён – конвектив қуритиш 180 мин давом эттирилди (80°C ҳароратда, ҳаво тезлиги 3м/с).



4-расм. Қуритилаётган олма намунасидаги қолдиқ намликнинг қуритиш вақтига боғлиқ ҳолда миқдори графиги (беш юлдуз, тўғраш шакли - паррак)

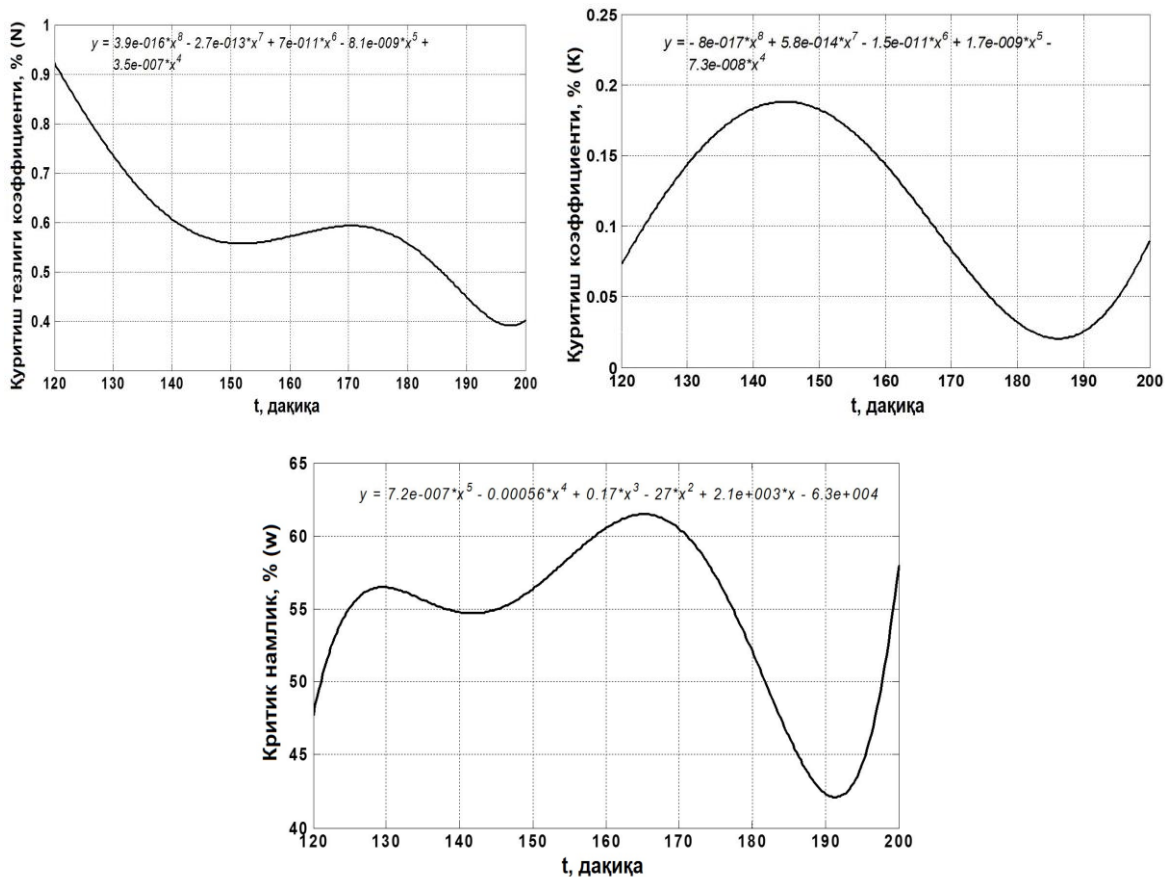
Олма намунасига ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов бериб, ИҚ-конвектив қуритишда намуналарни 180 мин давомида қуритиш етарли бўлади (намуналардаги қолдиқ намлик миқдори 13,24% ни ташкил этди), ЎЮЧ қиздириш орқали дастлабки ишлов бериб, ИҚ-конвектив қуритишда намуналарни 180 мин давомида қуритиш етарли бўлади, лекин қуритиш даври тугаши билан маҳсулотдаги қолдиқ масса улуши юқори ва 16,21% ни ташкил қилади, ИҚ-ЎЮЧ диапазонидаги электромагнит майдони таъсирида дастлабки ишлов беришни қўллашда қолдиқ масса улуши 14,92% ни ташкил қилади.

Графиклар таҳлили шуни кўрсатади, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонидаги электромагнит майдонида дастлабки ишлов беришни қўллаб қуритишда қолдиқ намлик мувофиқ равишда 16,21% ва 14,92% ни ташкил этди, бу усуллар юқори қувватли ИҚ-нурли дастлабки ишлов беришни қўллаб қуритишдан паст кўрсаткични бермоқда, намунадаги қолдиқ намлик минимал 13,24% бўлади.

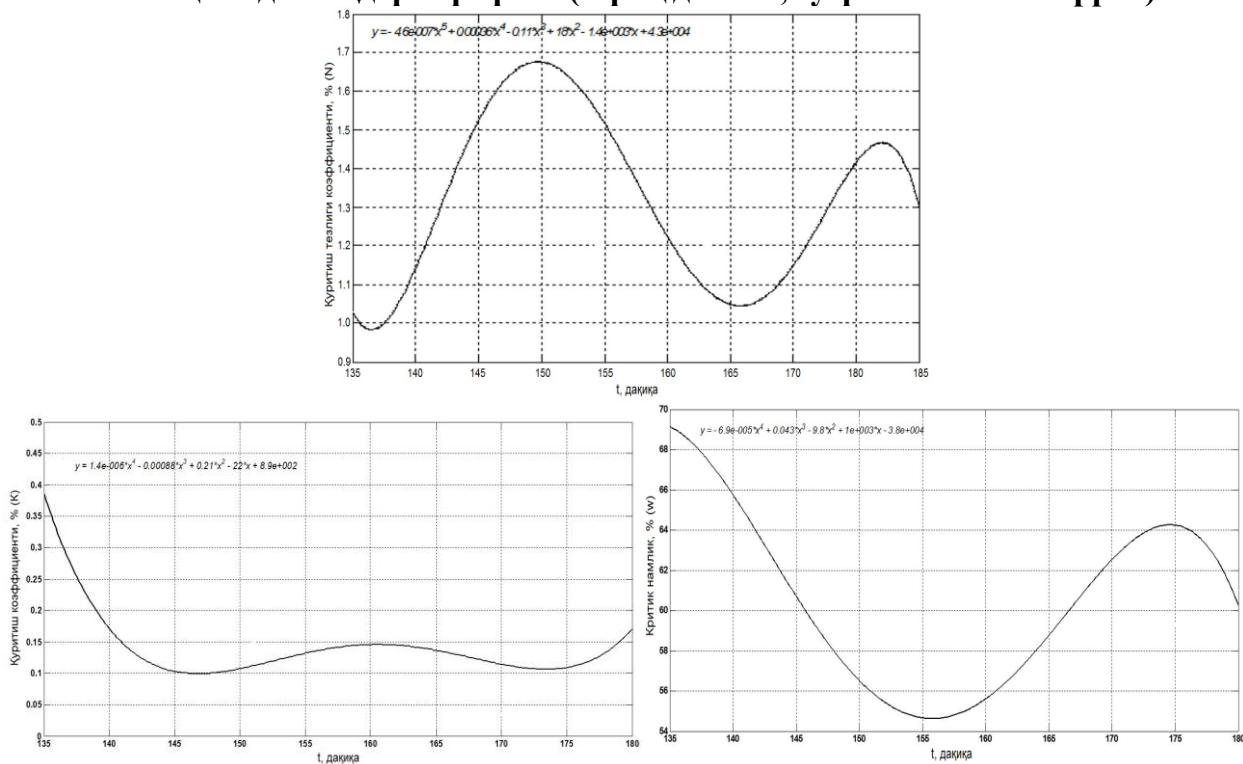
Юқорида келтирилган таҳлиллардан хулоса қилиб айтиш мумкинки, ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов беришда ИҚ-конвектив қуритиш энг мақбул усулигидир.

5-6-расмларда қуритиш кинетикаси эгри чизиқлари келтирилган: дастлабки ишлов беришсиз конвектив қуритиш ва барча уч турдаги дастлабки ишлов беришни қўллаб қуритиш усуллари учун, анжир ва олма намуналарини

қуритиш тезлигини материалнинг намлигининг қуритиш камерасида 80°C ҳароратга боғлиқ холда ўзгариши келтирилган.



5-расм. Қуритилаётган анжир намунасидаги қолдиқ намликнинг қуритиш тезлигига боғлиқ холда миқдори графиги (сарик далмат, тўғраш шакли - паррак)



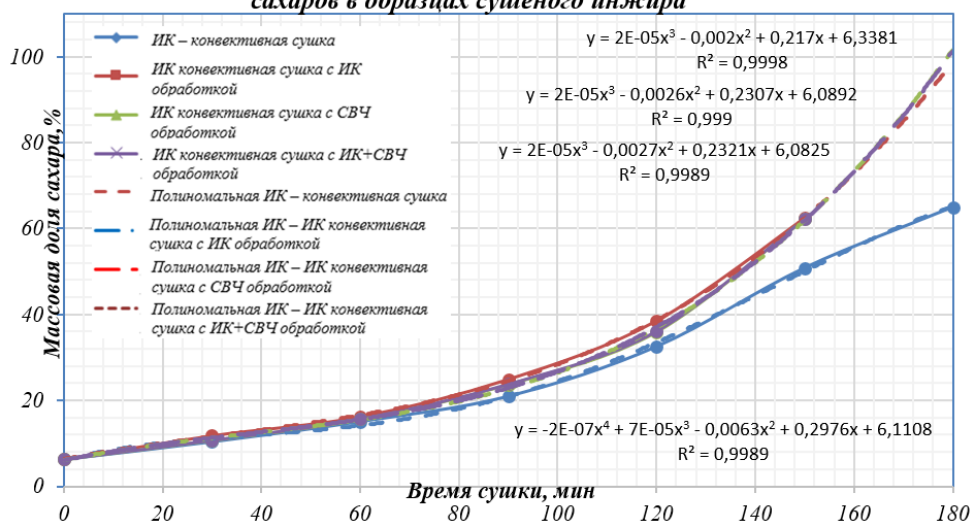
6-расм. Қуритилаётган олма намунасидаги қолдиқ намликнинг қуритиш тезлигига боғлиқ холда миқдори графиги (голден, тўғраш шакли - паррак)

Биринчи тур чегара шартлари билан ФИКнинг диффузион моделига кўра қуритиш кинетикасини ўрганишга қаратилган экспериментал маълумотларни қайта ишлаш шуни кўрсатади, бутун қуритиш даврида киритилган намлик диффузияси коэффицентининг зарралар ўлчамини аниқловчи квадратига муносабатининг катталиги $0,003 \text{ мин}^{-1}$ ташкил қилади.

Учинчи тур чегара шартлари билан диффузия модели ёрдамида қуритиш эгри чизикларини қайта ишлаш шуни тасдиқлайди (Био коэффиенти катталиги тахминан 0,1), синалаётган терморрадиацион қуритиш технологияларини қўллашда жараён ананавий ички диффузиядан ташқи диффузия шаклига ўтади. Қуритилган маҳсулотнинг кимёвий таркиби “Юқори технологиялар ўқув-тажриба маркази”нинг лабораториясида таҳлил қилинган.

Анжирни ИҚ дастлабки ишлов бериш билан конвектив қуритиш усули 180 минутдан сўнг, максимал миқдорда моно- ва дисахаридлар сақланган тайёр маҳсулот олиш имкониятини берган ва 66,3% ни ташкил қилади. Дастлабки ишлов бериш билан ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ қўллаб қуритишда олинган қуритилган анжир намуналаридаги қанд масса улуши 59,9% ва 62,4%-ни ташкил қилади, шунингдек дастлабки ишлов берилмасдан қуритишда 56,2%-ни ташкил қилади. 7-расмда эгри чизиклари келтирилган.

Количественная характеристика изменения массовой доли сахаров в образцах сушеного инжира

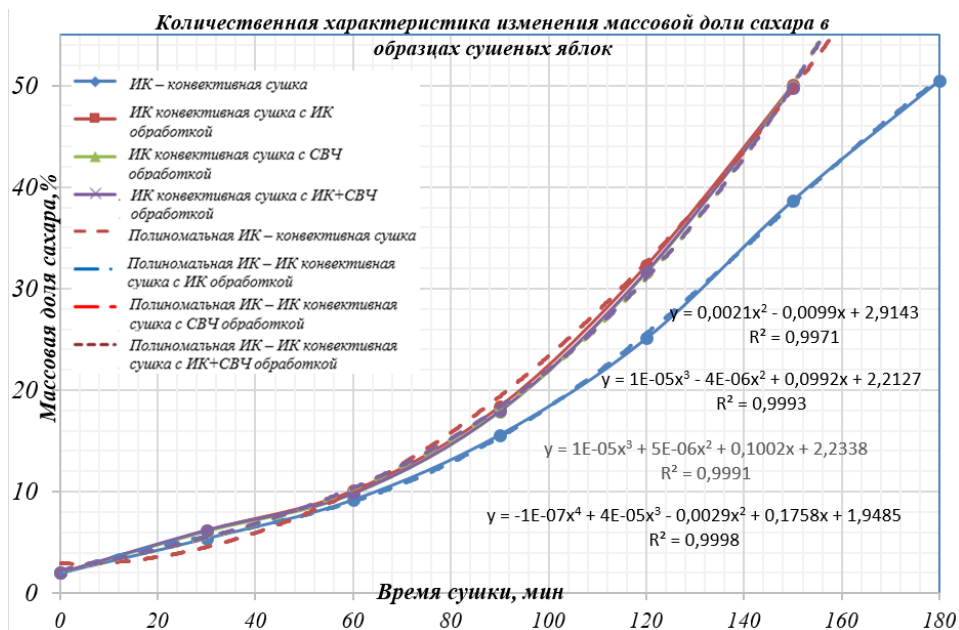


7-расм. Қуритилган анжир намунасидаги қанд масса улушининг қуритиш вақтига боғлиқ холдаги миқдори графиги (тўғраш шакли - паррак)

Қуритилган анжир намуналаридаги қанднинг массавий улуши кўрсаткичларини ўзгаришининг таҳлили натижалари, ИҚ-диапазондаги электромагнит майдонда дастлабки ишлов бериш билан ИҚ-конвектив қуритишнинг афзаллигидан далолат беради.

Графикдан кўринадик, олма намуналарида энг кўп қанд концентрацияси 180 мин давомида ИҚ дастлабки ишлов бериш билан қуритишда бўлади ва 57% ни ташкил қилади. ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ электромагнит майдонда дастлабки ишлов бериб 180 мин давомида қуритилганда қанднинг массавий улуши мувофиқ равишда 51,9 ва 53,3% -ни ташкил қилади.

8-расмда дастлабки ишлов беришсиз ва барча уч дастлабки ишлов бериш усулини қўллаб, ИҚ-конвектив қуритишда олма намуналаридаги қанд миқдорининг ўзгариши келтирилган.



8-расм. Қуритилган олма намуналаридаги қанд масса үлүшининг вақтга боғлиқ холда ўзгариш графиги тўғраш шакли – ярим халқа

Дастлабки ишлов беришсиз 180 мин давомида қуритилганда қанднинг массавий улуши 50,5%-ни ташкил этади. Ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатадики, олмага ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов бериб қуритишда, қуритиш учун кетган вақт тахминан 12 минга қисқаради ва энергия сарфи тежаллади. Графикда келтирилган маълумотларга кўра қуйидагича хулоса қилиш мумкин, ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов беришбилан қуритилган олма намуналарида қанд йўқолиши энг кам миқдорни ташкил қилди. Олма ва анжирни қуритиш билан ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатади, ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов бериш билан қуритиш энг самарали усулдир.

Кўрилган тўртта вариантдан энг оптимал технологияни танлаш керак. Кўриладиган технология икки босқичини ўз ичига олади: А, В. Олинган натижани F деб белгилаймиз. Буни математик қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$A+B = F_1, \quad (9)$$

бунда А – материални қуритишга тайёрлаш жараёни; В – қуритиш жараёни (ИҚ-вакуум қуритиш).

Ушбу схемага олдиндан ишлов бериш С ни қўшамиз. С материални ИҚ диапазонида импульсли энергия бериш билан қиска муддатли ишлов беришни ўзида акс эттиради (мос равишда Е-ЎЮЧ диапазонидаги электромагнит майдонда олдиндан ишлов бериш, СЕ- ИҚ-ЎЮЧ диапазонидаги электромагнит майдонда олдиндан ишлов бериш). Шунда қуритиш жараёни учун яна 3 хил технологияни оламиз: $A+C+B = F_2$, $A+E+B = F_3$, $A+CE+B = F_4$.

Агар барча холатлар учун жараёнлар $A = \text{const}$ ва $B = \text{const}$ бўлса, унда натижадан келиб чиққан холда ва фақат битта критерия, яни маҳсулот сифатини қўйиб оптимал технологияни танлашга тўғри келади.

Танланган маҳсулотларни қуритиш жараёнини оптималлаштириш учун энг оддий усул – солиштириш усулини қўллаб, энг оптимал усул иккинчи усул деб топилди ва ИҚ қиздириш деб белгиланди. Бу ИҚ-диапазонидаги электр

майдонда олдиндан ишлов бериш билан қуритиш усули бўлди.

Солиштириш таҳлили учун 180 мин давомида ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонли электромагнит майдонда дастлабки ишлов бериб қуритилган ва дастлабки ишлов беришсиз ИҚ-конвектив қуритгичда қуритилган маҳсулотларнинг намлик масса улуши ва қандлар сақланишинг энг оптимал кўрсаткичли намуналари танлаб олинди.

Анжирни қуритишда олинган тажриба натижалари 3-жадвал

Олинган натижалар	Қолдиқ намлик %	Шакар %
Дастлабки ишлов бериш	21,1	49,6
ИҚ нур қиздириш	13,8	72,3
ЎЮЧ қиздириш	20,9	61,6
ИҚ-ЎЮЧ	18,9	61,2

3-жадвалда анжирнинг органолептик кўрсаткичлари – ташқи кўриниши, ранги ва консистенциясини ўрганиш натижалари кўрсатилган. Жадвалдаги маълумотлар дастлабки ишлов бериш билан ИҚ-қуритишнинг афзаллигини тасдиқламоқда.

Диссертациянинг «**Инфрақизил ва конвектив усулда қуритишда дастлабки ишлов беришни қўллашнинг иқтисодий самарадорлиги**» номли тўртинчи бобида ишлаб чиқилган қуритиш усулининг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш келтирилган.

Қуритиш жараёнларини солиштириб ўрганиш жараёнида тажриба мақсади учун, ишлов беришнинг бир текислиги энг катта ахамиятга эга бўлади, унга 0,20 оғирлиги берилган, ташқи кўриниш ва консистенцияга 0,15 оғирлиги ва зарарлантиришга 0,14 оғирлик берилади. Уларга энг катта оғирлик катталиклари берилди, бунда истемолчилар томонидан қабул қилинадиган товар сифатига энг катта таъсир кўрсатиш даражасига қаралди. Юмшоқлиги ва материалнинг бутунлиги каби хусусиятлар энг кичик кўрсаткич олди. Ҳар бир критериянинг тўлиқ тақсимооти 4-жадвалда кўрсатилган.

Мезонлар салмоғи коэффицентлари 4-жадвал

№	Хусусият	Мезон салмоғи %
1.	Зарарсизлиги	0,14
2.	Маҳсулотга ишлов беришнинг бир текислиги	0,2
3.	Қуритилган маҳсулотларнинг бутунлиги	0,05
4.	Намликнинг массавий улуши	0,17
5.	Шакарларнинг массавий улуши	0,16
6.	Юмшоқлиги	0,04
7.	Ташқи кўриниш ва консистенция	0,15
8.	Ранг бирлиги	0,09
	Жами	1

Қўлланилган усулнинг яқунловчи босқичи, алтернатив қуритиш технологиялари сифат кўрсаткичлари қийматларини ҳисоблаш бўлади.

Дастлабки ишлов бериш усуллари хусусиятлари 5-жадвал

№	Кўрсаткич номланиши	Дастлабки ишловсиз	ИҚ қиздириш	ЎЮЧ қиздириш	ИҚ-ЎЮЧ
1.	Энергия сифими, кВт/с	60	50	56	54
2.	Вақт, с	6	5	5	5

3.	Энергия сарфи	360	250	280	270
4.	Электроэнергия нархи	1	1	1	1
5.	Хомашёга харажат	10	10	10	10
6.	Таннархи	370	260	290	280

5-жадвалдан, энг кўп харажат ИҚ-ЎЮЧ олдиндан ишлов бериш усулига, энг хамёнбоб усул ЎЮЧ га сарфланади. ИҚ қиздириш билан олдиндан ишлов бериш кўп харажатли ҳисобланади, лекин ушбу ҳисоб-китобда олинган маҳсулот сифати фактори ҳисобга олинмаганва ўз навбатида товарнинг сифат-нарх категориясини белгилашда хал қилувчи ролни ўйнайди.

ХУЛОСА

1. ИҚ-конвектив қуритишнинг математик модели тузилган. Иссиқлик градиенти μ , материалга вақтинча циклик иссиқлик ε таъсирининг нибати билан аниқланди: $\tau_{иқ}$ – инфрақизил қиздириш, τ_0 – ҳаво оқим ва хом ашёнинг берилган коэффицентини оптимизациялаш йўли билан экспериментал изохланади.

2. Тажриба асосида дастлабки ишлов бериш билан қуритишда (каскад қуритиш) жараён тезлашиши тасдиқланди, айнан қисқа муддатли ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов беришни қўллашдаги анжир намлиги – 13,58%, олма намлиги – 13,24% ни ташкил қилди. ЎЮЧ ишлов беришни қўллашда сўнгги намлик анжирда 17,21%, олмада 16,21%ни ташкил қилди. Бирлашган ИҚ-ЎЮЧ ишлов беришни қўллашда сўнгги намлик анжирда 15,39%, олмада 14,92%ни ташкил қилди.

3. Анъанавий қуритиш усулида қуритилган меваларга нисбатан меваларнинг сифати қандларнинг -15% гача сақланиши ҳисобига яхшиланди, маҳсулот органолептик кўрсаткичлари яхшиланди.

4. Анжирни ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов бериш билан 180 мин давомида ИҚ-конвектив қуритишда максимал – 66,3% қандлар сақланган тайёр маҳсулот олиниши тадқиқотларда тасдиқланди. ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ дастлабки ишлов бериш билан қуритилган анжир намуналаридаги қандлар масса улуши 59,9% ва 62,4% ни ташкил қилди, шунингдек дастлабки ишлов беришсиз 56,2% ни ташкил қилди.

5. Дастлабки ишлов беришсиз, шунингдек ИҚ, ЎЮЧ, ИҚ-ЎЮЧ дастлабки ишлов бериш билан олмани қуритиш жараёнини ўрганиш натижалари олинди. Олмадаги энг кўп миқдорда қанд сақланиши ИҚ-қиздириш орқали дастлабки ишлов берини қўллаб 180 мин давомида қуритишда кузатилди ва 57,0%ни ташкил қилди. ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ электромагнит майдонда дастлабки ишлов бериб 180 мин давомида қуритилганда қанднинг массавий улуши мувофиқ равишда 51,9 ва 53,3% -ни ташкил қилади. Дастлабки ишлов беришсиз 180 мин давомида қуритилганда олма ва анжир намуналаридаги қандлар сақланиши 50,5% ва 56,2%- ни ташкил қилди.

6. Илмий тадқиқот натижалари «Ўзбекизоқовқатхолдинг» АЖ қошидаги «GOLD DRIED FRUITS EXPORT» МЧЖда амалиётга жорий этилди ва иқтисодий самарадорлик 111 435 600 сўмни ташкил этди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc. 03/30.12.2019.Т.03.02 ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЖУМАЕВ БОТИР МЕЛИБАЕВИЧ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПЛОДООВОЩНОЙ
ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНОЙ
КОНВЕКТИВНОЙ УСТАНОВКИ**

**02.00.16 – Процессы и аппараты химических технологий и пищевых производств
(технические науки)**

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

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2019.2.PhD/Т338.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziynet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Норкулова Карима Тухтабаевна
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Мухитдинов Джалалитдин Пахритдинович
доктор технических наук, профессор
Курбонов Жамшед Мажидович
доктор технических наук, профессор


Ведущая организация: Бухарский инженерно-технологический институт


Защита диссертации состоится «9» 12 2020 г. в «15⁰⁰» часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.)

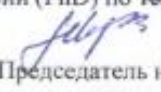
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано №179). (Адрес 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.)

Автореферат диссертации разослан «27» 11 2020 года.
(протокол рассылки № 1 от «19» 11 2020 г.).




Н.Р.Юсубов
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик


У.Ф.Мамиров
Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии (PhD) по техническим наукам


Д.П.Мухитдинов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Производство продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности, обеспечение их безопасности является важной задачей мирового масштаба. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию комбинированных сушильных устройств и технологий для качественной сушки фруктов и овощей в таких развитых странах, как США, Франция, Турция, Германия, Украина, Россия. Важно перерабатывать новые виды сырья, расширять ассортимент выпускаемой продукции, обеспечивать экологически чистое состояние, создавать эффективные безотходные технологии.

В мировой практике проводятся научные исследования направленные на совершенствование технологии и установок сушки плодов и овощей с применением горячего воздуха и ИК-лучей. Требования к качеству готового продукта требуют процесса сушки в улучшенных энергосберегающих устройствах с сохранением целебных свойств и биологической ценности фруктов. Для сушки яблок в сверхвысокочастотных (СВЧ) установках обеспечить подачу энергии с ощутимым сокращением, при дальнейшем увеличении мощности технологического процесса.

В нашей Республике достигнуты определенные результаты в глубокой переработке сельскохозяйственной продукции, получение из них полуфабрикатов и готовых к употреблению пищевых продуктов, энерго- и ресурсосберегающих технологий, позволяющих производить высококачественную продукцию. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отмечены задачи, в том числе «...сокращение энерго- и ресурсоёмкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, ...динамичное развитие сельскохозяйственного производства, дальнейшее укрепление продовольственной безопасности страны, расширение производства экологически чистой продукции, значительное повышение экспортного потенциала аграрного сектора»¹. При выполнении этих задач, важное значение в усовершенствовании технологии сушки имеет объединение сушки в электромагнитном поле ИК диапазона с существующими способами, вести сушку с учётом зависимости температуры и влажности, применение оптимального значения параметров предварительной обработки сырья для сушки, научные исследования, направленные на интенсификацию процесса ИК нагревом и дальнейшим осуществлением конвективной сушки.

Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года N УП-4947 «О дополнительных мерах по ускорению развития плодоовощной продукции в Республике Узбекистан» от 29 марта 2018 года № ПФ-5388 Указ Президента Республики Узбекистан от 27 апреля 2018 года № ПП-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практической реализации инновационных идей, технологий и проектов» и другие нормативные правовые

¹ Указ Президента Республики Узбекистан 2017 года 7 февраля УП-4947 - О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан.

акты, связанные с этой деятельностью. Это диссертационное исследование будет способствовать реализации задач, определенных в правовых документах.

Соответствие исследований основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Настоящее исследование проводилось в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. В усовершенствовании процесса и технологии сушки плодов и овощей внесли свой вклад зарубежные ученые М. Аккурф, Д. Бахрус, Б. Бала, А. С. Гинзбург, А. В. Лыков, А. К. Атиханов, Б. Я. Бабаев, В.В. Кафаров, В.В. Красников, С.Г. Ильясов, Б.С. Сажин, К.М. Хазимов и ученые нашей страны Н.Ю. Юсупбеков, О.Ф. Сафаров, Ж.М. Курбанов, А.А. Артиков, Х.С. Нурмухамедов, Ж.П. Мухитдинов, Ж.Н. Мухитдинов, Х.Ф. Джураев, К.О. Додаев и др.

Ими исследованы теоретические основы процесса сушки, разработаны рекомендации по практическому использованию современных технологий сушки фруктов и овощей.

Вместе с тем в мире ведутся научные исследования в приоритетных направлениях развития технологии и оборудования сушки: сушка продуктов инфракрасными лучами, совершенствование способов сушки продуктов (вакуумно-конвективный, инфракрасный, сверхвысокочастотный); разработка способов сушки, учитывающих сохранение биологически активных веществ, имеющих в составе сырья. Но недостаточно исследованы способы интенсификации процесса сушки в установках с использованием ИК-лучей и конвективной сушильной установки.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. План диссертационных исследований Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, ITD-9-30 «Приобретение новых качественных продуктов сушкой» (2012-2014) и OT-Atex-2018-363 «Разработка технологии и методики сушки бахчевых продуктов инфракрасным излучением» (2018-2020).

Целью исследования является создание высокоэффективного ресурсосберегающего метода сушки плодов и ускорение процесса сушки инфракрасным конвективным методом.

Задачи исследования:

изучение особенностей сушки фруктов и конструкции существующего сушильного оборудования;

создание эффективной системы передачи энергии на материал на основе анализов взаимодействий ИК-источника и сушильного материала;

настройка спектральных характеристик сушильного объекта и источника излучения, оценка влияния важных факторов на конечную влажность материала с использованием математического моделирования и теории экспериментального планирования;

выбор оптимального режима обработки фруктов и овощей способами ИК, СВЧ, ИК-СВЧ-энергоподвода ;

изучение степени хранения биологически активных веществ в продукте в результате термической обработки плодов;

изучение кинетики процесса сушки фруктов;

апробация предлагаемого способа сушки в обрабатывающей промышленности, оценка его целесообразности.

Объект исследования - сельскохозяйственная продукция: яблоки и инжир.

Предметом исследования является ускорение процесса сушки фруктов, изучение технологических параметров процесса, разработка конструкции сушильной установки.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы системного анализа и синтеза сложных технических и технологических систем, методы математического моделирования технологических процессов, теоретические основы химии и пищевых технологий.

Научная новизна работы состоит в следующем:

разработана математическая модель ИК-конвективной сушки фруктов;

определены оптимальные параметры и исходные параметры обработки высушенного сырья;

разработан метод оптимизации процесса сушки фруктов;

разработан метод сушки, основанный на зависимости от влажности и температуры, с целью экономии энергии и сокращения продолжительности процесса;

было обнаружено, что количество витаминов, сахара и белков в сушеных яблоках и инжире сохраняется лучше, чем при традиционном методе.

Практические результаты исследования состоят из:

выбран метод, позволяющий ускорить процесс сушки яблок и инжира;

определены оптимальные режимы сушки, позволяющие снизить потребление электроэнергии на сушку яблок и инжира в 1,17 раза, а продолжительность процесса сушки в 1,2 раза;

определены органолептические показатели, количество витаминов и сахаров в яблоках и инжир после термической обработки;

подобраны оптимальные режимы первичной обработки яблок и инжира;

сформированы оптимальные параметры и режимы первичной обработки объектов сушки;

разработана теория математического моделирования процесса сушки и планирования эксперимента.

Достоверность результатов исследования основана на том, что первоначальные экспериментальные результаты процесса математического моделирования были получены с использованием высокоточных измерительных приборов, автоматизированы с использованием современных операционных сред, таких как MATLAB 6.5, STATISTICA 6.0, Windows XP, Microsoft Excel, точность математических моделей, положительные результаты

исследований и использование результатов лабораторных исследований в экспериментальных и промышленных исследованиях.

Научная и практическая значимость полученных результатов. Научная значимость результатов исследования объясняется разработкой эффективного метода, основанного на функционально-структурных особенностях и морфологическом анализе рациональной технологии сушки плодоовощного сырья по заданным методикам, ускорения процесса сушки инфракрасным нагревом и конвекцией.

Практическая значимость результатов исследования заключается в использовании ИК, СВЧ и ИК-СВЧ методов излучения для выбора оптимального режима первичной обработки фруктов и овощей, определения технико-экономических показателей процесса сушки, уменьшения потерь сырья при переработке.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по ускорению процесса сушки плодов с помощью инфракрасного конвективного устройства:

технология сушки фруктов внедрена в практику в ООО «GOLD DRIED FRUITS EXPORT» (справка АК «Узбекозиқовқатхолдинг» №АК/11-2-295 от 22 февраля 2019 года). В результате потребление электроэнергии на сушку яблок и инжира сократилось в 1,17 раза, продолжительность процесса сушки - в 1,2 раза;

по разработке технологии сушки фруктов был составлен договор с ДХ «Усманов Жахонгир Сайдалиевич» на IX Республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов (зарегистрирован за №15/16 от 13 мая 2016 года). В результате сохраняется 90-95% биологически активных веществ фруктов и овощей.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 4-х международных и 4-х республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации всего опубликовано 20 научных работ, в том числе 1 монография, а также 9 статей в научных журналах, из них 7 за рубежных журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для защиты докторских диссертаций, получено 1 свидетельство для полезной модели.

Состав и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Основная часть диссертации состоит из 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость проведенных исследований, цели и задачи исследования, описан объект и предмет, соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложена научная новизна и практические результаты исследований, показана научная и практическая значимость полученных

результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние и перспективы процесса сушки фруктов в теории и практике»** анализируется современное состояние сельскохозяйственного производства и перспективы развития производства. Аналитический анализ научной литературы, посвященной ускорению процессов промышленной переработки фруктов и овощей, их математическому моделированию, расчету и проектированию.

Проанализированы конструкции сушильных устройств, используемых в агропромышленном комплексе страны, способы сушки, выявлены актуальные проблемы, планируется ускорить процесс сушки овощей и фруктов. На основе анализа имеющегося в главе материала определяются цели и задачи работы.

Во второй главе диссертации **«Теоретические обоснования ускорения процессов сушки с помощью ИК-нагрева и конвекции»** описаны объекты, условия, устройства и методы ускорения процесса сушки фруктов и овощей.

Качество высушенного материала в некоторой степени зависит от количества тепла, переданного объекту сушки, и времени выдержки. В этом случае эффективность процесса сушки определяется способом передачи тепла и соотношением количества тепла, затрачиваемого на нагрев этого материала и испарение из него влаги. Количество тепла, передаваемого из ИК-источника в материал, определяется по закону Стефана-Больцмана, по следующей формуле:

$$Q = \iint_F 5,67 C_{\text{дар}} \left[\left(\frac{T_{\text{и}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{м}}}{100} \right)^4 \right] dF, \quad (1)$$

здесь, $C_{\text{дар}}$ - степень потемнения облучателя и материала; 5,67- постоянная Стефана-Больцмана, Вт/м² ·К⁴; $T_{\text{и}}$, $T_{\text{м}}$ – абсолютная температура излучателя и материала, К, dF – площадь нагреваемой поверхности материала.

Интегральное уравнение (1) выполняется на поверхности F (м²). Вырабатываемое тепло частично используется для нагрева материала, для испарения влаги, тепло передается в окружающую среду и выражается следующей формулой:

$$Q = \iiint_V C \gamma \left(\frac{dt}{d\tau} \right) dV + r_T M \left(\frac{du}{d\tau} \right) + \iint_F \alpha (t_{\text{м}} - t_0) dF, \quad (2)$$

здесь, C – теплоёмкость материала сушки, кДж/кг·°С; γ – плотность материала, кг/м³; r_T – тепло, расходуемое на испарение влаги из материала, кДж/кг; α – коэффициент обмена тепла материала с окружающей средой, кДж/м² ·°С ·с; M – масса материала сушки, кг; $t_{\text{м}}$, t_0 – температура материала и окружающей среды, °С; dt – бесконечно малое увеличение температуры материала $d\tau$ в промежутке времени.

Коэффициент K_{λ} в уравнениях теплопередачи является управляющим фактором. Для максимального проникновения ИК-излучение в материал должно быть $K_{\lambda}=1,0$. Если здесь $\lambda_{\text{max}}=\lambda_{\text{м}}$, для достижения этого, на основе закона Вина можно выбрать подходящую температуру ИК-источника.

Продолжаем анализировать влагопроницаемость высушиваемого материала. Для одномерной задачи удержание влаги и градиенты температуры можно выразить в виде производных следующим образом:

$$\text{grad} \cdot u = \frac{\partial u}{\partial x}; \text{grad} \cdot t = \frac{\partial t}{\partial x} \quad (3)$$

и продолжение

$$\frac{\partial i_x}{\partial x} = -\gamma_0 \frac{\partial u}{\partial \tau}. \quad (4)$$

Уравнение можно записать как::

$$i = -\alpha_m \gamma_0 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \delta' \frac{\partial t}{\partial x} \right). \quad (5)$$

Дифференцируя это уравнение по x , получаем следующее:

$$\frac{\partial i}{\partial \tau} = -\alpha_m \gamma_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial \tau^2} + \delta' \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \right). \quad (6)$$

Если уравнения (4) и (6) модифицируются вместе, окончательная форма дифференциального уравнения влагопереноса для вышеуказанных условий записывается следующим образом:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \alpha_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \delta' \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \right). \quad (7)$$

Это дифференциальное уравнение выражает молярную и молекулярную скорость переноса влаги при инфракрасной сушке материала с конвекцией. Оно взаимосвязано с индивидуальным потенциалом проводимости α_m материала, а также μ термовлага связана с градиентом коэффициента проводимости δ' , его экстремум определяется через термовлияние $\tau_{\text{ит}}$ в определенном промежутке времени, это является задачей эксперимента.

На качество объекта сушки влияют технологические операции их подготовки: форма резки и режимы предварительной обработки теплом.

При приготовлении инжира и яблок для сушки режется на разные формы: соломинка, кружочки, кубики и ломтики. Форма и размер кусочков хорошо влияют на скорость сушки, а также на эффективность работы сушилки. По мере уменьшения толщины кусков продукта время обезвоживания сокращается, а время восстановления высушенного продукта во время обработки увеличивается.

Если продукт мелко нарезать, застывание на поверхности будет незначительным.

Повышение интенсивности процесса сушки способствует улучшению качества сушеного продукта и снижению потерь витаминов и других ценных питательных веществ. Однако толщину кусочков можно уменьшить до определенного размера (2 мм), потому что если его разрезать еще тоньше, образуется большое количество кусочков фруктов.

Желательно, чтобы высушенные продукты были нарезаны кубиками и кусочками, поскольку такой продукт хорошо смешивается в смесях, хорошо помещается в мягкие упаковки в торговых автоматах и имеет красивый внешний вид.

Количество мелких частиц в измельченном сырье не должно превышать 5-8%. Распространение мелких кусков ухудшает условия сушки и приводит к чрезмерным потерям, поскольку выход стандартного высушенного продукта уменьшается, а расход сырья увеличивается.

Исследования показали, что в бланшировании нет необходимости, если при первичной обработке используется ИК-нагрев. Объемный и глубокий ИК-нагрев создает достаточно высокую температуру (70-80°C) внутри частиц продукта на первой стадии сушки. Такая температура сама по себе дает бланширующий эффект. По мере того как время сушки уменьшается,

температура внутри продукта также снижается и высыхает до желаемого состояния.

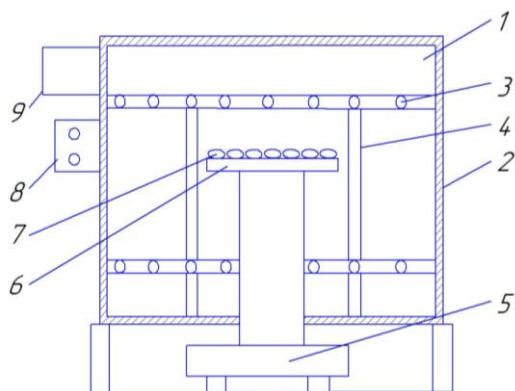
Мы использовали усовершенствованное устройство для предварительной обработки сельхозпродукции.

На рис. 1 показано устройство для первичной обработки фруктов в электрическом поле ИК-диапазона. Рабочая камера 1 выполнена в виде защищенного кожуха 2, который перемещается с помощью винта в вертикальной плоскости экрана. На экране рабочей камеры установлен комплект из 8 трубчатых источников ИК-излучения марки КГ-220-1000. Устройство подключено к току через щиток 9, камера покрыта алюминиевой фольгой для отражения ИК-лучей, устройство оснащено электронным потенциометром для измерения температуры сырья 7, потенциометр термопары хромель-копель установлен в камеру, а весы 5 для образцов размещены на поддонах 6, устройство регистрирует уменьшение влаги в материале. Чтобы регулировать высоту лотка устанавливается регулятор.

В эксперименте расстояние между поверхностью изделия и лампами изменяется в пределах 100-200 мм путем перемещения экрана, на котором крепятся лампы, с помощью винтов.

Температура нагрева излучателя контролируется изменением напряжения. Температура продукта, генерируемая ИК-излучателем, измеряется с помощью хромель-копельного термоэлектрического преобразователя и регистрируется на электронном потенциометре с саморегистрацией КСП-4.

Выбор начальной термообработки основан на исследованиях в консервной и овощесушильной промышленности. Исследование и разработка терморadiационных методов для сушки фруктов считается целесообразным с точки зрения улучшения качества сушеных продуктов и экономии энергии при их производстве.



1-камера; 2-корпус; 3-ИК лампы; 4-изолированная спираль в керамической трубе; 5-весы; 6-поддон; 7-сырье; 8-пульт для подключения и отключения лампы; 9-панель управления для подключения и отключения устройства

Рис. 1. Экспериментальное устройство предварительной обработки

Первая разработанная нами технология конвективной сушки включает в себя процесс конвективной передачи энергии на стадии постоянной скорости сушки и инфракрасной передачи энергии на стадии уменьшения скорости сушки.

Исследования проводились на устройстве, специально разработанном для этой цели, которое включает в себя лампы мощностью 500 Вт (2 шт.), термометр, барометр и вакуумный компрессор. Исследовательский комплекс позволяет отдельное включение ИК-излучения на 90 с для первичной обработки и позволяет изменить параметры и режимы сушки. Параметры исследования представлены в табл.1.

Параметры начальной обработки

Параметры процесса	Виды предварительной обработки		
	ИК	СВЧ	ИК+СВЧ
Емкость источника	1 кВт	1 кВт	1 -1 кВт
Плотность теплового потока	25-30 кВт/м ²	25-30 кВт/м ²	25-30 кВт/м ²
Продолжительность обработки	90 с(45х60х45)	90 с(45х60х45)	45с/45 с(45х60х45)

Для количественного определения сахара по ГОСТ 53883-2010 использована высокоэффективная жидкостная хроматография, для определения аскорбиновой кислоты по ГОСТ 53693-2009, определение содержания влаги и активности воды проводили в лаборатории УзДСт Республики Узбекистан по ГОСТ 28561-90.

Плотность поверхностного теплового потока измеряли по ГОСТ 25380-92 через измерительный блок ИПП-2.

Экспериментальное устройство для сушки разработано для непрерывной сушки фруктов ИК-конвективным методом (рис.2).

В третьей главе диссертации «Методы проведения экспериментальных исследований, обработки результатов и оптимизации процесса сушки» представлены результаты, полученные на экспериментально-статистической математической модели процесса конвективной сушки плодов.

Планирование экспериментов было выполнено на двух уровнях для каждого фактора k , эксперимента с полным фактором или плана $2k$. Уровень факторов определяет предел изученности исследований по данному технологическому параметру. На $W_{ост}$ (остаточная влажность в фруктах) влияют три измерения: t_v -температура поверхности образца (70-80-90 °С); δ -толщина образца; W_n -начальная влажность кусочков фруктов (рис. 87-88%, яблоки 85-86%).

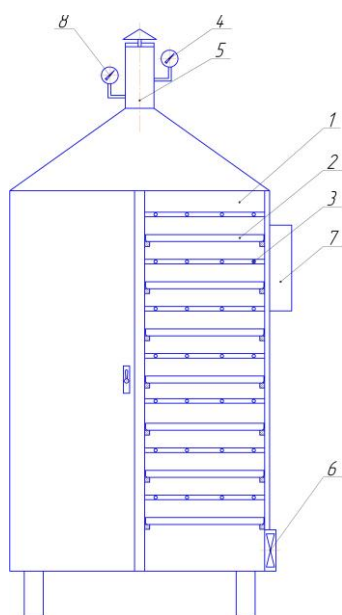
Уравнение регрессии было получено путем расчета коэффициентов регрессии:

$$Y_{\text{инжир}} = 2,43 - 0,69x_1 + 0,46x_2 - 0,335x_3 - 0,255x_1x_2 - 0,23x_1x_3 - 0,245x_2x_3 - 0,035x_1x_2x_3$$

$$Y_{\text{яблока}} = 2,996 - 0,3x_1 + 0,66x_2 - 0,16x_3 - 0,114x_1x_2 - 0,181x_1x_3 + 0,221x_2x_3 - 0,156x_1x_2x_3$$

Среднеквадратичное отклонение экспериментальных значений остаточной влаги в высушенном продукте выглядит следующим образом:

$$\sigma_{\text{инжир}} = \frac{100}{\Delta W_{\text{max}}^2 - \Delta W_{\text{min}}^2} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta W^2(Y)}{n}} = \frac{100}{26,4^2 - 16,4^2} \cdot \sqrt{\frac{2,79^2 + 1,1^2 + 1,82^2 + 1,25^2 + 4,15^2 + 3,52^2 + 2,3^2 + 2,51^2}{8}} = 0,61\%$$



- 1-камера; 2-поддон; 3-ИК лампы; 4-психрометр; 5-вентиляционная труба; 6-вентилятор; 7-блок управления; 8-манометр.

Рис. 2 Экспериментальное оборудование для сушки фруктов

$$\sigma_{\text{яблоко}} = \frac{100}{\Delta W_{\text{max}}^2 - \Delta W_{\text{min}}^2} \cdot \sqrt{\frac{\sum \Delta W^2(Y)}{n}} = \frac{100}{25,4^2 - 23,4^2} \cdot \sqrt{\frac{1,26^2 + 0,71^2 + 2,94^2 + 2,13^2 + 1,42^2 + 2,22^2 + 3,27^2 + 2,56^2}{8}} = 2,26\% \quad (8)$$

здесь ΔW_{max} – максимальная испаренная влага, определяемая расчетным путем, %; ΔW_{min} – минимальное количество испаренной влаги, %; n – количество экспериментов.

Из этого можно сделать вывод, что теоретические и экспериментальные показатели взаимно совместимы с достаточной точностью.

В результате реализации структурированного плана были получены данные в виде кривой кинетики сушки компонентов в зависимости от начальной обработки и толщины образца. По результатам экспериментов были построены кривые компонентов сушки в исходной конвективной сушке с ИК-обработкой.

Достоверность полученных экспериментальных результатов подтверждена оценкой критериев Кохрена и Фишера.

Полученное уравнение регрессии описывает процесс сушки пищевых компонентов комбинированным методом (ИК-конвективная сушка) и позволяет рассчитать индекс времени процесса до конечной влажности и коэффициент сушки K с погрешностью $\pm 5\%$ в пределах переменных параметров процесса.

Анализ результатов экспериментов показывает, что при применении максимальных значений плотности импульса ИК-излучения q , нагрузка σ и температура t_w рабочей камеры продукт сушится неравномерно, а при минимальных значениях продукт плохо высыхает.

Эффективность нагрева и сушки инфракрасным излучением зависит от интенсивности лучистого теплообмена между источником облучения и облучаемым материалом.

Сравнительный анализ сырьевых показателей приведен в табл.2.

Таблица №2

Химический состав сырья для сушки

Наименование сорта продукта	Выход продукта, ц/га	Состав		
		Сухие вещества, %	Сахар, %	Витамин С, мг/%
Яблоко:				
Пятиконечная звезда	411,5	22,4	1,5	20
Голден	337	23,1	2	19,7
Семеренко	335,5	23,4	1,7	20
Инжир:				
Чёрный крым	404	8,9	6,3	4,84
Жёлтый далмат	402,5	13,3	6,9	4,83
Абхаз	264,5	10,9	6,5	3,95

Ведущие сорта с наибольшим количеством сухого вещества: сорта инжира - черный Крым, желтый далмат, абхаз; сорта яблок - пятиконечная звезда, золотистый, семеренко.

По совокупным показаниям лучшими видами для сушки являются: сорта инжира- черный Крым, желтый далмат, абхаз; сорт яблока - золотистый.

Характер изменения массовой доли влаги при сушке инжира (рис.3) отличается от изменения содержания влаги в процессе сушки инжира.

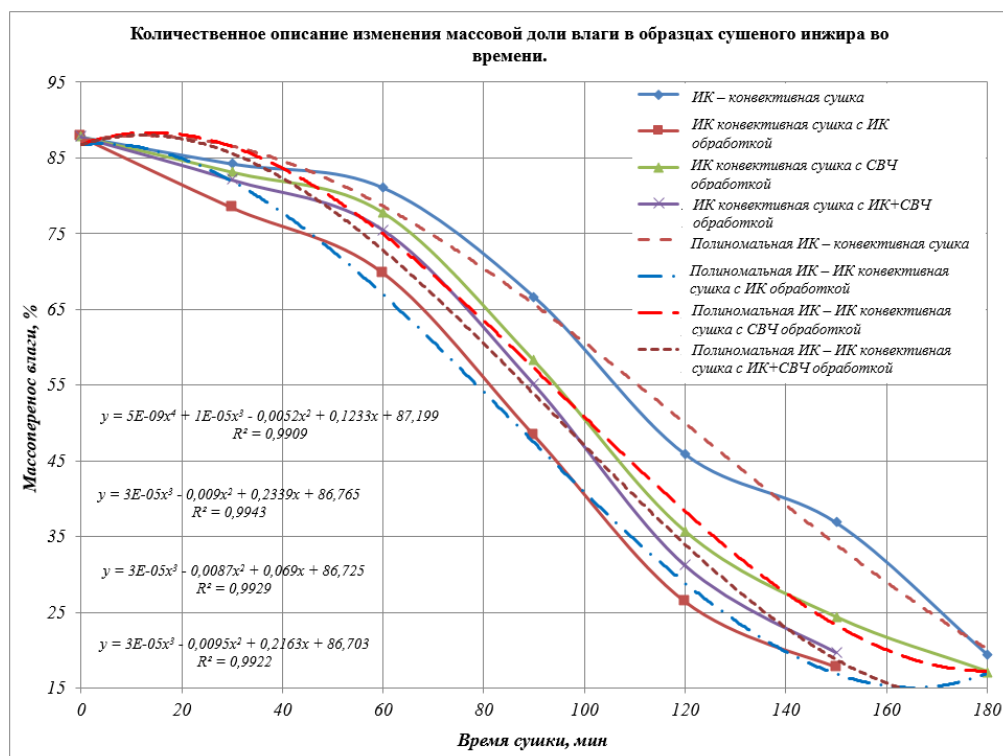


Рис. 3. График содержания остаточной влаги в образце сушеного инжира в зависимости от времени сушки (черный Крым, форма резки-лопасть)

При сушке без предварительной обработки содержание влаги в продукте находится в нормальном состоянии в течении 180 минутного процесса сушки, остаточная влажность составляет 19,50%, что ниже, чем при любом другом методе предварительной обработки.

Достаточно высушить образцы в течение 180 мин при ИК-конвективной сушке образца инжира путем начальной обработки (остаточное содержание влаги в образцах составило 13,58%), предварительно обработав СВЧ нагревом, и при ИК-конвективной сушке образцов в течение 180 мин будет достаточной, но в конце периода сушки остаточная масса в продукте будет высокой и составит 17,21%, тогда как использование электромагнитных полей в диапазоне ИК-СВЧ остаточная массовая доля составит 15,39%.

На рис. 4 показан анализ массовой доли остаточной влаги в образце яблока без предварительной обработки при всех трех типах предварительной обработки и конвективной сушке. Сушку продолжали до тех пор, пока остаточная влажность не соответствовала стандартным требованиям (не более 14,00%), первичная обработка проводилась в течение 90 с режимом 45 с - 60 с - 45 с, основной процесс конвективная сушка продолжали в течение 180 мин (3 м/с скорость воздуха при температуре 80°C).

Яблоки предварительно обрабатывают ИК-нагреванием, и производят сушку ИК-конвективным способом, при этом достаточно сушить образцы в

течение 180 мин (остаточная влажность в образцах составляла 13,24%), предварительно обработав СВЧ нагревом и при ИК-конвективной сушке образцы в течении 180 мин будет достаточной, но в конце периода сушки остаточная масса в продукте будет высокой и составит 16,21%, тогда как использование электромагнитных полей в диапазоне ИК-СВЧ остаточная массовая доля составит 14,92%.

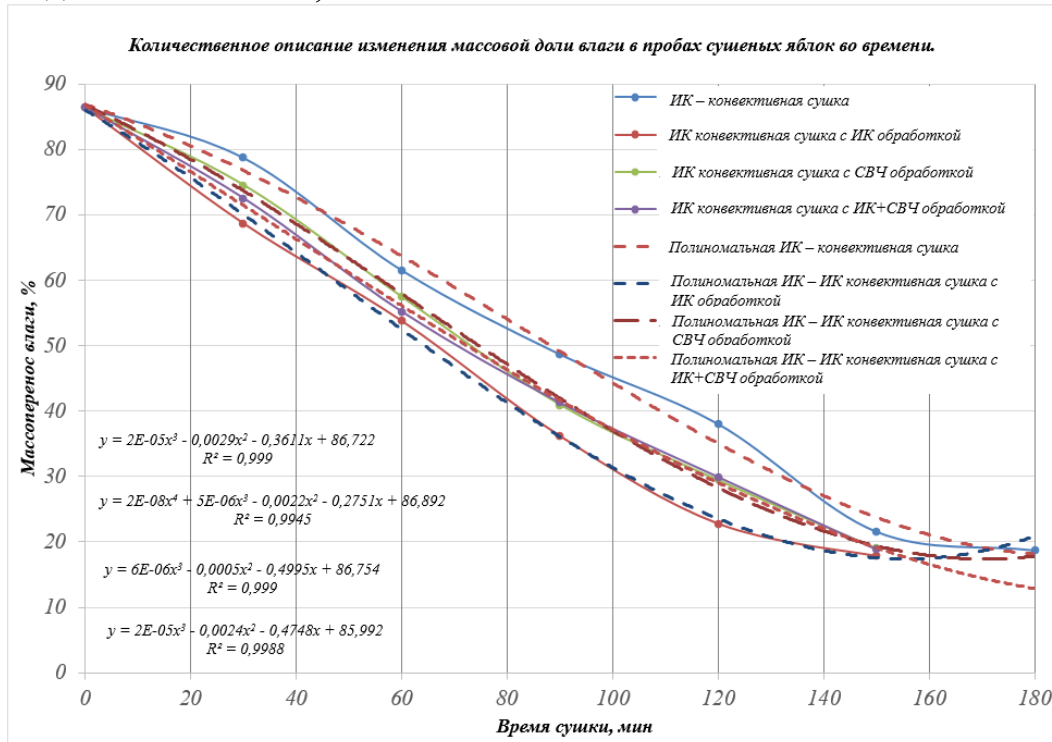


Рис. 4. График содержания остаточной влаги в высушенном образце яблока в зависимости от времени сушки (пятиконечная звезда, форма резки-ломтики)

Анализ графиков показывает, что остаточная влажность при сушке с использованием начальной обработки в электромагнитном поле в диапазонах СВЧ и ИК-СВЧ составила 16,21% и 14,92% соответственно, что дает низкую производительность, чем сушка с использованием мощного ИК-излучения, остаточная влажность в образце будет минимум 13,24%.

Из приведенного выше анализа можно сделать вывод, что наиболее оптимальный метод ИК-конвективной сушки является предварительная обработка ИК-нагревом.

На рис. 5-6 показаны кривые кинетики сушки: для конвективной сушки без предварительной обработки и для сушки с использованием всех трех типов предварительной обработки, приведено изменение скорости сушки инжира и яблока в зависимости от температуры в сушильной камере при 80°C.

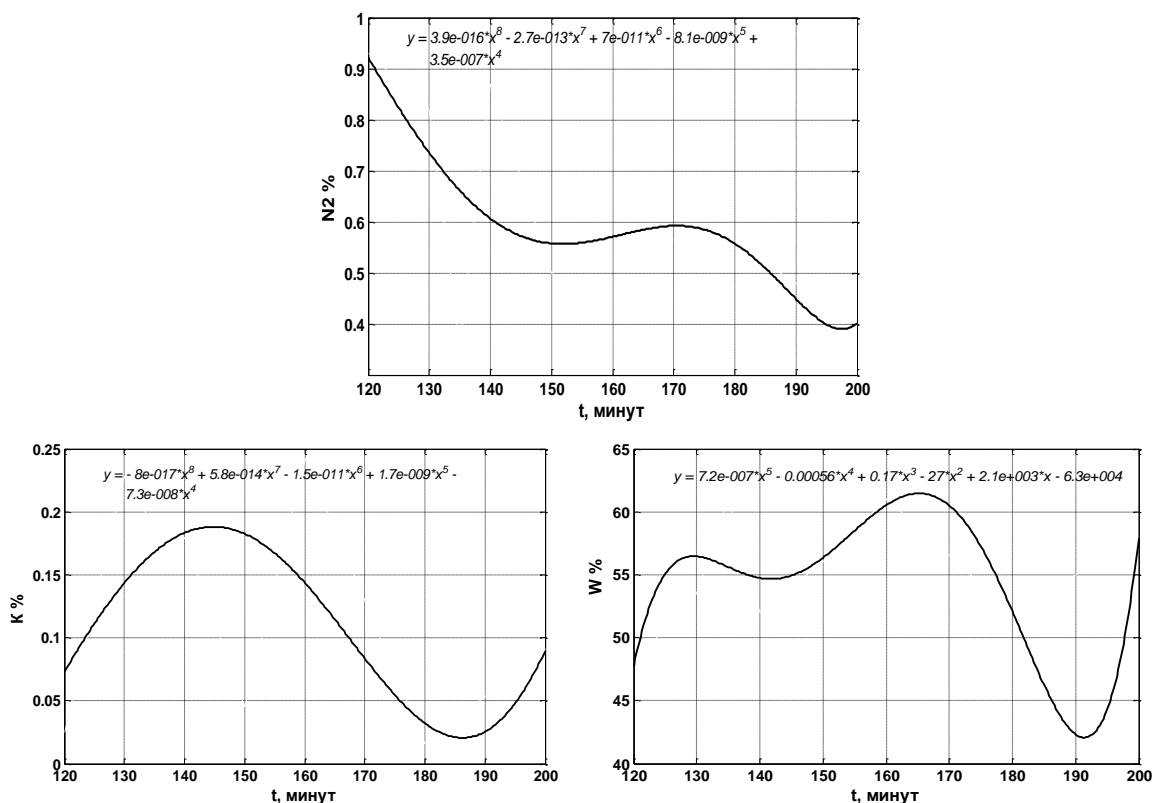


Рис.5. График содержания остаточной влаги в образце сушеного инжира в зависимости от скорости сушки (желтые слябы, форма резки-ломтики)

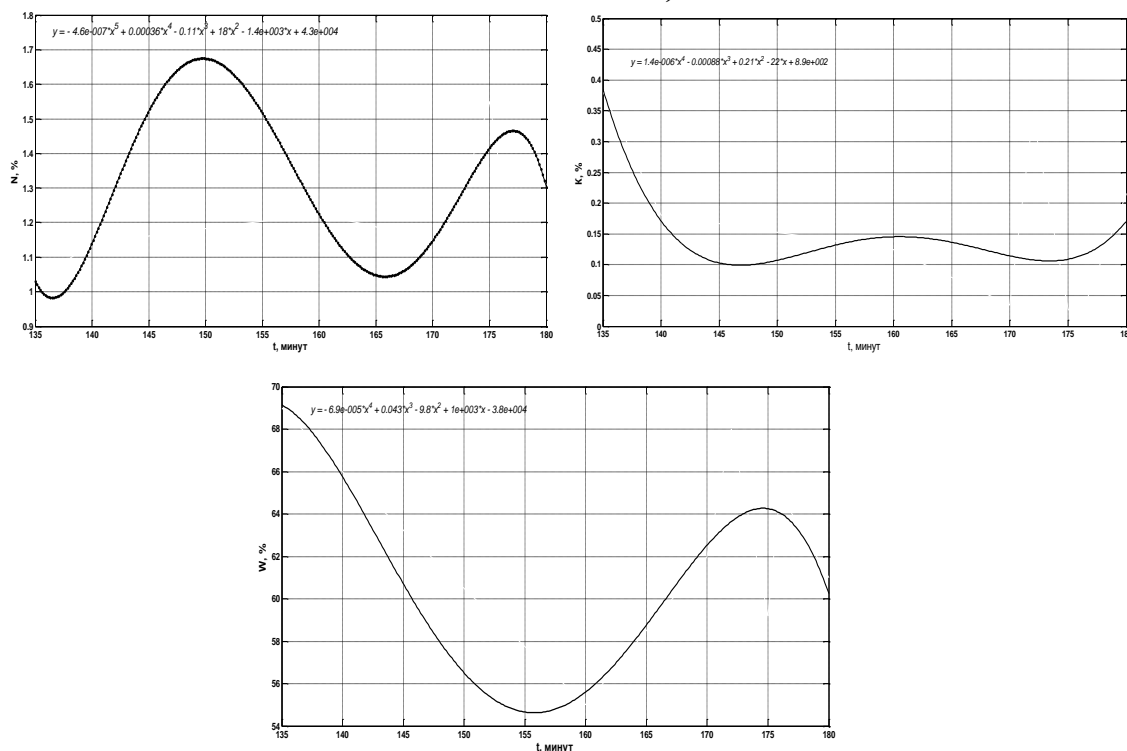


Рис.6. График содержания остаточной влаги в высушенном образце яблока в зависимости от скорости сушки (гоlden, форма резки-лопасть)

Обработка экспериментальных данных для изучения кинетики сушки по диффузионной модели Фика границы первого типа показывает, что отношение

коэффициента диффузии влаги к квадрату размера частиц в течение периода сушки составляет $0,003 \text{ мин}^{-1}$.

Обработка кривых сушки с использованием диффузионной модели с граничными условиями третьего типа (размер биологического коэффициента составляет около 0,1) подтверждает, что с использованием тестируемой технологии терморрадиационной сушки процесс переходит от традиционной внутренней диффузии к внешней диффузии.

Химический состав высушенных продуктов был проанализирован в лаборатории «Центра повышения технологии обучения».

Конвективная сушка инжира с начальной обработкой инжира через 180 мин позволила получить готовый продукт с максимальной концентрацией моно- и дисахаридов, которая составляет 66,3%. Массовая доля сахара в образцах сушеного инжира, полученных при предварительной сушке с использованием СВЧ и ИК-СВЧ, составляет 59,9%, 62,4%, также 56,2% для сушки без предварительной обработкой. На рис.7 показаны кривые.

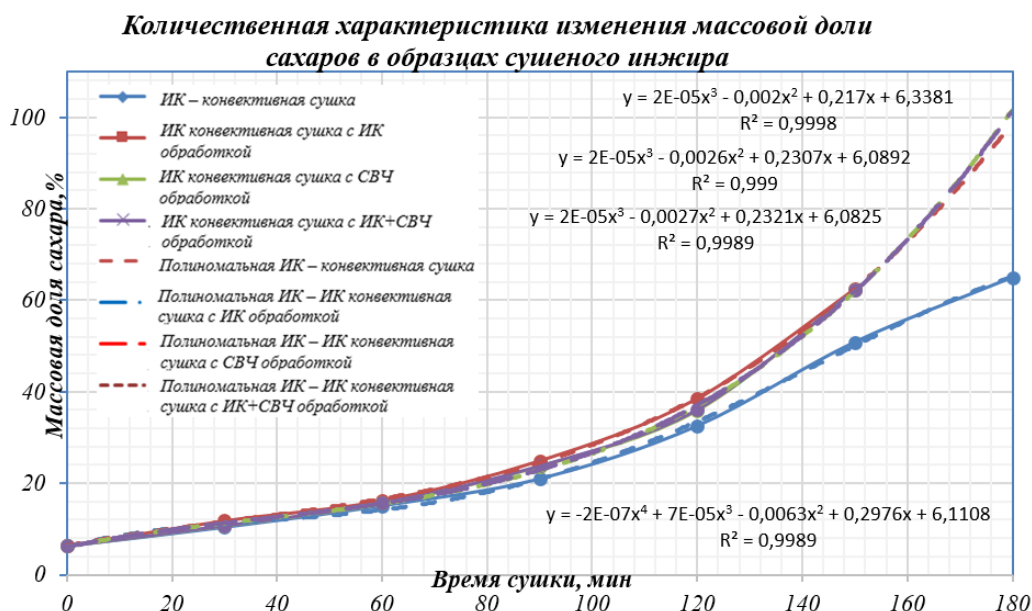


Рис.7. График количества содержания сахара в высушенном образце инжира в зависимости от времени сушки (форма резки-лопасть)

На рис.8 показано изменение содержания сахаров в образцах яблок при ИК-конвективной сушке без предварительной обработки и с использованием всех трех начальных методов обработки.

Как видно из графиков, самая высокая концентрация сахара в образцах яблок наблюдается в течение первых 180 мин с предварительной ИК-сушкой и составляет 57,0%. При предварительной обработке в электромагнитном поле СВЧ и ИК-СВЧ диапазонов и ИК-конвективной сушке в течение 180 мин, массовая доля сахара составляет 51,9 и 53,3% соответственно.

При сушке в течение 180 мин без предварительной обработки массовая доля сахара составляет 50,5%.

Эксперименты показывают, что при предварительной обработке и сушке яблок ИК-нагревом время, необходимое для сушки, уменьшается примерно на 12 мин, а также снижается энергопотребление.



Рис. 8. Зависящая от времени картина изменения процентного содержания сахара в образцах сушеных яблок – полукруг

Согласно данным, представленным в графике, было достигнуто наименьшее количество потери сахара в образцах яблока, высушенных с помощью ИК-обработки.

Исследования сушки яблок и инжира показывают, что сушка с ИК-обработкой является наиболее эффективным способом сушки.

Из четырех рассмотренных вариантов необходимо выбрать лучшую технологию. Рассматриваемая технология включает в себя два этапа: А, В. Мы устанавливаем результат в F. Математически это можно выразить следующим образом:

$$A+B = F1 \quad (9)$$

где А – процесс подготовки материала к сушке; В – процесс сушки (ИК-вакуумная сушка).

Мы добавляем предварительную обработку S к этой схеме. S представляет собой кратковременную обработку материала импульсной энергией в ИК-диапазоне (соответственно, E – предварительная обработка электромагнитного поля в диапазоне СВЧ, SE – предварительная ИК-обработка электромагнитного поля в диапазоне ИК-СВЧ). Затем мы получаем еще 3 технологии для процесса сушки:

$$A+C+B = F2 \quad (10)$$

$$A+E+B = F3 \quad (11)$$

$$A+SE+B = F4 \quad (12)$$

Если для всех случаев используются процессы $A = \text{const}$ и $B = \text{const}$, то необходимо выбрать оптимальную технологию на основе результата и только одного критерия, а именно качества продукта.

Простейшим методом оптимизации процесса сушки для выбранных продуктов является использование метода сравнения, который был определен

как второй метод, ИК излучение. Это была сушка с продвинутой механической обработкой в электрическом поле ИК-диапазона.

Для сравнительного анализа оптимальные значения массовой доли влаги в высушенных продуктах в ИК-конвективной сушилке и в сахаре без предварительной обработки были выбраны в электромагнитном поле с диапазоном ИК, СВЧ и ИК-СВЧ в течение 180 мин.

Таблица №3

Результаты эксперимента по сушке инжира

Полученные результаты	Остаточная влажность	Сахар
Предварительная обработка	19,50	56,2
ИК излучение	13,58	66,3
СВЧ излучение	17,21	59,9
ИК+СВЧ	15,39	62,4

В таблице 3 приведены результаты исследования органолептических показателей инжира - внешнего вида, цвета и консистенции. Данные в таблице подтверждают преимущество ИК-сушки с предварительной обработкой.

В четвертой главе диссертации «**Экономическая эффективность предварительной обработки и конвективной сушки**» представлена экономическая эффективность метода сушки.

Для целей экспериментального сравнительного изучения процессов сушки наибольшее значение имеет однородность обработки: ей присваивается масса 0,20, для внешнего вида и консистенции масса 0,15, а для поврежденных масса 0,14. Им был придан максимальный вес, с наибольшей степенью влияния на качество товаров народного потребления. Такие характеристики, как мягкость и целостность материала получили наименьший вес. Полное распределение каждого критерия показано в таблице 4.

Таблица №4

Коэффициенты весомых критериев

№	Особенность	Вес критерия %
1.	Безвредность	0,14
2.	Однородность обработки продукта	0,20
3.	Целостность сухих продуктов	0,05
4.	Массовая доля влаги, %	0,17
5.	Массовая доля сахаров, %	0,16
6.	Мягкость, мин.	0,04
7.	Внешний вид и консистенция	0,15
8.	Цветовая единица	0,09
	Общее	1

Завершающим этапом метода является расчет качественных показателей альтернативных технологий сушки.

Таблица №5

Особенности методов предварительной обработки

№	Наименование указателя	Нет предварительной обработки	ИК нагрев	СВЧ нагрев	ИК-СВЧ
1.	Энергетическая емкость, кВт/с	60	50	56	54
2.	Время, с	6	5	5	5

3.	Расход энергии	360	250	280	270
4.	Стоимость электричества	1	1	1	1
5.	Стоимость сырья	10	10	10	10
6.	Себестоимость	370	260	290	280

Из таблицы 5 самый высокий расход будет у метода ИК-СВЧ предварительной обработки, наиболее экономически эффективным является метод СВЧ. ИК-нагрев с предварительной обработкой является дорогостоящим, но фактор качества продукта не учитывается в этом расчете. Это, в свою очередь, играет решающую роль в определении качества и ценовой категории продукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Построена математическая модель ИК-конвективной сушки плодов. Градиент температуры μ выражен соотношением временного циклического влияния на материал ε : $\tau_{ик}$ – инфракрасный нагрев, τ_0 - экспериментально объясняется путём оптимизации заданного коэффициента потока воздуха и сырья.

2. Экспериментально подтверждено ускорение процесса при сушке с предварительной обработкой (каскадная сушка), именно путём кратковременной ИК-обработки инжира его влажность доведена до 13,58%, яблок - до 13,24%. При СВЧ предварительной обработке конечная влажность у инжира составляет –17,21%, у яблок – 16,21%, при ИК-СВЧ предварительной обработке соответственно – 15,39% и 14,92%.

3. Улучшение качества ИК-конвективной сушки по сравнению с традиционным подтверждается увеличением сахаров в сушённых фруктах до 15%, улучшены также органолептические показатели изделий.

4. Исследования подтвердили, что при ИК-конвективной сушке инжира с предварительным ИК-нагревом в течении 180 мин получены изделия с количеством сахаров в 66,3%. Массовая доля сахаров в сушенном с СВЧ и ИК-СВЧ предварительными обработками инжире составили соответственно 59,9% и 62,4%, а без предварительной обработки - 56,2%.

5. Получены результаты сушки яблок без предварительной обработки, а также с ИК, СВЧ и ИК-СВЧ предварительными обработками. Самое большое количество сахаров в сушённых яблоках получены при ИК-предварительной обработке в течении 180 мин и составила 57,0%. При применении СВЧ и ИК-СВЧ предварительных обработок и сушке в ИК-конвективной установке в течении 180 мин количество сахаров в сушённых яблоках составила 50,5% и инжире 56,2%.

6. Результаты научных исследований внедрены на предприятии ООО «GOLD DRIED FRUITS EXPORT» при ХК «Узбекозиковкатхолдинг», экономическая эффективность составляет 111 435 600 сумов в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

JUMAEV BOTIR MELIBAEVICH

**INTENSIFICATION OF DRYING PROCESS OF FRUIT AND VEGETABLE
PRODUCTS BY USING INFRA-RED CONVECTIVE DEVICE**

**02.00.16 - Processes and apparatus of chemical technologies and food productions
(technical sciences)**

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

Tashkent – 2020

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number №B2019.2.PhD/T338.

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tdu.uz) and Information and Educational portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz)

Scientific consultant:	Norkulova Karima Tuxtabaevna doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Muxitdinov Djalaliddin Paxritdinovich doctor of technical sciences, professor Qurbonov Jamshed Majidovich doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	Bukhara engineering and technological Institute

Defense of dissertation will take place in « 9 » 12 2020 at 15⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tsu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent State Technical University (registration number 179). (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-03-41.)

The abstract of the dissertation has been distributed on "27" 11 2020 year.
Protocol at the register № 1 dated « 19 » 11 2020 year.



N.R.Yusupbekov
Chairman of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of Technical Sciences, Professor, Academic

U.F.Mamirov
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
PhD on technical sciences

D.P.Mukhitdinov
Chairman of the Academic seminar
under the scientific council on awarding scientific degrees,
doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the study the goal is to create a highly efficient resource-saving method of fruit drying and accelerate the drying process by infrared convective method.

The subject of the research is the acceleration of the fruit drying process, the study of technological parameters of the process, and the design of the drying plant.

The scientific novelty of the research:

a mathematical model of IR-convective fruit drying has been developed;
the optimal parameters and initial parameters of processing dried raw materials are determined;

a method for optimizing the fruit drying process is proposed;

a drying method based on the dependence on humidity and temperature has been developed in order to save energy and reduce the duration of the process;

it was found that the amount of vitamins, sugar and protein in dried apples and figs is preserved better than with the traditional method.

Application of research results. Based on the scientific results obtained to speed up the process of drying fruits using an infrared convective device: the

technology of drying fruits has been put into practice in LLC “GOLD DRIED FRUITS EXPORT (reference of AK “Uzbekozykovkatholding” dated 22.02.2019 AK/11-2-295). As a result, the electricity consumption for drying apples and figs decreased by 1.17 times, the duration of the drying process-by 1.2 times;

for the development of fruit drying technology, a contract was drawn up with Usmanov Zhakhongir Saidalievich at the IX Republican fair of innovative ideas, technologies and projects (registered under the number 15/16 from 13.05.2016). as a result, 90-95% of biologically active substances of fruits and vegetables are preserved.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and an Appendix. The main part of the dissertation consists of 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Дадаев Г.Т., Жумаев Б.М. Исследование инновационного способа сушки лекарственных растений. Монография. Muhrpress: Ташкент, 2017. -107 с.

2. Норкулова К.Т., Маматкулов М.М. Жумаев Б.М. Трекеры ручного управления. // Вестник ТашГТУ. –Ташкент, 2018. №4. с.110-114. (02.00.00; №11).

3. Norkulova K.T., Mamatqulov M.M., Jumaev B.M. The taskofstabilizing drying with the help of accumulation material in case of overheating of the chamber under the action of sunlight. // Chemical Technology. Control and Management: Vol. 2018: Iss. 6. P.16-20. (02.00.00; №10).

4. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Jumaev B.M., Energy-saving method of drying products. // International journal of advanced research in science, engineering and technology. –India, 2019. Vol. 6, Issue 9, p.10959-10962. (05.00.00; №8).

5. Жумаев Б.М., Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Исследование и описание экспериментальных лабораторных установок. // Universum: технические науки. –Москва, 2019. №10 (67). –С.71-73. (02.00.00; №1).

6. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Jumaev B.M., Saydullayev A.B. Improvement process drying product. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. Volume-9, Issue-2, December, 2019. P.656-659. (40.ResearchGate; 41.S CImago).

7. Жумаев Б.М., Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А. Технологии сушки по результатам качественных показателей готовой продукции. // Universum: технические науки. –Москва, 2019. №10 (67). –С.26-30. (02.00.00; №1).

8. Safarov J.E., Sultanova Sh.A., Jumayev B.M. Heat and mass transfer under the influence of IR and convective energy flows on fruits-vegetables. // Journal of Critical Reviews. 2020, 7(15).P.1771-1776. (41.SCImago).

II бўлим (II часть; II part)

9. Norkulova K., Iskandarov Z., Safarov J., Jumayev B. Research dryer for drying agricultural products. // Journal of Food & Industrial Microbiology. – USA, 2016. Vol.2, Issue 1. (40. ResearchGate).

10. Искандаров З.С., Норкулова К.Т., Сафаров Ж.Э., Жумаев Б.М., Болтаев Б.С. Гелиосушилка полезным модель FAR01186 от 09.02.2017 г.

11. Norkulova K.T., Safarov J.E., Mamatkulov M.M., Жумаев Б.М. Creating a system of automatic dryer with auto regulation homing helio receiver. // European Applied Sciences. Germany, 2015, №10.–p.39-41.

12. Сафаров Ж.Э., Парпиев З.Т., Жумаев Б.М. Сушка моркови с сохранением биологически активных веществ. Научная конференция молодых

ученых «Актуальные проблемы химии природных соединений». -Ташкент, 2015. -С.194.

13. Искандаров З.С., Норкулова К.Т., Сафаров Ж.Э., Жумаев Б.М. Обоснование комбинированного использования солнечной и традиционных источников энергии в люлечно-конвейерных сушильных установках IV Международная научная конференция «Пищевые инновации и биотехнологии». Кемерово, 2016. С. 171-173.

14. Сафаров Ж.Э., Жумаев Б.М. Мева-сабзавотларни қуритиш технологияси. Машинасозлик техникаси ва технологияси ҳолати ва келгуси тараққиёти” мавзусидаги Республика миқёсидаги анжуман. Тошкент, 2016. 84-85 б.

15. Норкулова К.Т., Жумаев Б.М. Нагрев газа в трубопроводе, переходящим через парафин VIII Международная научная практична-конференция вчини, аспирантов и студентов. КИЕВ-2019. -С .322-323.

16. Сафаров Ж.Э., Султанова Ш.А., Жумаев Б.М. Оптимальное расположение инфракрасного излучения в сушильной установке. Республиканская научно-техническая конференция “Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии”. Ташкент, 2019. -С.354-356.

17. Жумаев Б.М. Додаев Қ.О., Қуёшнинг нуридан иситилган ҳаво ва инфрақизил нурида қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуритиш. “Замонавий ишлаб чиқаришда муҳандислик ва технологик муаоларнинг инновацион ечимлари” Бухоро, 2019. 35-37 б.

18. Чориев А.Ж., Жумаев Б.М., Тўхтаев Ш.К., Самадов О.Б., Холмурадов Б.Б., Тожибаев А.А. Меваларни қуритиш жараёнида ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ билан даслабки ишлов беришнинг масса алмашинув жараёнига таъсири. “Озиқ-овқат маҳсулотлари ҳафсизлиги, ресурс, энергия тежамкор ва инновацион технологиялар самарадорлиги” Наманган, 2019. 28-30 ноябр. 321-324 б.

19. Чориев А.Ж., Тўхтаев Ш.К., Самадов О.Б., Жумаев Б.М., Холмурадов Б.Б., Тожибаев А.А. Меваларни қуритиш жараёнини оптималлаштириш услубиёти. “Озиқ-овқат маҳсулотлари ҳафсизлиги, ресурс, энергия тежамкор ва инновацион технологиялар самарадорлиги” Наманган, 2019. 28-30 ноябр. 324-326 б.

20. Норкулова К.Т., Жумаев Б.М. ИҚ-конвектив усулида анжир мевасини қуритишжараёни. Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе». Ташкент, 2020. –С.328-329.

Автореферат «Техника фанлари ва инновация» илмий журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларида матнларини мослиги текширилди.

Бичими 60x84^{1/16}. «Times New Roman» гарнитура босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 20.

«ТошДТУ» босмаҳонасида чоп этилди.
100095, Тошкент, Талабалар кўчаси, 52-уй.