

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
16.07.2013.Т.08.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МАМАТОВ ШЕРЗОД МАШРАБЖАНОВИЧ

**САБЗАВОТ ИНГРЕДИЕНТЛАРИНИ ҚУРИТИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент шаҳри – 2015 йил

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Contents of the abstract of doctor's dissertation

Маматов Шерзод Машрабжанович Сабзавот ингредиентларни қуритиш технологиясини такомиллаштириш	3
Маматов Шерзод Машрабжанович Совершенствование технологии сушки овощных ингредиентов	27
Mamatov Sherzod Mashrabjanovich Improving drying technology vegetable ingredients	51
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	73

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
16.07.2013.Т.08.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ КИМЁ ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

МАМАТОВ ШЕРЗОД МАШРАБЖАНОВИЧ

**САБЗАВОТ ИНГРЕДИЕНТЛАРИНИ ҚУРИТИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

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

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент шаҳри – 2015 йил

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида 12.05.2015/В2015.2.Т472 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.tkti.uz) ва “Ziyonet” таълим ахборот тармоғида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Додаев Қўчқор Одилевич
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар:

Салимов Зокиржон Салимович,
техника фанлари доктори, УзР ФА академиги

Маннанов Улуғбек Васикович
техника фанлари доктори, профессор

Қурбонов Жамшед Мажидович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги 16.07.2013.Т.08.01 рақамли илмий кенгашнинг 2015 йил «__» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-21; факс: (99871) 244-79-17; e-mail:tkti_info@mail.ru.)

Докторлик диссертацияси билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент ш., А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-21).

Диссертация автореферати 2015 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2015 йил “___” _____ даги рақамли реестр баённомаси)

С.М.Туробжонов

Фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш раиси т.ф.д., профессор

А.С.Ибодуллаев

Фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш илмий котиби т.ф.д., профессор

Й.Қ. Қодиров

Фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси т.ф.д., профессор

Кириш (докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда дунёда қишлоқ хўжалиги хомашёсини етиштириш, озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш ва унинг хавфсизлигини таъминлаш биринчи даражали масалага айланди.

Янги технологияларни қўллаш асосида сўнгги йилларда қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлашни йўлга қўйиш орқали кўшимча қиймат яратиш ва маҳсулот ишлаб чиқаришда юқори иқтисодий самарадорликка эришиш бўйича бир қатор ишлар амалга оширилмоқда.

Етиштирилган қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлашнинг кенг тарқалган усулларида бири қуритиш ҳисобланади. Шу билан бирга пазандачиликда кенг қўлланиладиган қуритилган сабзавот ингредиентларга бўлган талаб йилдан йилга ортмоқда. Юқори озиқавий қимматга эга, деструктурланган биологик компонентлар миқдори минималлаштирилган, юқори миқдорда витамин, углевод тутган ҳамда минерал моддаларга бой бўлган қуритилган сабзавотлар ишлаб чиқаришнинг самарали технологияларини яратиш ҳозирги кунда долзарб масала ҳисобланади.

Ушбу масалани илмий жиҳатдан ҳал этишда ресурстежамкор, юқори сифатли маҳсулот чиқишини таъминлайдиган қуритиш технологияларини ишлаб чиқиш зарурияти юзага келди. Маҳсулотни қуритиш технологиясининг ривожланиши икки каскадли усулга ўтиш, инфрақизил ва ўта юқори частотали электромагнит майдонлардан оқилона фойдаланиш билан боғлиқ.

Мазкур тадқиқот иши Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2009 йилнинг 12 мартдаги, ПҚ-1072-сон «2009–2015 йилларда ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техникавий ва технологик қайта жиҳозлаш бўйича энг муҳим лойиҳаларни амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда 2011 йилнинг 31 октябридаги ПҚ-1633 сон «2012–2015 йилларда республика озиқ-овқат саноатини бошқаришни ташкил этишни янада такомиллаштириш ва ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарорларида белгиланган вазифаларни амалга оширишга хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Диссертация иши ДИТД-6 2009 – 2011 йиллардаги «Республика минерал хом ашё ресурслари, кимё, озиқ-овқат, енгил саноат ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ҳамда чиқиндиларни ресурстежамкор экологик хавфсиз технологияларини ишлаб чиқиш, қайта ишлаш, сақлаш ва фойдаланиш» Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мос равишда бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи. Дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан University of Illinois (АҚШ), University of Greenwich (Буюк Британия), Italian Culinary Institute (Италия), Institute of Agricultural engineering (Германия),

Institute of Chemical technology (Франция), Кемерово озиқ-овқат саноати технологиялари институти (Россия), Canadian Institute of food science and technology (Канада), Swedish Institute of Food and biotechnology (Швеция)да пазандачиликда ишлатиладиган сабзавот ингредиентларини қуритиш технологияларига бағишланган илмий-амалий тадқиқотлар олиб борилган.

Тадқиқот мақсади йўналишида кейинги йилларда дунё миқиёсида, жумладан, Wagening University (Голландия) сабзавотларни қуритиш жараёнининг биринчи босқичида радио тўлқинлардан фойдаланиб, иккинчи босқичида қуритиш агенти сифатида ЎЮЧ диапазондаги тўлқинлар қўлланилган; Graz University of Technology (Австрия) олимларининг тадқиқотларида қуритиш жараёнини амалга оширишда частотаси кам, тўлқин узунлиги юқори бўлган диапазондаги нурлардан фойдаланилган; National University of Food Technologies (Украина) ва Panjab University (Покистон) тадқиқотчилари сабзавотларни қуритишда маҳсулотга электрофизик усулларда дастлабки ишлов бериб, асосий жараёни конвектив усулда олиб бориш орқали маҳсулот таркибидаги компонентларни натив сақланиши ортисини исботлашган.

Бугунги кунда кишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қуритиш, унинг таркибидаги муҳим компонентларни табиий ҳолатида сақлаш ва энергияни янада тежашга қаратилган технологиялар устидаги изланишлар устувор даражада давом эттирилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Илмий-техник адабиётларда қуритишнинг терморadiацион усулидан фойдаланиб З.С. Салимов, Р.Х. Рахимов, А.Ф. Сафаров, Х.Ф. Джураев ва бошқалар томонидан олинган муайян ҳажмдаги илмий маълумотлар мавжуд. Улар ўзларининг тадқиқотларида меваларни терморadiацион усулда қуритишда ИҚ нурларнинг қуритиш объектига таъсирини ўрганиб, ИҚ лампа ва қуритилаётган хомашё ўртасидаги оптимал масофа ва тўлқин узунлигини аниқлашган. Бундан ташқари олимлар томонидан олиб борилган тадқиқотларда концентрацияси турли бўлган қандли сиропда хомашёга дастлабки ишлов беришнинг маҳсулот сифатига, қуритиш даврига таъсири ёритиб берилган. Адабиётларда қуритишни терморadiацион усулининг самарали эканлиги таъкидланган бўлсада, саноатда конвектив усулда ишлайдиган қурилмаларнинг ҳозирги кунгача оммалашгани терморadiацион усул етарлича ўрганилмаган ва қўлланилмаганлигидан далолат беради.

АҚШ ва Европа олимлари (Lenart A., Serkowniak M., Lazarides N., Katsanides E., Nicolaidis A., Peter J)-нинг консерва-тўлдирувчилари учун автоматлаштирилган терморadiацион сабзавот қуритиш воситаларини тадқиқ этиш, жараёни компьютерлаштириш масалалари кўрилган, икки босқичли қуритишнинг дастлабки босқичида ультратовушлардан фойдаланиб, самарали натижаларга эришилган.

Россия олимлари (А.С. Гинзбург, А.В. Ликов, В.В. Красников, С.Г. Ильясов, В.Н. Карпов, С.П. Лебедев) томонидан ўсимлик хом ашёсини қайта ишлашда ИҚ нурларни қўллаш натижасида тайёр маҳсулот сифати ошиши

исботланган. Аммо улар олиб борган изланишларда қуритиш жараёни бир босқичли, бу ҳол жараённинг давомийлигини, энергия сарфини қисқартириш имконини чеклайди.

Хомашёга дастлабки ишлов беришда ИҚ-диапазондаги электромагнит майдонлар кўринишида энергия беришни қўллаш самарадорлиги энергияни минимал миқдорда сарфлаган ҳолда, маҳсулот таркибида оптимал миқдорда фаол таъсир этувчи моддалар сақланиб қолишини таъминлашдан иборат. Бу эса қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қуритишни жадаллаштиришдаги долзарб масала. Масаланинг ечими ИҚ усулда энергия беришнинг рационал режимларини танлаш ва асослашдан иборат.

Қуритиш объектига дастлабки ишлов бериш қуритиш жараёнининг янги, янада жадал режимлари ва тайёр маҳсулотнинг яхшиланган хоссаларга эга бўлишини таъминлайди, у қуритиш тезлигини оширади, қолдиқ намлик миқдорини камайтиради, бу самарага маҳсулот намлигининг физик-кимёвий хоссаларини асосий қуритиш жараёнигача ўзгартириб эришилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилаётган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Ўзбекистон Республикаси Давлат фан ва техника қўмитасининг ДИТД 2011–2015 йиллар учун мўлажалланган, йўналиш шифри 19.4, давлат қайд рақами № 01.97.0006056 бўлган «Кимё ва озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш учун ресурстежамкор, экологик хавфсиз технологиялар ишлаб чиқиш» дастурига мос равишда бажарилган. Тошкент кимё-технология институтининг 2005-2015 йилларга мўлжалланган илмий-тадқиқот ишларининг координацион режасига киритилган.

Тадқиқотнинг мақсади пазандачиликда қўлланиладиган сабзаёт ингредиентларини қуритишда энергия сарфини камайтириш ва тайёр маҳсулот сифатини ошириш технологиясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

танланган дастлабки ишлов бериш – ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ усуллариининг сабзаётни ИҚ-вакуум қуритиш жараёнининг давомийлигига таъсирини ўрганиш;

сабзаётга дастлабки ишлов беришнинг мақбул режимини танлаш;

ИҚ-лампалар қуввати ва иссиқлик оқимининг қувватини ўзгартириш орқали ИҚ-вакуум қуритиш жараёнининг мақбул режимини танлаш;

иссиқлик билан ишлов беришнинг қуритилган маҳсулот таркибидаги витаминлари, қандлари ва органолептик кўрсаткичларига таъсирини ўрганиш;

каскадли қуритиш жараёнининг кинетикасини ўрганиш;

сабзаётларни қуритишда максимал жадаллаштиришни таъминлайдиган дастлабки ишлов бериш давомийлигини танлаш;

каскадли қуритиш жараёнининг иқтисодий кўрсаткичларини ҳисоблаш; технологик қурилма ва меъёрий ҳужжатларни яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ўзига хос физик-механик тавсифга эга бўлган сабзаётлар – картошка, сабзи, бош пиёз танланган.

Тадқиқотнинг предмети: каскадли қуритиш жараёнининг ИҚ – ИҚ-вакуум, ЎЮЧ – ИҚ-вакуум ва ИҚ-ЎЮЧ – ИҚ-вакуум усуллари.

Тадқиқотнинг усуллари. Физик-кимёвий, ИҚ-спектроскопик, математик моделлаштириш таҳлил усуллари.

Тадқиқотининг илмий янгилиги:

дастлабки қисқа вақтли ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ усулларда ишлов беришни қуритиш объектининг структурасига, маҳсулотдаги намликнинг ҳолати ва ИҚ-вакуум қуритиш жараёнига таъсири аниқланган;

таратилаётган ИҚ спектрли нурнинг назарий асосланган фокуслаш механизми, нурланишнинг импульслилиги, давомийлик ва зичлиги, ИҚ нурлаткичнинг қоралик даражасини қуритиш жараёнига татбиқ этиш аналитик ишлаб чиқилган, энергия айланишининг цикллилиги, энергия импульсини танлаш ва максимал ФИКни таъминлашнинг механизми аниқланган;

нурлатиш даври ва пауза оралиғидаги математик боғлиқлик, намликнинг буғланишидаги температура ҳамда намлик градиентини импульсли иситишда аккумуляцияланган иссиқлик ҳисобига қайта йўналтириш, айна вақтда материални совутиш, натижада маҳсулот марказидаги намликни чеккаларга қайта тарқатиш диффузия коэффициенти орқали ифодалаш кўрсатилган;

сабзавотларни ИҚ-вакуум усулда қуритиш жараёнида чегараловчи кўрсаткич сифатида сувнинг активлиги қабул қилиниб, тадқиқ қилиш услугиёти ишлаб чиқилган;

намунадаги осмотик боғланган намликнинг улуши ошишининг доимий юқори тезликли қуритиш даврининг давомийлигини чеклашни аниқлашдаги роли кўрсатилган;

дастлабки ишлов бериш ва каскадли қуритишни қўллаш орқали қуритиш жараёнини жадаллаштиришнинг технологияси такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

картошка, сабзи ва пиёзни қуритишда қўллашга мос келадиган усулни танлаб олиш, жараённи рационал тарзда ташкил этиш бўйича конструктив тавсиялар ишлаб чиқилди;

маҳсулотга дастлабки ишлов бериш турлари ва уларнинг мақбул режимлари таклиф этилган, қуритиш объектига дастлабки ишлов бериш ҳамда қуритиш қурилмаси яратилди;

маҳсулотга дастлабки ИҚ нурлар билан ишлов бериш ва паузада ушлаш усули яратилди;

қуритилаётган объектларнинг мақбул параметрлари ва дастлабки ишлов бериш режимлари шакллантирилди;

ИҚ-вакуумда қуритишнинг мақбул режим ва параметрлари аниқланди; инфрақизил нур ёрдамида қуритиш жараёнининг давомийлигини конвектив қуритишга нисбатан қисқариши аниқланди;

яримсаноат қуритиш қурилмасининг принципиал тузилиши яратилди.

Тадқиқот натижаларнинг ишончлилиги экспериментал натижаларни олишда юқори аниқликдаги намлик анализаторлари, аналитик

тарозилардан фойдаланилганлиги, MATLAB 6.5, STATISTICA 6.0 каби замонавий компьютер дастурлари, Windows XP, Microsoft Excel каби операцион муҳитлардан фойдаланилган, математик моделларнинг аниқлиги ва кўрилаётган соҳа бўйича уларни баҳолаш мезонларининг адекватлиги, ўтказилган тадқиқотларнинг ижобий натижалари ва уларнинг реал ишлаб чиқариш маълумотлари билан қиёсий таҳлилига кўра асосланди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг назарий аҳамияти сабзавотларни қуритиш жараёнини каскадли ташкил этиш ва терморрадиацион усулда энергия беришнинг назарий жиҳатларини ривожлантиришга қўшилган муҳим улушдан иборат. Илмий ишда инфрақизил диапазондаги электромагнит майдонларнинг асосий параметрлари, уларни нурлатиш ускуналарини яратиш босқичида нурлаткичнинг қоралик даражасини ҳисобга олган ҳолда бошқариш усуллари аналитик тарзда тадқиқ этилди.

Ишнинг амалий қиммати сабзавотга импульс-узлукли режимда дастлабки ишлов берилишини ҳисобга олган ҳолда ИҚ-вакуум қурилмада қуритишнинг статистик математик модели олинганлигидан иборат. Қуритиш жараёни учун ускуналар яратиш ва жараённи амалга оширишнинг иқтисодий кўрсаткичларини баҳолаш ҳамда ҳисоблаш усули ишлаб чиқилди.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қисқа муддатли электрофизик усулда маҳсулотга (картошка, сабзи ва пиёз) ишлов бериш бўйича технологик жараён яратилган (ТИ: 64-23425050-03:2014, №745/1 рақам билан рўйхатга олинган, 14.11.2014). Хомашёга дастлабки ИҚ нур билан ишлов бериш технологик жараёни Ўзбекистон Республикаси Озиқ-овқат саноати корхоналари уюшмаси тизимига, жумладан ОАЖ «Турақўрғон Ширинлик Агро» ХК (2014 йил 12 июндаги 14-22-сон далолатнома), «GOLD DRIED FRUITS» МЧЖ (2014 йил 20 августдаги 14-сон далолатнома), «TOOL PAPER» МЧЖ лари (2014 йил 12 июлдаги 38/1-сон далолатнома) томонидан ишлаб чиқаришга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Озиқ-овқат саноати корхоналари уюшмасининг 2015 йил 16 июндаги АП/13-1330-сон маълумотномаси) ва йиллик соф иқтисодий самара 350 млн. сўмни ташкил қилди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 20 та илмий-амалий анжуман, шу жумладан, 9 та халқаро анжуманда, хусусан: «Математик моделлаштириш ва ҳисоблашнинг замонавий муаммолари» (Украина, Ровно, 2013); халқаро илмий форумда: «Озиқ-овқат инновациялари ва биотехнологиялари» (Россия, Кемерово, 2013); «European Science and technology» (Germany, Wiesbaden, 2012); «IV of the All-Russian conference on chemical technology with the international participation» (Russia, Moscow, 2012); III-international research and practice conference «Science, Technology and Higher Education» (Canada, Westwood, 2013); III International conference on «Chemistry and chemical technology» (Armenia, Yerevan, 2013); IV-international research and practice conference «Science and Education» (Germany, Munich 2013); Dynamical system modeling and stability investigation (Ukraine, Kiev,

2013) ва 11 республика миқёсидаги: Тошкент -2010-2015; Жиззах - 2011; Қарши - 2011; Бухоро - 2011; Фарғона - 2011 конференция, форум ва симпозиумларда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 33 та илмий иш, шу жумладан, 1 та монография ва 8 та илмий мақола халқаро журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация иши кириш, 5 боб, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва 26 та иловадан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 198 бетдан иборат бўлиб, 35 та расм ва 36 та жадвални ўз ичига олади.

Диссертация нинг асосий мазмуни

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсади ва вазифалари, тадқиқот объекти ҳамда предмети ифодаланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ҳамда амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий қиммати очилган, ишлаб чиқаришга жорий этилишининг рўйхати келтирилган, чоп этилиш даражаси ва диссертация ишининг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг биринчи боби **«Хомашёга дастлабки ишлов беришнинг қуритиш жараёнига таъсирининг тадқиқи. Ишлов бериш турлари»** мавзусига бағишланган бўлиб, қуритиш жараёнининг ҳолати ва назариясининг ривожланиш анъаналари таҳлил қилинган, сабзавотларнинг технологик хусусиятлари ҳақидаги маълумотлар қуритиш объекти сифатида тизимга солинган. Қуритиш жараёнининг тадқиқ этиш натижалари келтирилган, мева ва сабзавотнинг қуритиш усул ва ускуналари ўрганилган. Яхлитлик даражаси ва тизимларнинг стабиллигини ҳисоблаш асосида мева-сабзавотларни қайта ишлашнинг паст даражада ташкил этилганлиги аниқланган. Ушбу боб шарҳ ва масала қўйиш тавсифига эга бўлиб, тадқиқотнинг таянч ғоясини шакллантиришга қаратилган.

Диссертациянинг иккинчи боби **«Тадқиқот ўтказиш шароити, объекти, усуллари ва қурилмалар»** мавзусида бўлиб, эксперимент ўтказишнинг усул ва воситалари ҳақида сабзавотнинг қуритиш ёки дастлабки ишлов бериш объекти сифатида хусусиятларини ўрганиш бўйича маълумотлар келтирилган, маҳсулотнинг спектрал, терморрадиацион, оптик ва масса алмашилиш тавсифи акс эттирилган, дастлабки ишлов бериш натижалари асосида юзага келган янги хусусиятлари таҳлил қилинган.

Нур манбаларининг нурлаш даражаси ва иситиш температурасини энг аввал тадқиқ қилиш кераклилиги асосланган. Асосий эътибор қоралик даражасини аналитик таҳлил этишга қаратилган, яъни самарали иситиш нурланиш (қоралик) даражасига боғлиқ. Шундай хулосага келинганки,

юқори самарага ИҚ нурлаткичнинг спектрал тавсифи нурланиш даражаси ва нурлаткичнинг температураси кабилар ҳисобга олинганда эришилади.

Классик электромагнит назария икки ИҚ иситкичнинг бир хил температурада турлича таъсир этишини исботлайди. Унга биноан ИҚ нурлаткичларнинг қоралик даражаси уларнинг электр хоссалари ёрдамида ҳисобланиши мумкин.

Қораликнинг интеграл даражасининг қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$\epsilon_n(T) = 0,0347 \cdot \sqrt{r_{e,273} \cdot T}, \quad (1)$$

бунда $r_{e,273}$ – 273°K (0°C), *Ом·см* даги солиштирма қаршилик; T – Келвин градусидаги температура.

Шундай қилиб, қораликнинг спектрал ва интеграл даражаси нурлаткич материалнинг қаршилигига боғлиқ. Материалнинг солиштирма қаршилиги қанчалик катта бўлса, бу кўрсаткичлар шунчалик катта бўлади. Қораликнинг интеграл даражаси ўсимлик исиш температурасига ҳам боғлиқ.

Материални нурлатиш манбаи учун қиздириш воситаси сифатида кичик солиштирма қаршиликли, яъни қоралик даражаси паст бўлган материалдан фойдаланилганда, ўсимлик хом ашёсига иссиқлик билан ишлов берилган энергиянинг бесамар йўқолиши рўй беради. Юқори радиацион хоссаларни таъминловчи қиздириш воситасига турли керамик нурлаткичлар, чинни асосида тайёрланган нурлаткичлар ва плёнкали яримўтказгич нурлаткичлар киради.

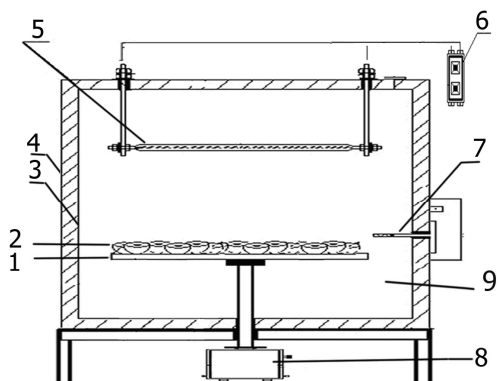
Ушбу тадқиқотлар натижаси бўйича қуриштириш жараёнини амалга ошириш учун янги авлод электромагнит элементлар – импульсли керамик нурлаш қайта ўзгартирувчилари (ИҚНҚЎ) танланган.

ИҚ спектрли нурлатиб таратилган энергияни фокусилаш, нурлатишнинг импульслилиги механизмлари, унинг давомийлиги ва зичлиги ҳамда энергиянинг айланиш даврийлиги, энергия импульсини етказиш ва жараённинг максимал ФИҚини таъминлаш механизмлари очиқ берилган.

Нурлатиш давлари ва паузалар оралиғидаги математик боғлиқлик диффузия коэффициенти орқали ифодаланган бўлиб, цикл давомийлигининг математик ифодаси олинган. У ҳарорат ва намлик градиентини унинг импульсли иситишда аккумуляцияланган иссиқлик ҳисобига буғланишида, айна вақтда маҳсулотни совитишида, қайта йўналтириш самарасидан иборат. Бунинг натижасида марказдаги иссиқлик маҳсулот чеккаларига тарқатилади. Картошка, сабзи ва бош пиёзга иссиқлик билан ишлов бериш жараёнининг эксперимент орқали олинган параметрлари тақдим этилган. Тадқиқ этилган назарий натижалардан фойдаланиб, ИҚ нурлатишнинг сабзавотга ишлов бериш жараёнидаги самарали режимларини топиш мумкин бўлган номограммалар қурилган. Олинган натижаларнинг квант механикасидаги назарий ҳолати билан таққослаш таҳлиллари берилган, натижаларнинг ҳақиқий жараёнга мослиги исботланган.

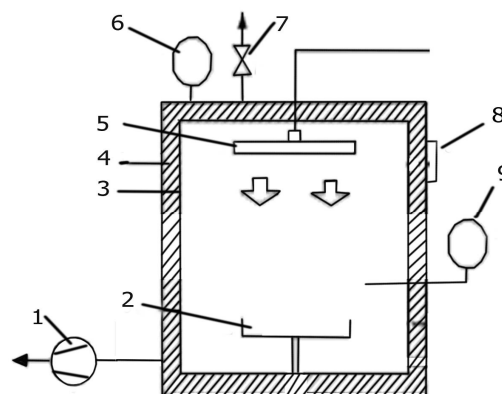
1-расмда намуналарга инфрақизил диапазондаги электромагнит

майдонда дастлабки ишлов бериш ва 2-расмда эса ИҚ-вакуум қуритиш қурилмаларининг схемаси берилган.



1 – поддон; 2 – ишлов берилаётган материал; 3 – алюминий фолгали қайтаргич; 4 – корпус; 5 – ИҚ-лампа; 6 – қурилмани ишга тушириш мосламаси; 7 – термодатчик; 8 – тарози; 9 – ишчи камера.

1-расм. Сабзавотга дастлабки ишлов бериш экспериментал қурилмаси



1 – вакуум-насос; 2 – сабзавот жойлаштириш поддони; 3 – алюминий фолгали қайтаргич; 4 – иссиқлик изоляцияси; 5 – ИҚ-лампа; 6 – вакуумметр; 7 – ҳаво чиқариш вентили; 8 – температура датчиги (термопара ХК); 9 – манометр шаклли термометр.

2-расм. ИҚ-қуритиш лаборатория вакуум қурилмаси

Диссертациянинг учинчи боби «Сабзавотларни ИҚ-вакуум қуритиш жараёнининг режимларини асослаш» мавзусида бўлиб, ИҚ-вакуум қуритиш жараёнининг параметрларини унинг статистик моделини олиш йўли билан оптималлаштиришга бағишланган:

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{12} x_1 x_2 + B_{13} x_1 x_3 + B_{23} x_2 x_3 + B_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (2)$$

У регрессия тенгламасининг умумий кўриниши (2) ва картошка, сабзи ҳамда бош пиёзнинг намлигини топиш учун олинган алоҳида тенгламаларни ўз ичига олади (3-5). Ушбу тенгламалар жараённинг статистик математик модели ҳисобланади. Натижаларнинг ўрта арифметик чекланишини топиш орқали тенгламаларнинг ҳақиқий жараёнга мослиги текширилади:

$$y_{(карт.)} = 1,53 - 0,408x_1 + 0,57x_2 - 0,47x_3 - 0,24x_1x_2 - 0,01x_1x_3 - 0,58x_2x_3 + 0,34x_1x_2x_3. \quad (3)$$

$$y_{(сабзи)} = 1,93 - 0,5x_1 + 0,81x_2 - 0,71x_3 - 0,3x_1x_2 + 0,05x_1x_3 - 0,75x_2x_3 + 0,3x_1x_2x_3. \quad (4)$$

$$y_{(пиёз)} = 2,99 - 0,68x_1 - 1,47x_2 - 0,51x_3 - 0,31x_1x_2 - 0,15x_1x_3 + 0,49x_2x_3 - 0,15x_1x_2x_3. \quad (5)$$

Ўтказилган тадқиқотлар қуритиш жараёнининг давомийлиги ва сифатли тайёр маҳсулот чиқишига хом ашёга ИҚ диапазондаги электромагнит майдонда дастлабки ишлов бериш ва иссиқлик оқимининг зичлиги таъсир этишини кўрсатди.

Картошка учун

$$W_{кр} = 55,18 - 2,81 \cdot x_1 + 0,56 \cdot x_2 + 1,56 \cdot x_3 - 0,94 \cdot x_1x_2 + 0,06 \cdot x_1x_3 - 0,31 \cdot x_2x_3 - 2,68 \cdot x_1x_2x_3. \quad (6)$$

$$N = 0,28 - 0,035 \cdot x_1 - 0,025 \cdot x_2 - 0,08 \cdot x_3 + 0,025 \cdot x_1x_2 + 0,017 \cdot x_1x_3 + 0,17 \cdot x_2x_3 - 0,007 \cdot x_1x_2x_3. \quad (7)$$

$$K=0,127-0,048 \cdot x_1-0,026 \cdot x_2-0,028 \cdot x_3-0,017 \cdot x_1 x_2-0,006 \cdot x_1 x_3+0,01 \cdot x_2 x_3+0,05 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (8)$$

Сабзи учун

$$W_{кр}=43,37+0,87 \cdot x_1+1,87 \cdot x_2-3,37 \cdot x_3-0,125 \cdot x_1 x_2+2,5 \cdot x_1 x_3-4,37 \cdot x_2 x_3+0,625 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (9)$$

$$N=1,24+0,063 \cdot x_1-0,01 \cdot x_2-0,038 \cdot x_3-0,11 \cdot x_1 x_2-0,04 \cdot x_1 x_3+0,05 \cdot x_2 x_3-0,008 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (10)$$

$$K=0,164-0,064 \cdot x_1-0,036 \cdot x_2+0,004 \cdot x_3+0,015 \cdot x_1 x_2+0,028 \cdot x_1 x_3-0,1 \cdot x_2 x_3+0,02 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (11)$$

Пиёз учун

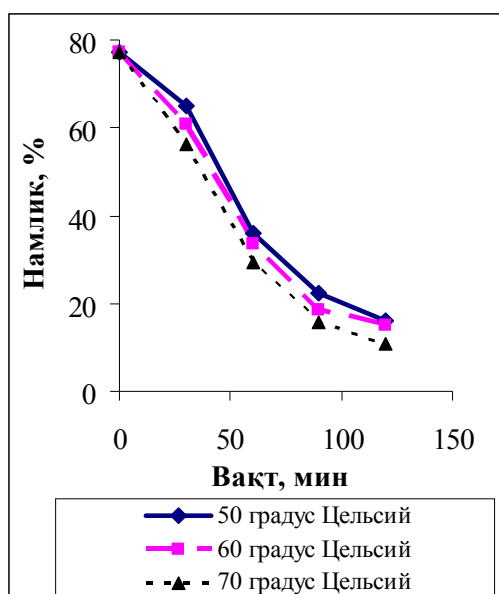
$$W_{кр}=63,13-5,5 \cdot x_1-4,63 \cdot x_2+1,76 \cdot x_3-0,48 \cdot x_1 x_2-0,38 \cdot x_1 x_3+1,74 \cdot x_2 x_3-0,39 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (12)$$

$$N=0,86+0,18 \cdot x_1+0,13 \cdot x_2+0,012 \cdot x_3+0,1 \cdot x_1 x_2-0,02 \cdot x_1 x_3-0,01 \cdot x_2 x_3-0,05 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (13)$$

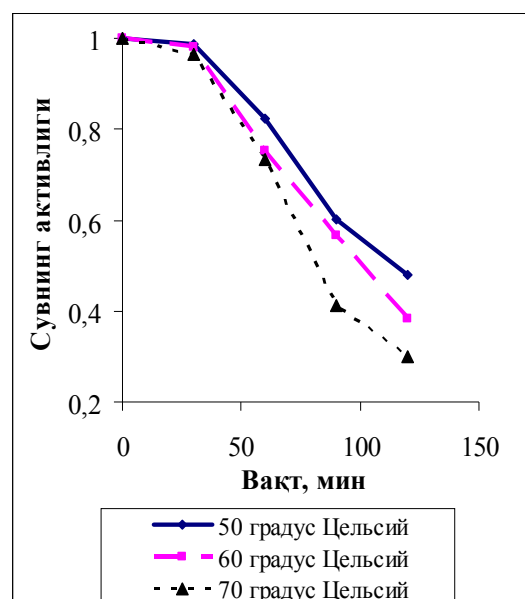
$$K=0,075+0,007 \cdot x_1-0,03 \cdot x_2-0,024 \cdot x_3-0,008 \cdot x_1 x_2+0,015 \cdot x_1 x_3+0,01 \cdot x_2 x_3-0,01 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (14)$$

Олинган (6)-(14) тенгламалар ИҚ-диапазонли электромагнит майдонда дастлабки ишлов берилган картошка, сабзи ва бош пиёзни қуритишнинг статистик математик модели ҳисобланади. Уларнинг ёрдамида сабзавотларнинг критик намлиги $W_{кр}$, қуритиш тезлиги коэффициенти N ва қуритиш коэффициенти K топилган.

Ушбу тенгламалар қуритиш тезлиги N , қуритиш коэффициенти K ва намунадаги критик намлиги $W_{кр}$ қийматини тадқиқот ўтказилган жараён параметрларининг ўзгариши чегарасида 5% хатолик билан ҳисоблаш имконини беради.



3-расм. Қуритилаётган картошка намунаси намлигининг ИҚ-вакуум қуритиш жараёни температурасига боғлиқлиги



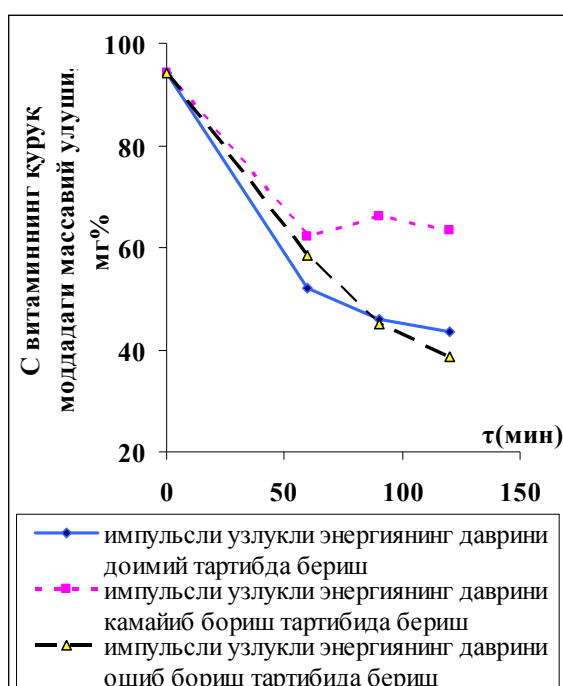
4-расм. Қуритилаётган картошка намунасидаги сув активлигининг ИҚ-вакуум қуритиш жараёни температурасига боғлиқлиги

3-расмда картошка намунасида 50, 60 ва 70°C температурада, намлик ўзгаришининг экспериментал чиқиқлари берилган, қуритишнинг давомийлиги ва температурасини кўрсатувчи асосий кўрсаткич сувнинг

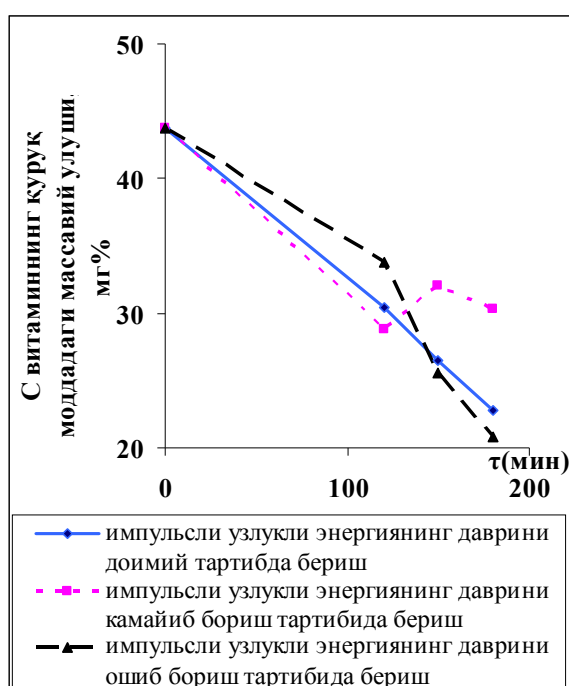
активлигидир. Унинг 0,3 ва ундан ҳам пастроқ қийматгача камайиши намликнинг минимумлашишидан дарак беради (4-расм). Худди шу шароитда сабзи ва пиёз учун намлик ҳамда сувнинг активлиги ўзгариши чизиқлари олинган.

Намунада осмотик боғланган сув улушининг ортиши қуритиш жараёнининг доимий юқори тезликли даврини чеклайди ва ИҚ-вакуум қуритиш жараёнининг давомийлигини камайтириш имконини беради. ИҚ-вакуум шароитда қуритилган сабзавот намуналари сифат бўйича конвектив шароитда қуритилган маҳсулотдан устун туради.

5-7 – расмларда эксперимент йўли билан ИҚ-вакуум қуритиш температурасининг картошка, сабзи ва пиёзнинг физик-кимёвий кўрсаткичларига таъсири кўрсатилган, қуритилган картошка, сабзи ва пиёз маҳсулотлари намуналарининг таҳлили келтирилган.



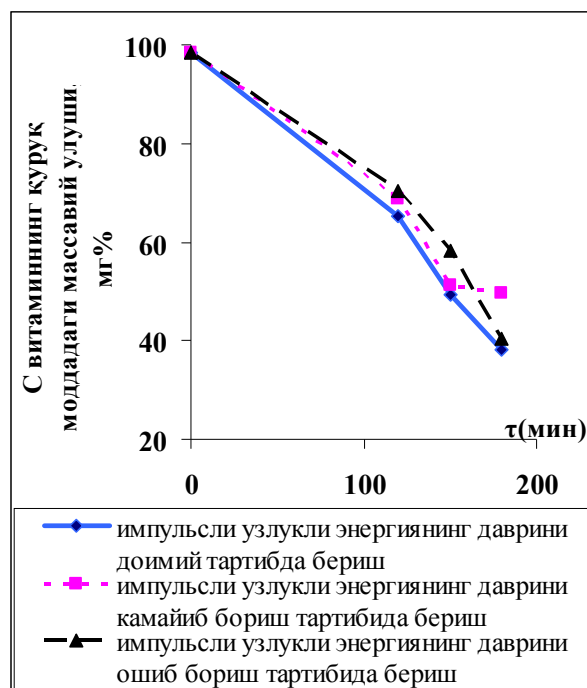
5-расм. Картошкадаги С витамини қолдиқ миқдорининг импульс-узлукли ИҚ-энергия бериш ва қуритиш вақтига боғлиқлиги



6-расм. Сабзидаги С витамини қолдиқ миқдорининг импульс-узлукли ИҚ-энергия бериш ва қуритиш вақтига боғлиқлиги

Қуритиш жараёнида ИҚ нурларни ҳар келаси циклда импульс-узлукли энергия даврини камайиб бориш тартибда беришда картошка, сабзи ва пиёзда намликнинг қолдиқ миқдори мос равишда 9,88; 13,86 ва 13,51% ни ташкил этганда, С витаминининг миқдори мувофиқ равишда 63,5; 30,26 ва 49,74 мг%, қандлар миқдори эса 52,5; 52,5 ва 72,5% ни ташкил этади. Қолган икки режимда ИҚ тўлқинли диапазонда энергия берилганда картошка, сабзи ва пиёзни 10 – 14% қолдиқ намликкача қуритишда кўпроқ вақт сарфланади: энергия бериш даври доимий берилганда – 185 минутда – С витаминининг миқдори мос равишда 43,5; 22,8 ва 38,1 мг% ни, қандларнинг миқдори эса – 45,2; 45,2 ва 65,2% ни ташкил этади; энергия бериш даври ортиб бориш

тартибида берилганда – 185 минутда - С витаминининг миқдори мос равишда 38,5; 20,8 ва 40,3 мг% ни, қандларни эса – 46,1; 47,6 ва 67,6% ни ташкил этади. Сабзавотни қуритиш чизиқларининг таҳлили солиштириш шароитида навбатдаги циклда импульс-узлукли энергия бериш даврининг камайиш тартибида бериш энг юқори самара беришини тасдиқлайди. Картошкада бошланғич намликни $W_1=77,3\%$ дан $W_2=9,88\%$ гача, сабзида $W_1=88,4\%$ дан $W_2=13,86\%$ гача, пиёзда $W_1=90,3\%$ дан $W_2=13,51\%$ гача тушириш 120–180 минут давр оралиғида амалга оширилди.



7-расм. Бош пиёздаги С витаминининг қолдиқ миқдорининг импульс-узлукли ИҚ-энергия бериш ва қуритиш вақтига боғлиқлиги

Макро- ва микроэлементлардаги ва адсорбцион элементларни тезда буғлатиш қуритилган маҳсулот намунасининг органолептик хоссаларига таъсир кўрсатиши аниқланган. 50, 60, 70⁰С температурадаги қуритишнинг ижобий ва салбий самаралари таққосланган, намунанинг механик ва органолептик хоссаларини ёмонлаштириши исботланган. 1-жадвалда сабзавотни қуритиш жараёнига импульс-узлукли ИҚ-энергия беришнинг экспериментал натижалари келтирилган.

Олинган натижалар маҳсулотнинг паст температурада (60⁰С гача) қуритиш жараёнида намунадаги С витаминининг масса улуши кўпроқ, қанднинг улуши эса камроқлигини кўрсатмоқда. Жараён 70⁰С дан юқорироқ температурада амалга оширилиб, углеводлар карамелизация ҳолатига учраганда, тескари ҳолат рўй беради, яъни қанднинг улушини кўпайиши ва С витаминининг улушини эса камайиши кузатилди. Паст температурали режимларда импульсно-узлукли ИҚ-энергия беришда ҳар бир циклда импульсно-пульсированная энергия даврининг камайиб бериш тартибида бериш мақсадга мувофиқ. Тадқиқот натижалари ИҚ-қурилмаларда қуритилган сабзавот сифати мавжуд меъёрий-техник ҳужжатлардаги талабларга жавоб беришини

кўрсатди.

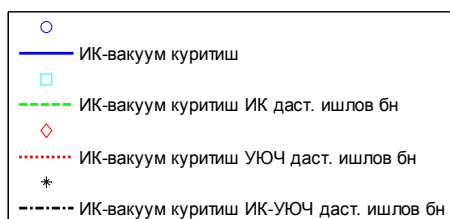
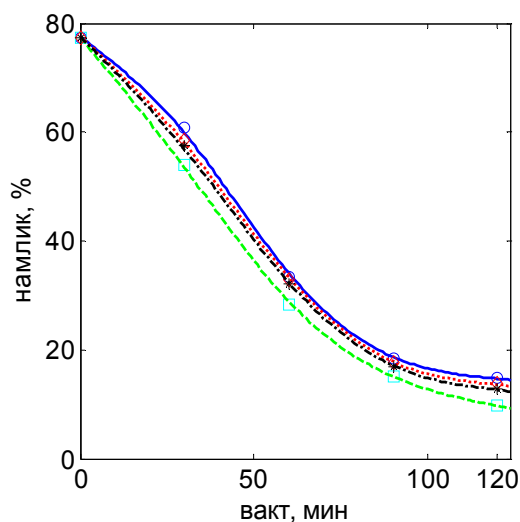
1-жадвал

**Сабзавотларни қуритишда импульс-узлукли ИҚ-энергия беришнинг
экспериментал тадқиқи натижалари**

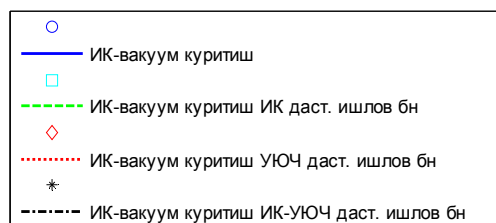
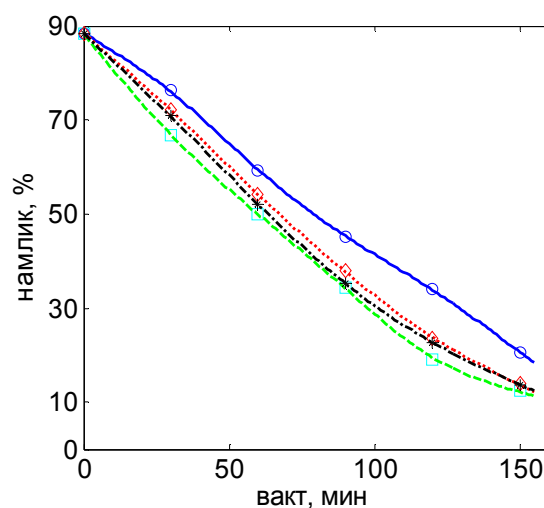
Сабзавот тури	Эксперимент тури	W _н , % Бошланғич намлик	W _к , % Қолдиқ намлик	Қуруқ моддада С витамини- нинг миқдори, мг%	Қандлар миқдори, %	Энергия- нинг солиштир- ма сарфи, кВт·с/кг
Картошка	Энергия бериш даври ўзгармас бўлганда	77,3	11,8	43,5	45,2	1,3
	Энергия бериш даврининг камайиб бориш тартибида	77,3	9,88	63,5	52,5	1,2
	Энергия бериш даврининг ортиб бориш тартибида	77,3	9,8	38,5	46,1	1,5
Сабзи	Энергия бериш даври ўзгармас бўлганда	88,4	13,4	22,8	45,2	1,3
	Энергия бериш даврининг камайиб бориш тартибида	88,4	13,86	30,26	52,5	1,2
	Энергия бериш даврининг ортиб бориш тартибида	88,4	12,9	20,8	47,6	1,5
Бош пиёз	Энергия бериш даври ўзгармас бўлганда	90,3	14	38,1	65,2	1,3
	Энергия бериш даврининг камайиб бориш тартибида	90,3	13,51	49,74	72,5	1,2
	Энергия бериш даврининг ортиб бориш тартибида	90,3	12,4	40,3	67,6	1,5

Танланган режим ёки ИҚ иситиш функциясига боғлиқ ҳолда қуруқ сабзавот турли миқдорий таркиб ва сифат кўрсаткичларига эга. Тайёр маҳсулот юқори биологик ва энергетик қимматга эга бўлганлиги учун ундан парҳез ва озиқа мақсадида фойдаланилади.

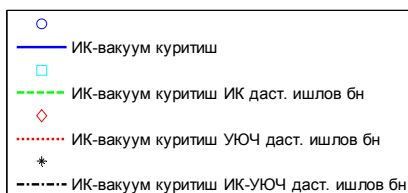
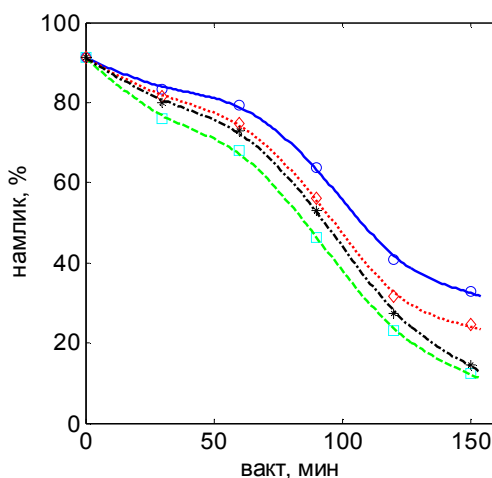
Диссертациянинг тўртинчи боби «**Экспериментал қисм. ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонда дастлабки ишлов беришнинг қуритиш жараёнига таъсири**» сабзавотни қуритиш жараёнини саноатдагига яқинлаштирилган шароитда амалга оширишга бағишланган. Мувофиқ экспериментал қурилма тайёрланган. Қисқа тўлқинли ИҚ нурларда паузалар билан дастлабки ишлов бериш сабзавотнинг қуритиш жараёнини жадаллаштириши тасдиқланган.



8-расм. Қуритилган картошка намуналарида намликнинг вақт бўйича ўзгариши графиклари



9-расм. Қуритилган сабзи намуналарида намликнинг вақт бўйича ўзгариши графиклари



10-расм. Қуритилган пиёз намуналарида намликнинг вақт бўйича ўзгариши графиклари

8-10 – расмларда сабзавотга ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазондаги электромагнит майдонда дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуум қурилмада қуритилган намуналардаги намликнинг ўзгариши график кўринишида

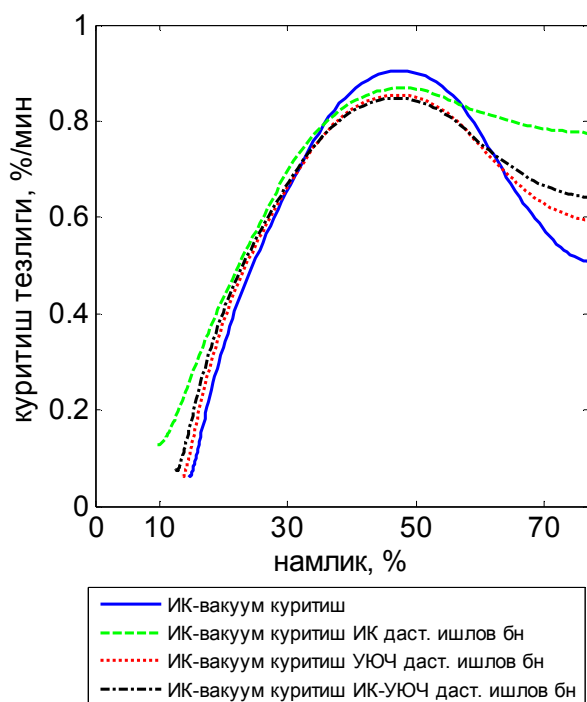
тасвирланган, намликнинг қолдиқ миқдори 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

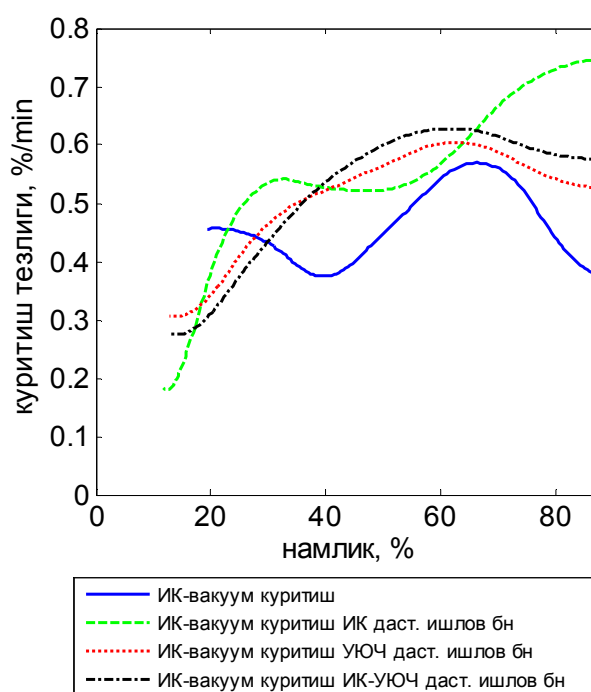
**ИҚ-вакуум қурилмада қуритилган намуналардаги
намликнинг қолдиқ миқдори**

Қуритиш усули	Дастлабки ишлов бериш усули	Маҳсулот турлари бўйича қолдиқ намлик		
		Картошка	Сабзи	Бош пиёз
ИҚ-вакуум	Дастлабки ишловсиз	14,96	20,51	32,87
	ИҚ	9,86	12,22	12,50
	ЎЮЧ	13,88	13,97	24,54
	ИҚ-ЎЮЧ	12,87	13,52	14,54

Олинган натижаларга кўра намуналарга ИҚ диапазонли электромагнит майдонда ишлов бериш, дастлабки ишлов беришнинг энг мақбул усули эканлиги аниқланди.



11-расм. Картошка намуналарида қуритиш тезлигининг намликка боғлиқлиги



12-расм. Сабзи намуналарида қуритиш тезлигининг намликка боғлиқлиги

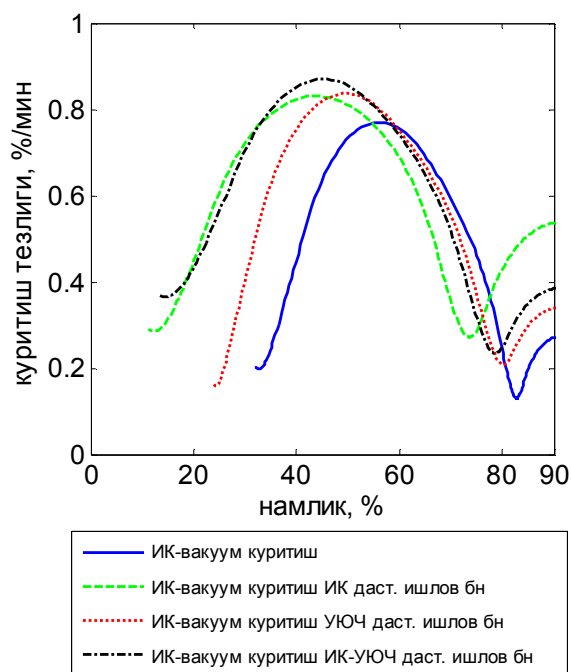
11-13 – расмларда қуритишнинг кинетик боғланиш чизиқлари келтирилган: картошка, сабзи ва бош пиёз намуналарини қуритиш тезлигини ўзгаришининг қуритиш камерасида температура 60⁰С бўлганда, ИҚ-вакуум қурилмада дастлабки ишловсиз ҳамда кўрилаётган барча уч тур дастлабки ишловларини қўллаб қуритишда материал намлигига боғлиқлиги.

Қуритиш кинетикасини Фикнинг биринчи турдаги чегаравий шартли диффузион модели бўйича тадқиқ этишга йўналтирилган тажриба натижаларига ишлов бериш кўрсатдики, қуритиш цикли давомида интегралланган намлик диффузия коэффицентларининг заррачалар асосий

ўлчамининг квадратига нисбатининг қиймати $0,003 \text{ мин}^{-1}$ ни ташкил этади.

Қуриштиш чизиғига учинчи турдаги чегаравий шартли диффузия модели ёрдамида ишлов бериш (Био коэффициентлари қиймати 0,1 га яқин), жараённинг анъанавий диффузия ичидаги шаклдан ташқи диффузияли шаклга тадқиқ этилаётган терморрадиацион технологиясида ўтишини ишончли тасдиқлайди.

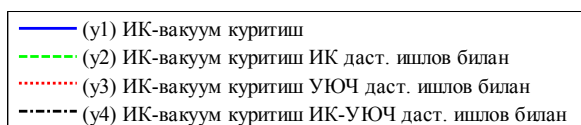
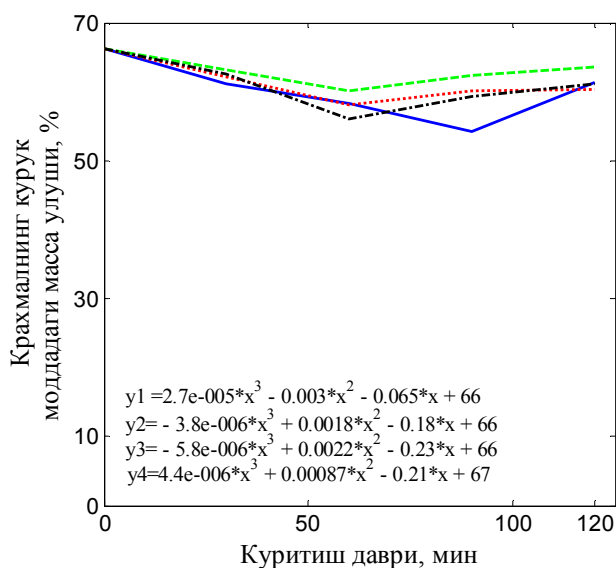
Яримсаноат ва саноат ускуналарини синтез қилиш босқичининг кинетика жиҳатларини адекват тарзда ҳисобга олиш учун, иссиқлик ва массаалмашинув жараёнларининг бирга амалга ошиш моделларини жалб этмоқ керак. Қуриштиш жараёнининг доимий ва камайиб борувчи тезлиги мавжудлигининг анъанавий тасаввурдаги кўполлиги қуриштиш чизиғи ва қуриштиш тезлиги чизиғини сплайн-аппроксимация усулида ҳисоблаш ва экспериментал йўлда олинган нуқталарнинг яқинлик нисбати параметри ва қидирилаётган функциянинг силлиқлиги муҳокама қилишда намоён бўлади.



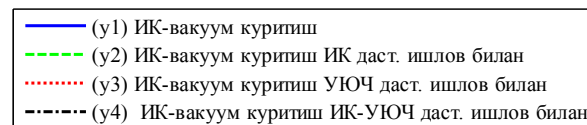
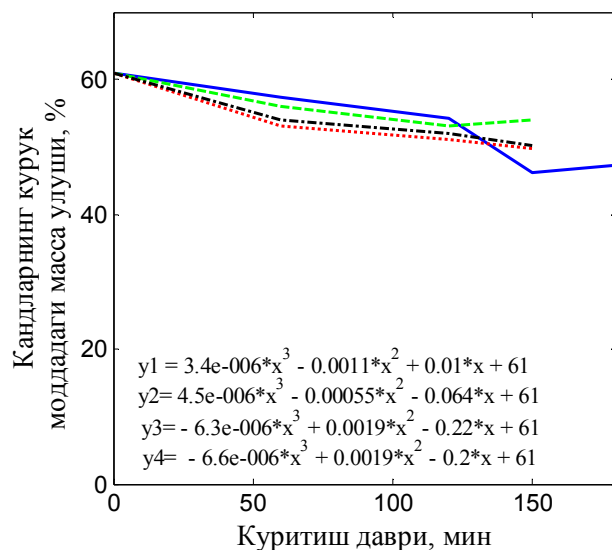
13-расм. Пиёз намуналарида қуриштиш тезлигининг намликка боғлиқлиги

Сабзавотни қуриштишда қанднинг нофермент йўли билан камайиши меланоидин ва карамелизация реакциялари ҳисобига юзага келади. Картошкани ИҚ-вакуум қурилмада ИҚ нурлатиб, дастлабки ишлов бериб, 2 соат давомида қуриштиш максимал даражада крахмални сақлаб қолиш имконини беради ва у 62,3% ни ташкил этади. ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ дастлабки ишлов беришлар мос равишда 61,6 ва 61,2%, дастлабки ишловсиз эса 61,27% қанд миқдорли намуна олиш имкониятини беради.

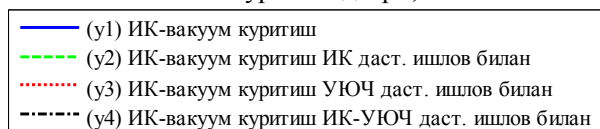
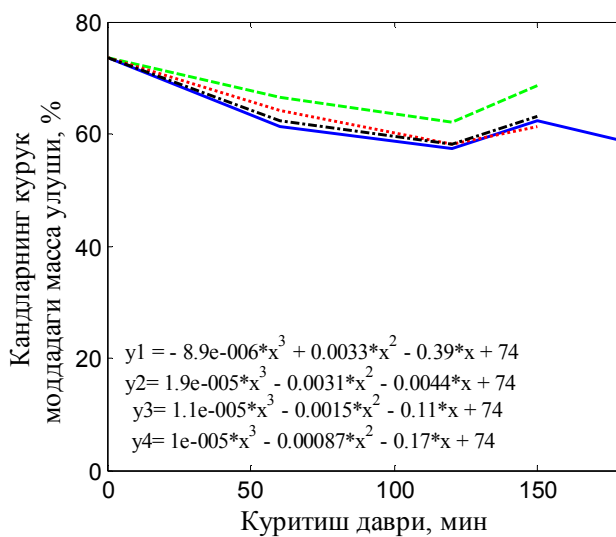
14-расмда картошка намуналарини қуриштиш жараёнида унинг таркибидаги крахмални қуруқ моддага қайта ҳисобланган йўқолишларининг динамикаси келтирилган.



14-расм. Картошка намуналарида крахмалнинг куруқ моддадаги масса улушининг куригиш даври бўйича ўзгариши



15-расм. Сабзи намуналарида қандларнинг куруқ моддадаги масса улушининг куригиш даври бўйича ўзгариши



16-расм. Пиёз намуналарида қандларнинг куруқ моддадаги масса улушининг куригиш даври бўйича ўзгариши

15-расмда 2,5 соат давомида сабзини дастлабки ишловсиз ҳамда ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда куригиш жараёнининг натижалари келтирилган. Сабзининг куритилган намуналарида қандларнинг энг юқори концентрациясига ИҚ дастлабки ишлов бериш қўлланилганда эришилди ва 55,9% ни ташкил этди.

ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонли электромагнит майдонда ишлов беришда қандларнинг массавий улуши бир хил ва 54,92% ни ташкил этади. Дастлабки ишловсиз қуритишда намунада қандларнинг жами 43,9% ли миқдори қолишига эришилди, 3 соат давомида қуритиш натижасида 56,01% га ўзгарди.

16-расмда қуритилаётган пиёз намуналарида ИҚ-вакуумда 2,5 соат давомида дастлабки ишловсиз ҳамда ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ дастлабки ишлов бериб қуритишда қандлар миқдорининг ўзгаришини тавсифи келтирилган. Графиклардан қуритилган пиёзда қандларнинг энг юқори концентрацияси дастлабки ИҚ ишлов беришда сақланиши кузатилди ва 63,37% ни ташкил этди. ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонли электромагнит майдонда дастлабки ишлов берилганда қандларнинг массавий улуши бир хил ва 54,92% ни ташкил этди. Дастлабки ишловсиз 2,5 соат мобайнида қуритилган маҳсулот намуналарида қандларнинг 49,74% ли миқдори сақланишига эришилди, 3 соатда эса 65,95% га етди.

Ўтказилган тажрибаларда пиёзга ИҚ диапазонли электромагнит майдонда дастлабки ишлов берилиб, ИҚ-вакуумда қуритиш натижасида жараённинг 30 минутга қисқартирилиши ва энергия сарфининг камайтирилишига эришилди.

Расмларда келтирилган графиклар таҳлили қандларнинг энг кам йўқотилиши пиёзни ИҚ дастлабки ишлов бериб, сўнгра ИҚ-вакуумда қуритиш натижасида эришилганлигини кўрсатди. Аини вақтда тайёр маҳсулотнинг органолептик кўрсаткичлари яхшиланди.

17-расмда картошкадаги С витаминининг дастлабки ишловсиз ҳамда танлаб олинган учала дастлабки ишлов турларидан фойдаланиб, ИҚ қуритиш жараёнида юзага келган миқдорий ўзгариши тавсифи тақдим этилган. Картошкани 2 соат давомида ИҚ дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда қуритиш унинг таркибида қолган аскорбин кислотасининг миқдори 72,4 мг% ни ташкил этиши, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонли электромагнит майдонда ишлов берилганда 60,1 ва 64,2 мг% ни, дастлабки ишловсиз эса 65,1 мг% ни ташкил этишини кўрсатди.

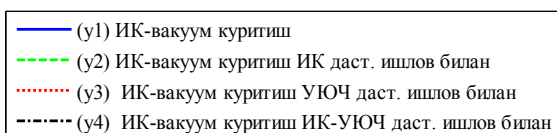
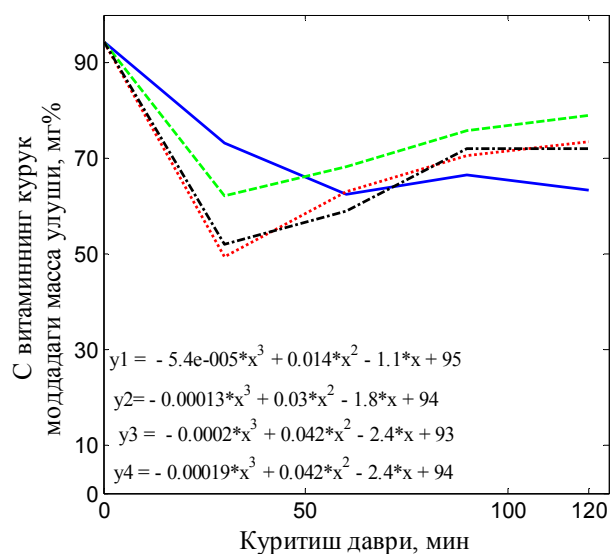
ИҚ дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда қуритилган картошкадаги С витаминининг миқдор кўрсаткичи юқори.

Келтирилган графиклар асосида хулоса қилиш мумкинки, С витаминининг энг кам йўқотилиши ИҚ дастлабки ишлов берилган ва ИҚ-вакуум ускунада қуритилган картошка намуналарида кўринади.

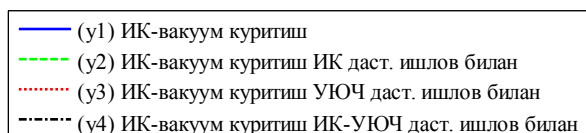
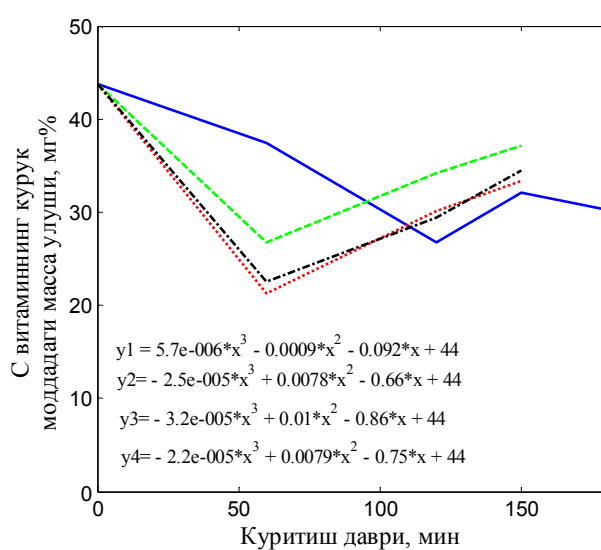
18-расмда сабзи намуналарини қуритиш жараёнида аскорбин кислотаси улушининг ўзгариш графиги келтирилган.

Қуритилаётган сабзи намуналарида аскорбин кислотасининг миқдори ИҚ ва ИҚ-ЎЮЧ диапазонларда дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда қуритилганда ГОСТ 52622-2006 бўйича тавсия этилган (10 мг%) миқдордан кўпроқ бўлиб, мос равишда 28,5 ва 25,46 мг% ни ташкил этади, ЎЮЧли диапазонда дастлабки ишлов берилганда С витаминининг миқдори 23,6 мг% ни ташкил этади. Дастлабки ишловсиз ИҚ-вакуумда қуритишда жараённинг

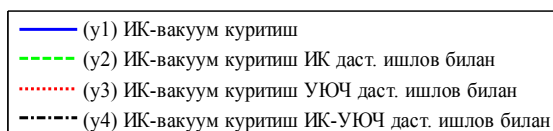
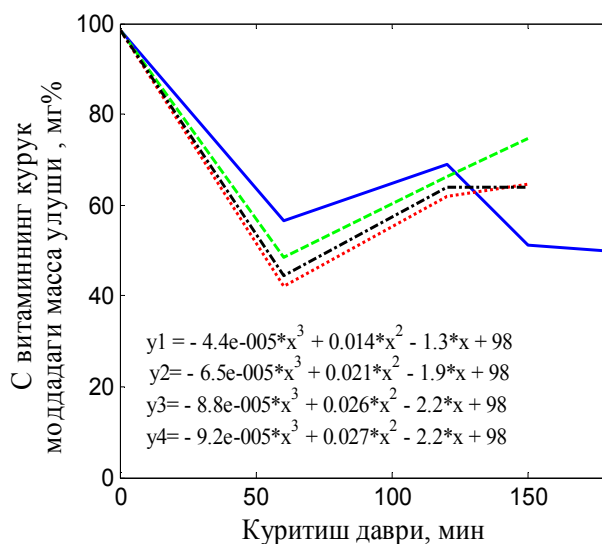
узоқ давом этиши С витаминининг камайишини кўрсатади ва унинг миқдори 2,5 соат қуритилганда 22,5 мг%; 3 соатда 16,1 мг% ни ташкил этади.



17-расм. Картошка намуналаридаги С витаминининг қуруқ моддадаги масса улушини қуритиш даври бўйича ўзгариши



18-расм. Сабзи намуналаридаги С витаминининг қуруқ моддадаги масса улушини қуритиш даври бўйича ўзгариши



19-расм. Пиёз намуналаридаги С витаминининг қуруқ моддадаги масса улушини қуритиш даври бўйича ўзгариши

Графикда келтирилган маълумотлардан маълумки, қуритишнинг ҳар бир усули учун вақт чегараси мавжуд, ушбу вақт ўтгандан сўнг С

витаминининг улуши камаяди. ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ ишлов берилиб, ИҚ-вакуум курилмада қуритиш учун жараён давомийлиги 2,5 соат, дастлабки ишловсиз – 3 соатни ташкил этади. Жараён давомийлиги оширилса, аскорбин кислотасининг миқдори камаяди. Бунинг сабаби – маҳсулотнинг ҳаводаги кислород билан бирикиш давомийлиги ортади, оксидланиш реакциялари қимматли компонентларнинг йўқолишига олиб келади.

18-расмда дастлабки ишловнинг барча усуллари ва дастлабки ишловсиз қуритишда сабзидаги аскорбин кислотасининг қуруқ моддадаги миқдор кўрсаткичларининг ўзгариш динамикаси кўрсатилган. Унда маҳсулот намуналарига ИҚ-вакуум қуритишда дастлабки ишлов берилганда ҳамда дастлабки ишловсиз қуритиш даври бўйлаб С витамин миқдорининг ўзгариши кўрсатилган.

Графиклар С витаминнинг миқдорини энг кам йўқолиши ИҚ майдонда дастлабки ишлов бериб қуритилган сабзи намуналарида кузатилишини кўрсатмоқда.

Келтирилган графикларда намуналардаги С витаминнинг миқдорини ўзгариш кетма-кетлиги бу ўзгариш маълум қонуният асосида кечишини кўрсатмоқда.

С витаминнинг энг максимал миқдори ИҚ дастлабки ишлов бериб ИҚ-вакуумда қуритилган пиёзда аниқланди ва 46,8 мг% га 2,5 соатда етди. Бу кўрсаткич ГОСТ талабида 12 мг% ни ташкил этади. ЎЮЧ майдонда дастлабки ишлов берилганда аскорбин кислотасининг қуритилган маҳсулотдаги максимал миқдorigа 2,5 соатда эришилди ва 40,1 мг% ни ташкил этди, бирлаштирилган ИҚ-ЎЮЧ дастлабки ишлов берилганда – 38,4%, дастлабки ишловсиз қуритилганда эса – 42,3 мг%. Пиёзни дастлабки ишловсиз 3 соатгача қуритилганда аскорбин кислотасининг миқдори 37,8 мг% гача камайди. ИҚ дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда қуритишнинг афзаллигини рақамлар кўрсатмоқда.

Қуритиш жараёнида қуритилган пиёз намуналарида С витаминининг миқдорий кўрсаткичлари ўзгаришининг динамикаси шу йўл билан олинган ва 19-расмда кўрсатилган.

Олинган графиклар асосида пиёзнинг қуритилган намуналарида С витаминининг энг кам йўқотилиши ИҚ дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда қуритишда қўлга киритилди.

ИҚ дастлабки ишлов бериб, ИҚ-вакуумда қуритилган картошка, сабзи ва бош пиёз намуналаридаги С витаминининг миқдори юқори.

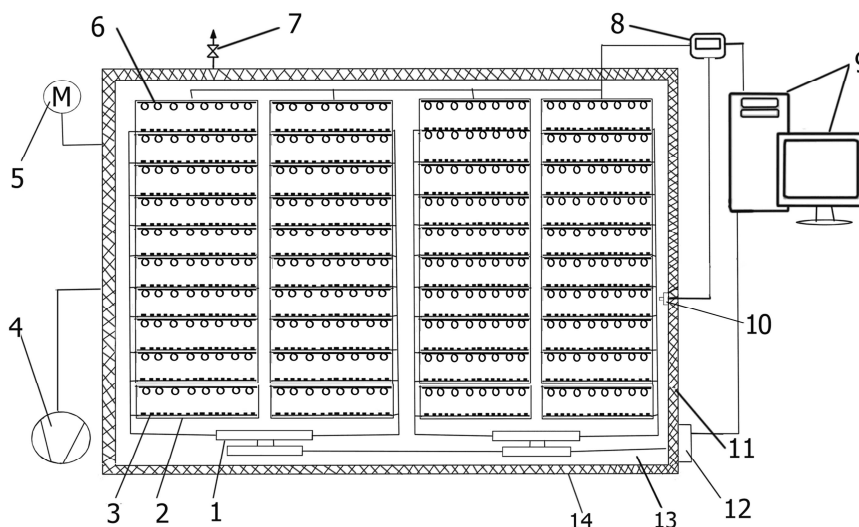
Диссертациянинг бешинчи боби **«Олинган натижаларни жорий қилиниши. Ишлаб чиқилган қуритиш усулининг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш»** қуритиш жараёнини аппаратлар билан таъминлаб, ишлаб чиқаришга жорий этиш ва иқтисодий самаранинг таҳлилидан иборат.

Хом ашёнинг ҳар бир тури: картошка, сабзи ва пиёзни қуритишга тайёрлаш стратегияси ёритилган; операцияларнинг амалга ошириш усуллари, режим ва қурилмалари, амалга оширишда сифатнинг назорат қилиниши

келтирилган. Сабзавотни тозалаш, дастлабки ИҚ-ишлов бериш ва сульфитациялашга алоҳида эътибор берилган.

Сабзавотни ИҚ-вакуумда қуритишнинг реал технологияси берилган. Унга хом ашёни тайёрлашдан ташқари уни вакуумда, ИҚ диапазондаги электромагнит майдондан иборат энергиядан фойдаланиб қуритиш киритилган. Яримсаноат ИҚ-вакуум қурилмасининг тузилиши, қисмларининг вазифаси ва ишлатиш тартиби берилган.

20-расмда сабзавот қуритишнинг яримсаноат ИҚ-вакуум қурилмасининг принципиал схемаси келтирилган. ИҚ-вакуум қуритиш қурилмаси алфоль билан изоляцияланган (11), ишчи камера (13), алюминий фольгадан ташқи қобик (14) дан иборат. Камерада қуритиладиган материал (3) ни жойлаш учун металл поддон (2) лар ўрнатилган. Ҳар бир поддоннинг устида иссиқлик оқимининг зичлиги $1,5 \text{ кВт/м}^2$ бўлишининг таъминланиши ҳисобланиб, ИҚ-лампа (6) лар ўрнатилган. Камера вакуум-насос (4), манометр (5) ва иш тугаганда камерага ҳаво киритиш клапани (7) билан таъминланган. Корпус билан бирга қурилган тарози (1) ва унинг электрон вазифа юкловчиси (12) маҳсулотнинг қолдиқ намлиги (қуруклик даражаси)ни аниқлаш учун хизмат қилади, датчик (10) ва температура бўйича электрон вазифа юкловчи (8) бўлса, компьютер (9) орқали қуритиш жараёнини автоматик бошқариш вазифасини бажаради.



1–тарози; 2–поддон; 3–қуритиладиган материал; 4–вакуум-насос; 5–манометр; 6–инфракизил лампа; 7– камерага ҳаво очиш вентили; 8–камерада температура бўйича электрон вазифа қўйиш қурилмаси; 9–компьютер; 10–температура датчики; 11–изоляция; 12–қуритиლაётган материалнинг намлиги бўйича электрон вазифа юклаш қурилмаси; 13–ишчи камера; 14–ташқи қобик.

20-расм. ИҚ-вакуум сабзавот қуритиш қурилмаси схемаси

Қурилмани ишлатиш қуйидаги тартибда амалга оширилади. (8) электрон вазифа юкловчиси ёрдамида ишчи камера (13) да ишчи температура ўрнатилади. Тайёрланган қуритиладиган материал (3) поддонлар (2) га жойлаштирилади, поддонлар камера (13) га ўрнатилади. Вакуум-насос (4) ёқилади, манометр (5) бўйича вакуумнинг даражаси 60 кПа га (қолдиқ босим 40 кПа) етгунча

ушланади. Сўнгра компьютер (9) бўйича тайёр маҳсулот таркибида қолдиқ намликнинг миқдори вазифа қилиб берилади. Бунинг учун компьютерга диссертация ишининг (3) бобида олинган қуритиш жараёнининг математик модели ўрнатилган. Жараёни компьютерда бошқаришнинг маъноси шуки, у жараён кириш параметрлари (маҳсулот тури, материалнинг бошланғич намлиги, ишчи камерадаги қолдиқ босим, жараёнинг ишчи температураси) асосида материал намлигининг охириги қийматини беради. ИҚ лампа (6) лар ёқилади компьютер (9) ёрдамида температура ва босимнинг ортиши кузатилади. Керак бўлган ҳолатда қуритиш жараёнининг кетишига фаол аралаштириш мумкин, масалан камерада босим ёки температурани ўзгартириш ва ҳ.к. Материалда талаб этилган намлик қолганда ИҚ иситкичлар ўчирилади. Поддонлар олдинга тортилади, маҳсулотнинг сифат кўрсаткичлари визуал усулда текширилади ва поддонлар қурилмадан совутиш учун олинади. Цикл такрорланади. Ишлаб чиқилган ИҚ-вакуумда қуритиш жараёнининг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш усули амалга оширилган. Даствлабки ишловсиз ва ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ даствлабки ишлов бериб, сўнгра ИҚ-вакуумда қуритишнинг таққослаш таҳлили натижаларидан фойдаланиб, омилларнинг салмоғини аниқлаш учун керакли бўлган мезонларни баҳолаш шкаласи топилган.

Ушбу мезонлар ёрдамида қуритилган маҳсулотнинг олинган сифат кўрсаткичлари миқдор кўрсаткичларига айланттирилган. Бу ҳолат даствлабки ишлов бериш турларини ўзаро солиштириш имконини берди. Бажарилган аралаш ҳисоблаш натижалари фойдаланилаётган қуритиш усулларининг самарадорлик даражасига мос келувчи умумий балл бўлди.

Кўп мезонли эксперт баҳолаш асосида даствлабки ишлов беришнинг мақбул варианты топилди.

Бу технологияни консерва ва сабзавот қуритиш саноатида қўллаш бўйича амалий тавсиялар шакллантирилган.

Хулоса

1. Қуритиш жараёнида иложи борича паст температурада, қисқа фурсатда, энергиянинг минимал сарфи билан буғлатилиши керак бўлган намликка таъсир этишнинг турли усуллари тадқиқ этилди. Хом ашёга ИҚ, ЎЮЧ ва ИҚ-ЎЮЧ нурлар билан қисқа муддатли даствлабки таъсир кўрсатишнинг кўп қўлланиладиган усуллари, уларнинг маҳсулотдаги намликнинг ҳолатига таъсири, атмосфера босими ва вакуумда ИҚ нурлар таъсирида буғлатилиши кўрилди ва картошка, сабзи ва бош пиёзни қуритишнинг мақбул усули топилди ҳамда уни тежамли амалга ошириш бўйича конструктив тавсиялар ишлаб чиқилди.

2. Ишчи органнинг нурлатиш даражаси ва қизиш температураси тадқиқ этилиб, қуритиш учун иситкичлар – нурлаткичнинг импульсли керамик ўзгартиргичлари танланган. Нурлатилаётган ИҚ спектрли энергияни фокуслаш, нурлатишнинг импульслилиги, унинг катталиги ва давомийлиги механизмлари баён этилди. Сабзавотни қуритишда ушбу механизмнинг

даврийлиги, энергия импульсини пуркаш ва жараённинг максимал ФИК таъминлаш механизми, нурлатилиш тўлқинлари диапазони, жумладан стерилизациялаш қобилияти ўрганилди.

3. Намликни буғланишининг импульсли иситиш, материални айна вақтда совутишдаги аккумуляцияланган иссиқликнинг температура ва намлик градиентини қайта йўналтириш самараси ўрганилди ва цикл давомийлигининг математик ифодаси шакллантирилди. Нурлатиш даври ва пауза орасидаги математик боғлиқликнинг диффузия коэффициентини аниқланди.

4. ИҚ диапазонли электромагнит майдонни намликнинг буғланиш температурасини 50°C гача тушурувчи қуритилаётган маҳсулот намунасига таъсири механизми аниқланди.

5. Қуритишнинг импульс-даврий режимини тадқиқ этишда энергия бериш даражаси камайтирилганда навбатдаги ҳар бир циклда С витаминининг миқдори картошка, сабзи ва бош пиёзда мувофиқ равишда, қолдиқ намликнинг миқдори 9,88; 13,86 ва 13,51% гача туширилганда, 63,5; 30,26 ва 49,74 мг%, қандларнинг миқдори эса 52,5; 52,5 ва 72,5 % бўлиши аниқланди. ИҚ энергия беришнинг қолган икки режими учун картошка, сабзи ва бош пиёзга 10-14% қолдиқ намликгача қуритишда вақт сарфи 7% га ортиши аниқланди.

6. Намунага дастлабки электрофизик усулда (ИҚ, ЎЮЧ) ишлов беришда жараён жадаллашиши тасдиқланди, айнан қисқа муддатли ИҚ нур билан ишлов бериш ва паузада ушлаш натижасида картошкада қолдиқ намлик миқдори 9,88% ни, сабзида – 8,83% ни, пиёзда – 12,4% ни ташкил этиши, ЎЮЧ диапазондаги электромагнит майдонини қўллаганда картошканинг намлиги 13,9% ни, сабзида – 9,2% ни, пиёзда - 11,4% ни ташкил этиши, ИҚ-ЎЮЧ аралаш диапазондаги электромагнит майдонини қўллаганда картошканинг намлиги 12,9% ни, сабзида – 9,8% ни, пиёзда – 14,08% ни ташкил этиши аниқланди.

7. Сабзавотга дастлаб ИҚ ишлов берилиб, сўнгра ИҚ-вакуум усулда қуритиш натижасида жараён давомийлиги 30 минутга қисқариши, температураси эса 65°C дан 50°C гача камайиши аниқланди.

8. Лаборатория тажрибалари, тажриба-саноат синовлари шароитларидаги натижалар асосида бирламчи қуритилган сабзавот ингредиентлари ишлаб чиқаришнинг технологик тизими ишлаб чиқилди ҳамда моддий баланси тузилди. Тажриба ўтказилган картошка («санта» нави), сабзи («шантанэ» нави) ҳамда пиёз («қоратол» нави) намуналарида қандларнинг 20% га, С витаминининг эса 13 мг% га кўпроқ сақланиши, яъни маҳсулотнинг 1-навдан олий навга ўтиши ҳисобига йилига 1000 т картошка ҳамда 1500 т сабзи ва пиёз қайта ишлайдиган «GOLD DRIED FRUITS» ва «TOOL PAPER» корхоналарида йиллик иқтисодий самара 305,2 млн сўмни ташкил этади, 200 т қуритилган сабзавот олиш қувватига эга МЧЖ «Турақурган Ширинлик Агро» корхонасида эса 101,5 млн сўм миқдорда фойда олинди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 16.07.2013.Т.08.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

МАМАТОВ ШЕРЗОД МАШРАБЖАНОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ
ОВОЩНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ**

**02.00.17 – Технология и биотехнология обработки, хранения
и переработки сельскохозяйственных и пищевых продуктов
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент – 2015

Тема докторской диссертации зарегистрирована за 12.05.2015/В2015.2.Т472 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу www.tkti.uz и информационно-образовательном портале ZIYONET по адресу www.ziyonet.uz

Научный консультант:

Додаев Кучкор Одилович
доктор технических наук

Официальные оппоненты:

Салимов Зокиржон Салимович,
доктор технических наук, академик АН РУз

Маннанов Улугбек Васикович
доктор технических наук, профессор

Курбанов Жамшед Мажидович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Бухарский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится «__» _____ 2015 г. в «__» часов на заседании научного совета 16.07.2013.Т.08.01 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@mail.ru.

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

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2015 года.
(протокол рассылки № _____ от _____ 2015 г.).

С.М.Туробжонов

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

А.С.Ибодуллаев

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

Й.К.Кадыров

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

Введение (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время сельское хозяйство, производство пищевой продукции и обеспечение её безопасности как никогда актуальны в мировом масштабе.

В последние годы осуществляется ряд мероприятий по созданию добавочной стоимости путём организации переработки сельхозпродукции и достигается высокая экономическая эффективность за счёт применения новых технологий.

Сушка является одним из наиболее распространённых способов переработки выращенной сельхозпродукции. Наблюдается постоянный рост спроса на высушенные овощные ингредиенты, применяемые широко в кулинарии. Производство высушенных продуктов, обладающих высокой пищевой ценностью, содержащих большое количество витаминов, углеводов и богатых минеральными веществами с минимизированными деструктурированными биологическими компонентами стало актуальной задачей сегодняшнего дня.

В ходе решения данной задачи возникла необходимость разработки ресурсосберегающей технологии сушки, обеспечивающей выпуск высококачественной продукции. Развитие технологий сухих продуктов связывают с осуществлением способов сушки в двух каскадах, применением электромагнитных полей инфракрасного и сверхвысокочастотного диапазонов энергоподвода.

Данная исследовательская работа выполнена в соответствии с постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-1072 «О программе мер по реализации важнейших проектов по модернизации, техническому и технологическому перевооружению производства на 2009-2015 годы», принятом 12 марта 2009 года и № ПП-1633 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организации управления и развитию пищевой промышленности Республики в 2012-2015 годах», принятом 31 октября 2011 года.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Настоящая работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан ГНТП-6 – «Разработка ресурсосберегающих экологически безопасных технологий производства, переработки, хранения использования минерально-сырьевых ресурсов республики, продукции и отходов химической, пищевой, легкой промышленности и сельского хозяйства» на 2009-2011 гг.

Обзор международных научных исследований по теме диссертации. Научные исследования, посвященные технологии сушки ингредиентов, применяемых в кулинарии, выполнены во многих научных центрах и учебных заведениях мира, в том числе в University of Illinois

(США), University of Greenwich (Великобритания), Italian Culinary Institute (Италия), Institute of Agricultural engineering (Германия), Institute of Chemical technology (Франция), Кемеровский институт технологий пищевых продуктов (Россия), Canadian Institute of food science and technology (Канада), Swedish Institute of Food and biotechnology (Швеция).

В направлении исследований мирового масштаба последних лет, в том числе в Wageningy University (Голландия) на первом этапе сушки овощей применена обработка радиолучами, а основная сушка осуществлена в электромагнитном поле СВЧ диапазона; по мнению исследователей Graz University of Technology (Австрия) целесообразно проводить сушку в диапазонах с низкими частотами и большими длинами волн колебаний; сотрудники National University of Food Technologies (Украина) и Panjab University (Пакистон) являются сторонниками проведения предварительной обработки сырья в электромагнитных полях различного диапазона частот, а окончательную сушку конвективным способом.

Сегодня при сушке сельскохозяйственной продукции ведутся интенсивные исследования по созданию технологий, обеспечивающих сохранение его важных компонентов в нативном виде и сбережение энергии.

Степень изученности проблемы. В научно-технической литературе имеются научные сведения, полученные З.С. Салимовым, Р.Х. Рахимовым, А.Ф. Сафаровым, Х.Ф. Джураевым и др. при помощи терморadiационного способа сушки. Они своих исследованиях сушки фруктов в терморadiационном способе изучая влияние ИК лучей на объект сушки выявили оптимальное расстояние и длина волн между лампы и высушиваемого сырья. Кроме этого в трудах ученых показано влияние предварительной обработки сырья сахарном сиропе с различной концентрации на качество, период сушки продукта. В литературе приводятся мнения о том, что эффективен способ терморadiационный сушки, а в производстве преобладает конвективный, т.к. считается, что терморadiационный способ сушки изучен недостаточно и применяется на производстве редко.

В исследованиях учёных США и Европы (Lenart A., Cerkowniak M., Lazarides H., Katsanides E., Nicolaidis A., Peter J) автоматизированного терморadiационного способа сушки овощей для консервов-наполнителей рассмотрены вопросы компьютерного управления сушкой. На первом этапе двухэтапного процесса сушки использованы ультразвуковые колебания, достигнуты эффективные результаты.

Российскими учёными (А.С. Гинзбург, А.В. Лыков, В.В. Красников, С.Г. Ильясов, В.Н. Карпов, С.П. Лебедев) доказано, что при сушке с ИК-энергоподводом улучшается качество готовой продукции. Однако ими исследован одноступенчатый способ сушки, который является длительным, ограничивает сокращение расхода энергии.

Эффективность подвода энергии в виде электромагнитных полей ИК-диапазона для предварительной обработки материала заключается в

получении продукта с оптимальным составом активно действующих в нём веществ при минимальном расходе энергии и является важной научной проблемой сушки сельскохозяйственной продукции, решение которой должно включать в себя концепцию выбора и обоснования рациональных режимов ИК-энергоподвода.

Предварительная обработка объекта сушки обеспечивает новые, более интенсивные режимы процесса сушки и улучшенные свойства готового продукта, т.к. она может улучшить скорость сушки, уменьшить остаточное количество влаги, что связано с изменением физико-химических свойств влаги в овощах, до основного процесса сушки.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного учреждения, где выполняется диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с ГНТП ГКНТ РУз по направлению «Разработка ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий для производства химических и пищевых продуктов», шифр 19.4, государственный регистрационный № 01.97.0006056. Она включена в координационный план научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института 2005-2015 годы.

Целью исследования является снижение энергетических затрат и повышение качества готовой продукции при сушке компонентов кулинарной продукции.

Задачи исследования:

экспериментальное изучение влияния выбранных способов предварительной обработки – ИК, СВЧ и ИК-СВЧ на продолжительность ИК-вакуумной сушки овощей;

подбор оптимального режима предварительной обработки овощей;

подбор оптимального режима ИК-вакуумной сушки, при варьировании мощности ИК-ламп и плотности теплового потока;

изучение влияния режимов термообработки на состояние некоторых компонентов сухих веществ и органолептические показатели объекта сушки;

исследование кинетики каскадной сушки;

выбор продолжительности предварительной обработки овощей, обеспечивающей максимальную интенсивность сушки;

расчёт экономических показателей процесса каскадной сушки;

создание технологического оборудования и нормативных документов.

Объект исследования: компоненты кулинарных продуктов – картофель, морковь, лук репчатый со свойственными им физико-механическими характеристиками.

Предмет исследования: каскадная сушка вариантов: ИК – ИК-вакуумная, СВЧ – ИК-вакуумная и ИК-СВЧ – ИК-вакуумная сушка овощей.

Методы исследований. Физико-химический, ИК-спектроскопический, математическое моделирование.

Научная новизна исследования:

разработаны научные основы кратковременного воздействия

характерными способами предварительной ИК, СВЧ и ИК-СВЧ обработки на структуру объекта сушки, состояние влаги в продукте и ее удаление при вакуумной ИК-сушке;

описан теоретически обоснованный механизм фокусирования излучаемой энергии ИК спектра, импульсности излучения, величины его длительности и плотности, аналитическое исследование степени черноты ИК-излучателя применительно к сушке овощей, установлена цикличность энергетических превращений, раскрыт механизм выброса импульса энергии и обеспечения максимального КПД процесса, определены диапазон излучаемых волн и другие эффекты, в том числе, стерилизующий при сушке овощей;

созданы научно-методические основы формализации математической связи между периодами облучения и паузы через коэффициент диффузии в результате исследования эффекта перенаправления градиента температуры и влаги в испарении влаги за счёт аккумулярованного при импульсном нагреве тепла с одновременным охлаждением материала, перераспределение тем самым влаги, находящейся в центре образца в периферию;

разработана методология определения уровня температуры и продолжительности вакуумной инфракрасной сушки овощей, при этом активность воды принята ограничивающим показателем;

показана роль увеличения доли осмотически связанной влаги образца в установлении ограничения на продолжительность периода сушки с постоянной высокой скоростью;

установлен механизм интенсификации процесса сушки путём ввода предварительной обработки объекта и осуществления каскадной сушки.

Практические результаты исследования:

обоснована целесообразность изыскания приемлемых способов сушки и выработки конструктивных рекомендаций по рациональной организации процесса сушки картофеля, моркови и лука репчатого;

предложены виды предварительной обработки и их оптимальные режимы, создана установка сушки с предварительной обработкой объекта сушки;

получено экспериментальное подтверждение ускорения процесса вакуумной инфракрасной сушки (сокращение продолжительности процесса) при применении предварительной обработки, а именно кратковременной ИК предварительной обработки с выдержкой, по сравнению с конвективной;

формализованы оптимальные параметры и режимы предварительных обработок высушиваемых объектов;

экспериментально подтверждено сокращение потерь витаминов и сахаров;

определены оптимальные параметры и режимы ИК-вакуумной сушки;

предложен принцип устройства полупромышленной установки сушки.

Достоверность полученных результатов обосновывается тем, что при проведении экспериментов использованы современные высокоточные

влагоанализаторы, аналитические весы; полученные экспериментальные результаты обработаны при помощи современных компьютерных программ MATLAB 6.5, STATISTICA 6.0, операционной среды Windows XP, Microsoft Excel и получены статистические математические модели, адекватные реальному процессу.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования заключается в дальнейшем развитии теории сушки овощей при терморadiационном способе энергоподвода в каскадном способе организации сушки. В работе аналитически исследованы основные параметры электромагнитных полей инфракрасного диапазона, способы управления ими на стадии создания соответствующих устройств излучения с учётом степени черноты излучателя.

Практическая ценность работы заключается в том, что получена статистическая математическая модель процесса сушки овощей с учётом импульсно-прерывистого режима предварительной обработки объекта сушки и ИК-вакуумной сушки. Разработана методика, по которой осуществляется аппаратное оформление, оценка и расчёт экономических показателей процесса.

Внедрение результатов исследования. Создана технологическая система по кратковременной электрофизической обработке продуктов (картофель, морковь, лук репчатый), на которую разработана и зарегистрирована ТИ: 64-23425050-03:2014 и зарегистрирована за №745/1, 14.11.2014. Результаты по использованию предварительной ИК-обработки сушки внедрены на производственных предприятиях Ассоциации предприятий пищевой промышленности РУз: ИП ООО «Туракуртан Ширинлик Агро» (акт за номером 14-22 от 12 июля 2014 года); ООО «TOOLPAPER», (акт за номером 38/1 от 12 июня 2014 года); «GOLD DRIED FRUITS» (акт за номером 14 от 20 августа 2014 года) (Справка Ассоциации предприятий пищевой промышленности РУз АП/13-1330 от 16 июня 2015 года) и чистый годовой экономический эффект составил более 350 млн сум.

Апробация работы. Результаты исследования объявлены на более 20 научно-технических конференциях, в том числе, 9 международных: «Современные проблемы математического моделирования и вычислительных методов» (Украина, Ровно, 2013); международной научной форуме: «Пищевые инновации и биотехнологии» (Россия, Кемерово, 2013); «European Science and technology» (Germany, Wiesbaden, 2012); «IV of the All-Russian conference on chemical technology with the international participation» (Russia, Moscow, 2012); III-international research and practice conference «Science, Technology and Higher Education» (Canada, Westwood, 2013); III International conference on «Chemistry and chemical technology» (Armenia, Yerevan, 2013); IV-international research and practice conference «Science and Education» (Germany, Munich 2013); Dynamical system modeling and stability investigation(Ukraine, Kiev, 2013) и 11 республиканских: Ташкент -2010-2015; Джизак -2011; Карши -2011; Бухара - 2011; Фергана - 2011 конференциях, форумах, симпозиумах.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 33 научных труда, в том числе 1 монография и 8 научных статей в международных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, 26 приложений и содержит 198 страниц текста, включает 35 рисунков, 36 таблиц.

Основное содержание диссертации

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, а также объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен список внедрений в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Исследование влияния предварительной обработки объектов на процесс сушки. Виды обработки, средства»** диссертации проанализированы состояние и тенденции развития теории и техники процесса сушки, систематизированы сведения о технологических свойствах овощей как объектов сушки. Приведены результаты исследований процесса сушки, способов и устройств для сушки плодовых культур. На основе расчета уровня целостности и стабильности систем, определена низкоорганизованная область процесса переработки плодовых культур. Данная глава носит обзорно-постановочный характер и направлена на формирование основной концепции исследования.

Во второй главе **«Объекты проведения исследований, условия, установки и методики»** накоплены сведения о методах и средствах проведения экспериментальных исследований, приведены результаты исследований свойств овощей как объекта сушки и предварительных обработок, отражены спектральные, терморadiационные, оптические и массообменные характеристики продукта, проанализированы новые свойства, достигаемые благодаря предварительной обработке.

Обоснован приоритет исследования степени излучения и температуры нагрева излучателя. Особая роль отведена аналитическому исследованию степени черноты, т.е. экономичное нагревание связано со степенью излучения (черноты). Сделан вывод, что высокий эффект будет достигнут в том случае, когда будут учитываться такие спектральные характеристики ИК-излучателя, как степень излучения и температура нагрева излучателя.

Классическая электромагнитная теория доказывает, что два ИК-излучателя при одинаковой температуре будут действовать совершенно по-разному.

Согласно классической электромагнитной теории степень черноты ИК-излучателей может быть вычислена с помощью их электрических свойств.

Интегральной степени черноты определяются по следующей формуле:

$$\epsilon_n (T) = 0,0347 \cdot \sqrt{r_{e,273} \cdot T}, \quad (1)$$

где $r_{e,273}$ – удельное сопротивление при 273°К (0°С), Ом·см; T – температура в градусах Кельвина.

Таким образом, и спектральная, и интегральная степень черноты зависят от удельного сопротивления материала излучателя. Чем больше удельное сопротивление материала, тем выше эти показатели. Интегральная степень черноты зависит еще и от температуры нагрева продукта.

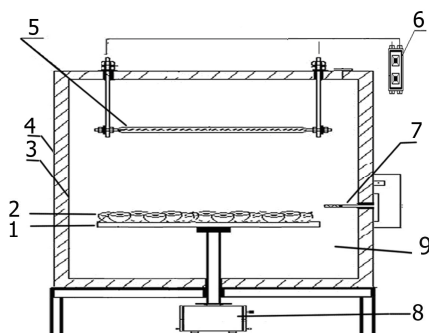
При использовании в качестве тел накала для источника излучения материала с малым удельным электрическим сопротивлением, т.е. с низкой степенью черноты, в процессе термообработки растений возникают неоправданные потери энергии. К телам накала, обеспечивающим высокие радиационные свойства, относятся различные керамические излучатели, излучатели, выполненные на основе фарфора, пленочные полупроводниковые излучатели и т.п.

По результатам этих исследований для осуществления операций сушки выбраны электронагревательные элементы нового поколения – импульсные керамические преобразователи излучения (ИКПИ).

Раскрыты также механизм фокусирования излучаемой энергии ИК спектра, импульсности излучения, величины его длительности и плотности, а также цикличность энергетических превращений, механизм выброса импульса энергии и обеспечения максимального КПД процесса.

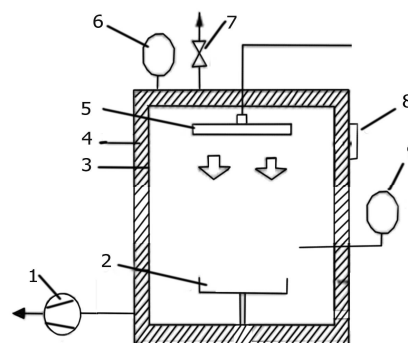
Выражена математическая связь между периодами облучения и паузы через коэффициент диффузии, сформулировано математическое выражение длительности цикла. Она состоит из эффекта перенаправления градиента температуры и влаги в её испарении за счёт аккумулярованного при импульсном нагреве тепла с одновременным охлаждением материала, перераспределение тем самым влаги, находящейся в центре образца в периферию. Представлены экспериментально полученные параметры процессов термообработки картофеля, моркови и лука репчатого. Используя изученные теоретические предпосылки построены номограммы, по которым определяются эффективные режимы прерывного ИК-облучения в процессах термообработки овощей. Дан сравнительный анализ полученных результатов с теоретическими положениями квантовой механики, доказана адекватность результатов.

Приведены схемы установок для предварительной обработки образцов в электромагнитном поле инфракрасного диапазона (рис.1) и ИК-вакуумной сушки (рис.2).



1-поддон; 2-обрабатываемый материал; 3-отражатель из алюминиевой фольги; 4-корпус; 5- ИК-лампа; 6-щит для подключения установки; 7-термодатчик; 8-весы; 9-рабочая камера.

Рис.1. Экспериментальная установка для предварительной обработки овощей



1- вакуум-насос; 2- поддон для размещения овощей; 3-отражатель из алюминиевой фольги; 4-тепло-изоляция; 5-ИК-лампа; 6-вакуумметр; 7- вентиль для спуска воздуха; 8-датчик температуры (термопара ХК); 9- манометрический термометр

Рис.2. Схема лабораторной установки ИК-вакуумной сушки

Третья глава диссертации «Теоретическое обоснование режима процесса ик-вакуумной сушки овощей» посвящена оптимизации параметров процесса ИК-вакуумной сушки, путем получения её статистической математической модели:

$$y = V_0 + V_1 x_1 + V_2 x_2 + V_3 x_3 + V_{12} x_1 x_2 + V_{13} x_1 x_3 + V_{23} x_2 x_3 + V_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (2)$$

Она включает общий вид уравнения регрессии (2) и отдельные уравнения регрессии для текущей влажности картофеля, моркови и лука репчатого (3-5). Проверены правильность уравнений путём определения среднеквадратического отклонения результатов.

$$y_{(карт.)} = 1,53 - 0,408x_1 + 0,57x_2 - 0,47x_3 - 0,24x_1x_2 - 0,01x_1x_3 - 0,58x_2x_3 + 0,34x_1x_2x_3 \quad (3)$$

$$y_{(морковь)} = 1,93 - 0,5x_1 + 0,81x_2 - 0,71x_3 - 0,3x_1x_2 + 0,05x_1x_3 - 0,75x_2x_3 + 0,3x_1x_2x_3 \quad (4)$$

$$y_{(лук реп.)} = 2,99 - 0,68x_1 - 1,47x_2 - 0,51x_3 - 0,31x_1x_2 - 0,15x_1x_3 + 0,49x_2x_3 - 0,15x_1x_2x_3 \quad (5)$$

Проведенные нами исследования показали, что на продолжительность процесса сушки овощей и выход качественного готового продукта оказывает влияние предварительная обработка сырья в электромагнитном поле ИК диапазона и плотность теплового потока.

Уравнения (6-14) представляют собой статистическую математическую модель процесса ИК-вакуумной сушки с предварительной обработкой в электромагнитном поле ИК диапазона для картофеля, моркови и лука репчатого. По ним определены критическая влажность овощей $W_{кр}$, коэффициент скорости сушки N и коэффициент сушки K :

картофеля

$$W_{кр} = 55,18 - 2,81 \cdot x_1 + 0,56 \cdot x_2 + 1,56 \cdot x_3 - 0,94 \cdot x_1x_2 + 0,06 \cdot x_1x_3 - 0,31 \cdot x_2x_3 - 2,68 \cdot x_1x_2x_3 \quad (6)$$

$$N = 0,28 - 0,035 \cdot x_1 - 0,025 \cdot x_2 - 0,08 \cdot x_3 + 0,025 \cdot x_1x_2 + 0,017 \cdot x_1x_3 + 0,17 \cdot x_2x_3 - 0,007 \cdot x_1x_2x_3 \quad (7)$$

$$K = 0,127 - 0,048 \cdot x_1 - 0,026 \cdot x_2 - 0,028 \cdot x_3 - 0,017 \cdot x_1 x_2 - 0,006 \cdot x_1 x_3 + 0,01 \cdot x_2 x_3 + 0,05 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (8)$$

моркови

$$W_{кр} = 43,37 + 0,87 \cdot x_1 + 1,87 \cdot x_2 - 3,37 \cdot x_3 - 0,125 \cdot x_1 x_2 + 2,5 \cdot x_1 x_3 - 4,37 \cdot x_2 x_3 + 0,625 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (9)$$

$$N = 1,24 + 0,063 \cdot x_1 - 0,01 \cdot x_2 - 0,038 \cdot x_3 - 0,11 \cdot x_1 x_2 - 0,04 \cdot x_1 x_3 + 0,05 \cdot x_2 x_3 - 0,008 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (10)$$

$$K = 0,164 - 0,064 \cdot x_1 - 0,036 \cdot x_2 + 0,004 \cdot x_3 + 0,015 \cdot x_1 x_2 + 0,028 \cdot x_1 x_3 - 0,1 \cdot x_2 x_3 + 0,02 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (11)$$

лука репчатого

$$W_{кр} = 63,13 - 5,5 \cdot x_1 - 4,63 \cdot x_2 + 1,76 \cdot x_3 - 0,48 \cdot x_1 x_2 - 0,38 \cdot x_1 x_3 + 1,74 \cdot x_2 x_3 - 0,39 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (11)$$

$$N = 0,86 + 0,18 \cdot x_1 + 0,13 \cdot x_2 + 0,012 \cdot x_3 + 0,1 \cdot x_1 x_2 - 0,02 \cdot x_1 x_3 - 0,01 \cdot x_2 x_3 - 0,05 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (13)$$

$$K = 0,075 + 0,007 \cdot x_1 - 0,03 \cdot x_2 - 0,024 \cdot x_3 - 0,008 \cdot x_1 x_2 + 0,015 \cdot x_1 x_3 + 0,01 \cdot x_2 x_3 - 0,01 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (14)$$

Полученные зависимости адекватно описывают процесс ИК-вакуумной сушки овощей и позволяют рассчитать значения скорости сушки N , коэффициента сушки K и критической влажности образца $W_{кр}$, с погрешностью до 5% в пределах изменения параметров процесса, при которых проводились исследования.

На рис.3 изображены экспериментальные кривые изменения влажности образца картофеля при температурах 50, 60 и 70⁰С, основным показателем, определяющим продолжительность и температуру сушки, является активность воды, снижение которой до значений 0,3 и ниже свидетельствует о минимизации количества влаги (рис.4). Для тех же условий получены кривые изменения влажности и активности воды моркови и лука репчатого.

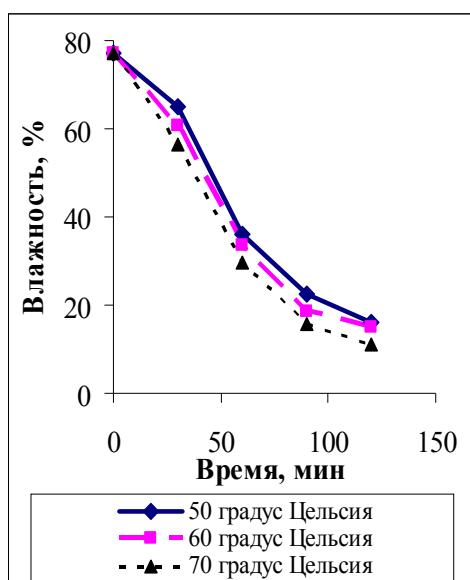


Рис.3. Зависимость влажности высушиваемого образца картофеля от температуры процесса ИК- вакуумной сушки

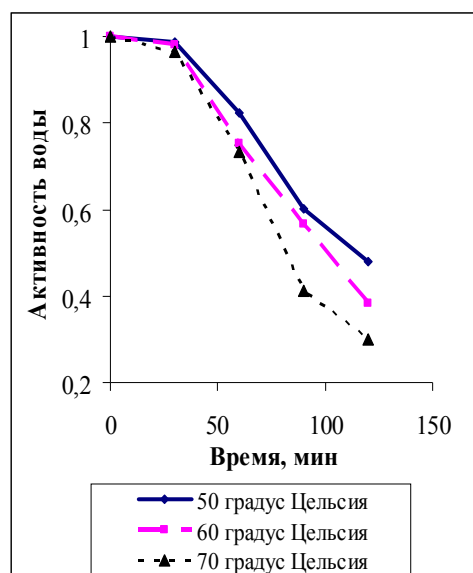


Рис.4. Зависимость активности воды в высушиваемом образце картофеля от температуры процесса ИК- вакуумной сушки

Установлено также, что увеличение доли осмотически связанной влаги в образце, ограничивает продолжительность периода сушки с постоянной

высокой скоростью. Таким образом, использование вакуумной инфракрасной сушки позволяет сократить продолжительность процесса. Образцы овощей, высушенных в условиях вакуумной инфракрасной сушки, превосходят по качеству аналогичные изделия, подвергнутые конвективной сушке.

Экспериментально показано влияние температуры вакуумной инфракрасной сушки на физико-химические показатели картофеля, моркови и лука репчатого, приведены анализы образцов высушенного материала (рис.5-7).

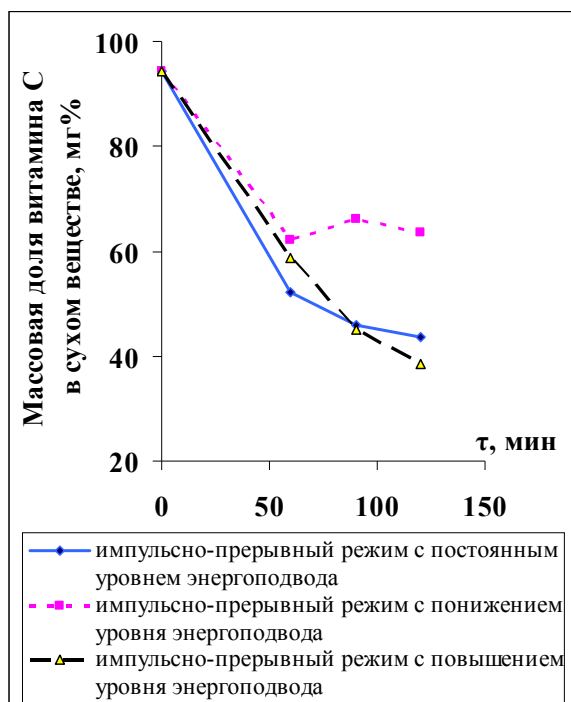


Рис. 5. Зависимость остаточного содержания витамина С в картофеле от режима импульсно-прерывного ИК-энергоподвода и времени сушки

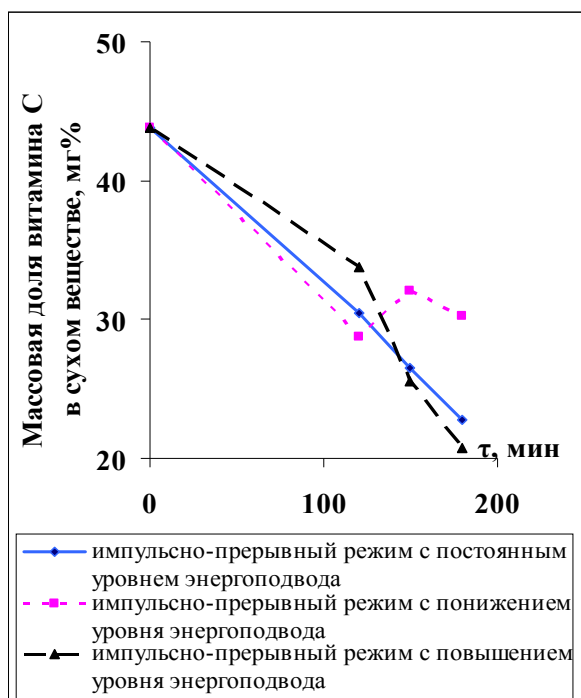


Рис. 6. Зависимость содержания витамина С в моркови от режима импульсно-прерывного ИК-энергоподвода и времени сушки

При импульсно-прерывном режиме сушки с понижением уровня подачи энергии в каждом последующем цикле установлено, что содержание витамина С у картофеля, моркови а также лука репчатого составляет соответственно 63,5; 30,26 и 49,74 мг%, сахара 52,5; 52,5 и 72,5% при необходимой остаточной влажности 9,88; 13,86 и 13,51%. Другие два режима ИК-энергоподвода при сушке картофеля, моркови и лука репчатого до влажности 10-14% потребуют больше времени: с постоянным уровнем энергоподвода – 185 мин – содержание витамина С – 43,5; 22,8 и 38,1 мг%, сахаров – 45,2; 45,2 и 65,2%; с повышением уровня энергоподвода – 185 мин – содержание витамина С – 38,5; 20,8 и 40,3 мг%, сахаров – 46,1; 47,6 и 67,6 %.

Анализ кривых сушки овощей в сопоставимых условиях подтверждает, что наибольшую эффективность имеет импульсно-прерывный режим с понижением уровня энергоподвода в каждом последующем цикле. При сьеме влаги картофеля с W_1 -77,3 % до W_2 -9,88 %, моркови с W_1 -88,4 % до W_2 -13,86 %, а лука репчатого с W_1 -90,3 % до W_2 -13,51 %, время процесса укладывается в 120-180 мин.

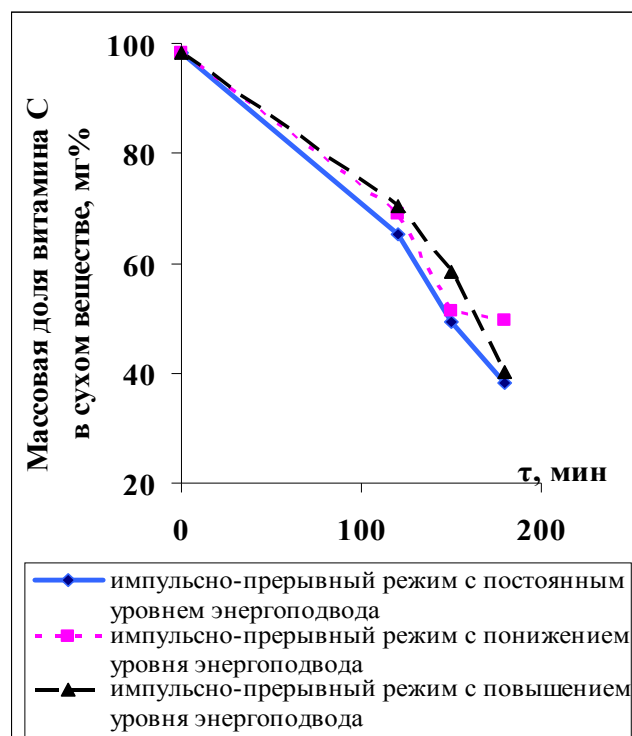


Рис. 7. Зависимость содержания витамина С в луке репчатом от режима импульсно-прерывного ИК-энергоснабжения и времени сушки

Показано, что быстрое удаление влаги макро- и микрокапилляров и большей части адсорбционной влаги влияет на органолептические свойства высушенного образца. Сравнены положительные и отрицательные эффекты сушки при температурах 50, 60, 70⁰С и установлено, что ухудшаются механические свойства и органолептические показатели высушенного материала.

Результаты экспериментальных исследований по влиянию импульсно-прерывного ИК-энергоснабжения на процесс сушки овощей приведены в табл.1.

Таблица 1
Результаты экспериментальных исследований по сушке овощей при импульсно-прерывном ИК-энергоснабжении

Вид овощей	Вид эксперимента	Начальная влажность W_n , %	Конечная влажность W_k , %	Содержание витамина С в сухом веществе, мг%	Содержание сахара, %	Удельный расход энергии, кВт·ч/кг
Картофель	с постоянным уровнем энергоподвода	77,3	11,8	43,5	45,2	1,3
	с понижением уровня энергоподвода	77,3	9,88	63,5	52,5	1,2
	с повышением уровня энергоподвода	77,3	9,8	38,5	46,1	1,5

продолжение таблицы 1

Морковь	с постоянным уровнем энергоподвода	88,4	13,4	22,8	45,2	1,3
	с понижением уровня энергоподвода	88,4	13,86	30,26	52,5	1,2
	с повышением уровня энергоподвода	88,4	12,9	20,8	47,6	1,5
Лук репчатый	с постоянным уровнем энергоподвода	90,3	14	38,1	65,2	1,3
	с понижением уровня энергоподвода	90,3	13,51	49,74	72,5	1,2
	с повышением уровня энергоподвода	90,3	12,4	40,3	67,6	1,5

Четвертая глава диссертации «**Экспериментальная часть. Влияние ИК, СВЧ и ИК-СВЧ предварительных обработок на процесс сушки. ИК-вакуумная сушка**» посвящена осуществлению процесса сушки овощей в условиях, приближенных к промышленным. Изготовлена экспериментальная установка, получено подтверждение, что при применении предварительной обработки процесс сушки ускоряется.

На рис.8-10 графически изображены зависимости изменения влаги по времени в образцах овощей. Остаточное содержание влаги в высушенных образцах овощей с применением их предварительной обработки в электромагнитном поле ИК, СВЧ и ИК-СВЧ диапазонов, при ИК-вакуумной сушке в течении 2-3 часов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Остаточная влага в высушенных образцах овощей при ИК-вакуумной сушке

Метод сушки	Способ предварительной обработки	Конечная влажность по видам высушиваемого продукта		
		Картошка	Морковь	Лук
ИК-вакуумная сушка	Без предварительной обработки	14,96	20,51	32,87
	ИК	9,86	12,22	12,50
	СВЧ	13,88	13,97	24,54
	ИК-СВЧ	12,87	13,52	14,54

Полученные результаты показывают, что наиболее приемлемым является предварительная обработка образцов в электромагнитном поле ИК диапазона.

На рис.11-13 приведены кривые кинетики сушки: зависимости изменения скорости сушки образцов картофеля, моркови и лука репчатого от

влажности материала при температуре в сушильной камере 60°C , для ИК-вакуумной сушке без предварительной обработки и способов сушки с использованием всех трех рассматриваемых видов предварительной обработки.

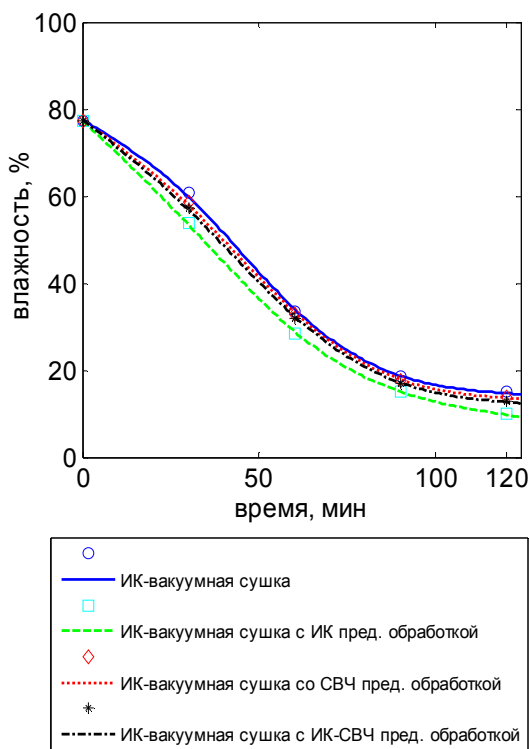


Рис. 8. Графики изменения массовой доли влаги по времени сушки в образцах картофеля

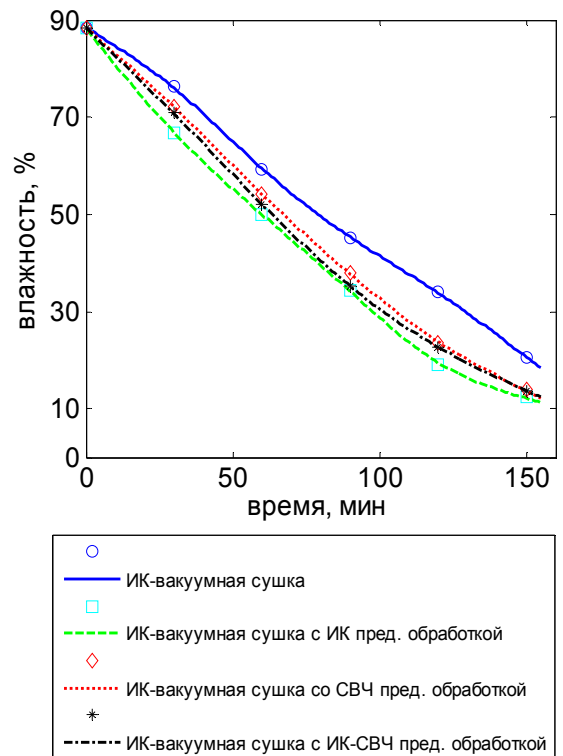


Рис. 9. Графики изменения массовой доли влаги по времени сушки в образцах моркови

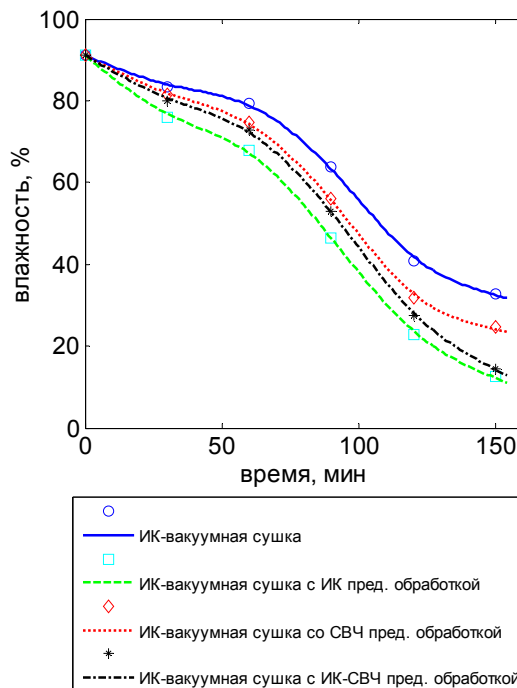


Рис. 10. Графики изменения массовой доли влаги по времени сушки в образцах лука репчатого

Обработка экспериментальных данных, направленных на исследование кинетики сушки по диффузионной модели Фика с граничными условиями первого рода показывает, что интегрированные за вес цикл сушки значения отношения коэффициента диффузии влаги к квадрату определяющего размера частиц составляют порядка $0,003 \text{ мин}^{-1}$.

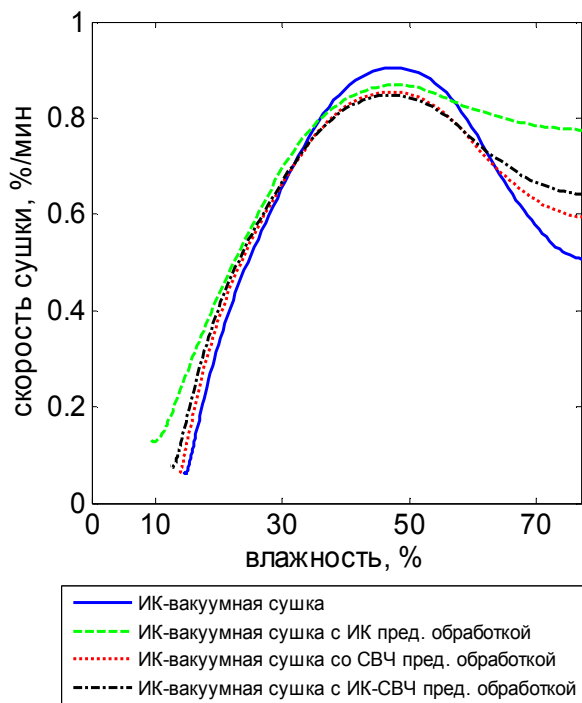


Рис. 11. Зависимость скорости сушки от влажности в образцах картофеля

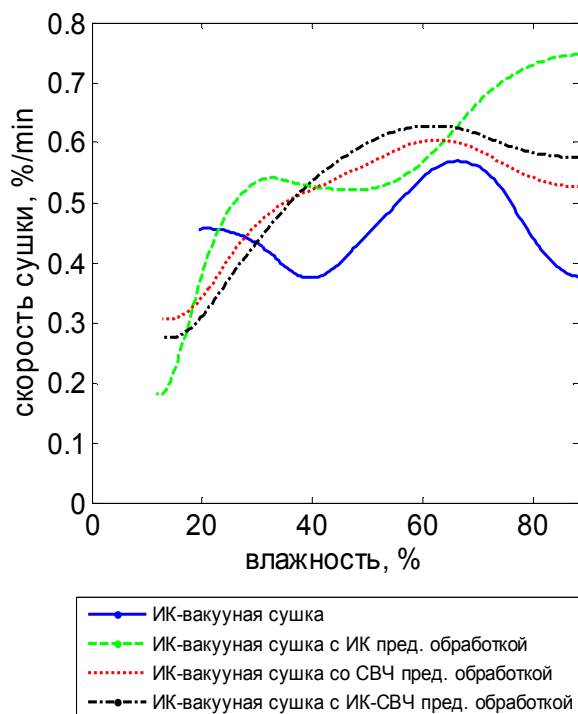


Рис. 12. Зависимость скорости сушки от влажности в образцах моркови

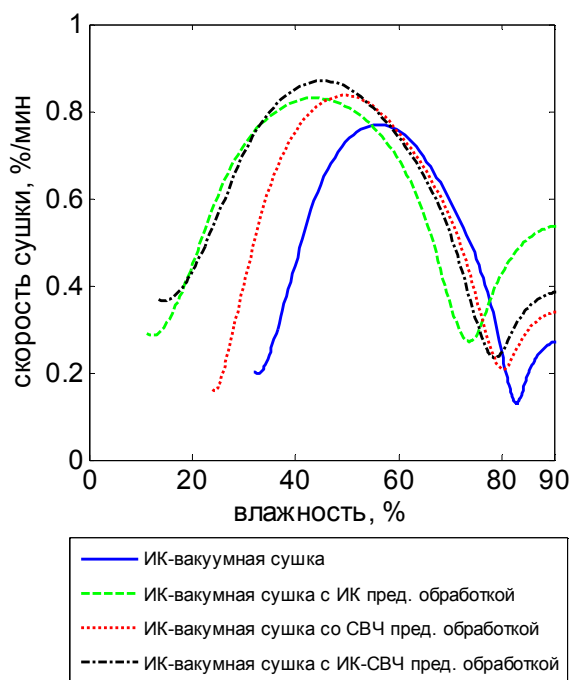


Рис. 13. Зависимость скорости сушки от влажности в образцах лука репчатого

Обработка кривых сушки при помощи моделей диффузии с граничными условиями третьего рода убедительно подтверждает (значения коэффициента Био около 0,1) переход процесса из традиционной внутридиффузионной во внешнедиффузионную форму протекания при применении испытываемых терморadiационных вариантов технологии сушки.

Видно, что для адекватного учета особенностей кинетики на этапе детального синтеза полупромышленных и промышленных установок необходимо привлечь модели совместного протекания тепло- и массообменных и других явлений. Грубость традиционных представлений о наличии периодов постоянной и падающей скорости сушки проявляется при анализе кривых сушки и кривых скорости сушки методами сплайн-аппроксимации с эмпирическим подбором параметра соотношения близости расчетных и экспериментальных точек и гладкости искомых функций.

Неферментативные потери сахаров при сушке возникают благодаря реакциям меланоидинообразования и карамелизации сахаров.

ИК-вакуумная сушка картофеля с ИК предварительной обработкой способствует получению готового продукта с максимальным содержанием крахмала по истечении 2-х часового процесса сушки, которая составляет 62,3%, с применением СВЧ и ИК-СВЧ предварительных обработок, соответственно составляет 61,6% и 61,2%, а без предварительной обработки 61,27%.

Динамика потерь крахмала в пересчете на сухое вещество в процессе сушки образцов картофеля приведена на рис.14.

На рис.15 приведены результаты исследований процесса ИК-вакуумной сушки моркови в течение 2,5 часов без предварительной обработки, а также с ИК, СВЧ, ИК-СВЧ предварительными обработками. В образцах сушеной моркови наивысшая концентрация сахаров наблюдается при применении ИК предварительной обработки и составляет 55,9%.

При предварительной обработке в электромагнитном поле СВЧ и комбинированном ИК-СВЧ диапазонах массовые доли остаточных сахаров одинаковы и составляют по 54,92%. При сушке без предварительной обработки достигается всего 43,9%-ный рубеж массовой доли сахаров в образце, а за 3 часа сушки повышается до 56,01%.

Приведен характер изменения содержания сахаров в высушиваемых образцах лука репчатого при ИК-вакуумной сушке, без предварительной обработки и с использованием всех трех рассматриваемых способов предварительной обработки в течение 2,5 часов ИК-вакуумной сушки. Из графиков видно, что сахара имеют наибольшую концентрацию в образцах сушеного лука при применении предварительной ИК-обработки и составляют 63,37 %. При предварительной обработке в электромагнитном поле СВЧ и ИК-СВЧ диапазонов содержание массовой доли сахаров одинаковы и составляют 54,92 %. При сушке без предварительной обработки за 2,5 часа достигается всего 49,74 %-ный рубеж массовой доли сахаров в

высушиваемом образце, а за 3 часа повышается до 65,95 %.

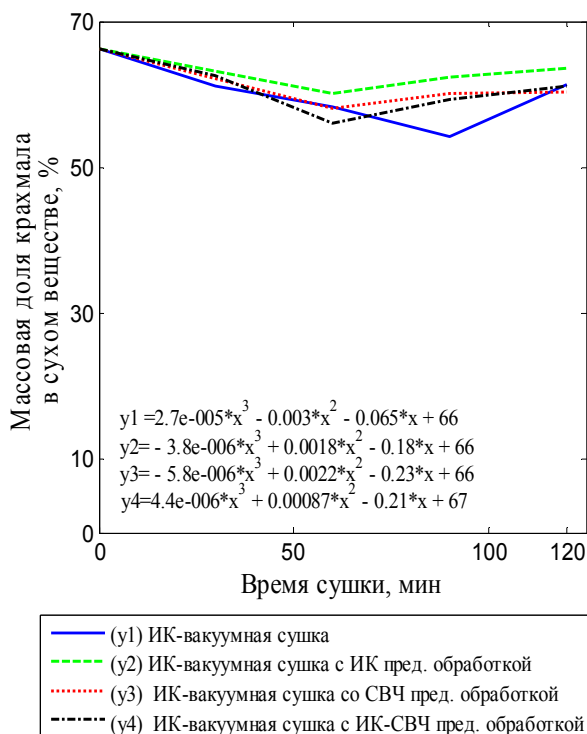


Рис. 14. Графики зависимости содержания массовой доли крахмала в сухом веществе в образцах сушеного картофеля

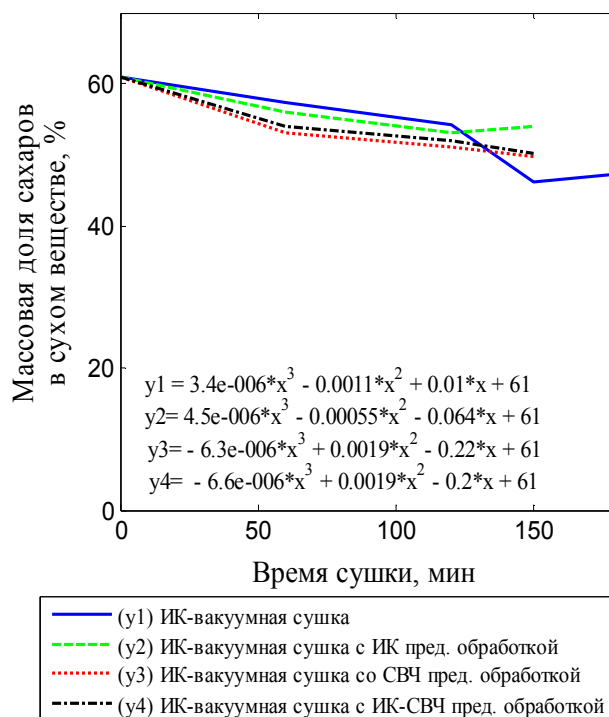


Рис. 15. Графики изменения массовой доли сахаров в сухом веществе по времени сушки в образцах сушеной моркови

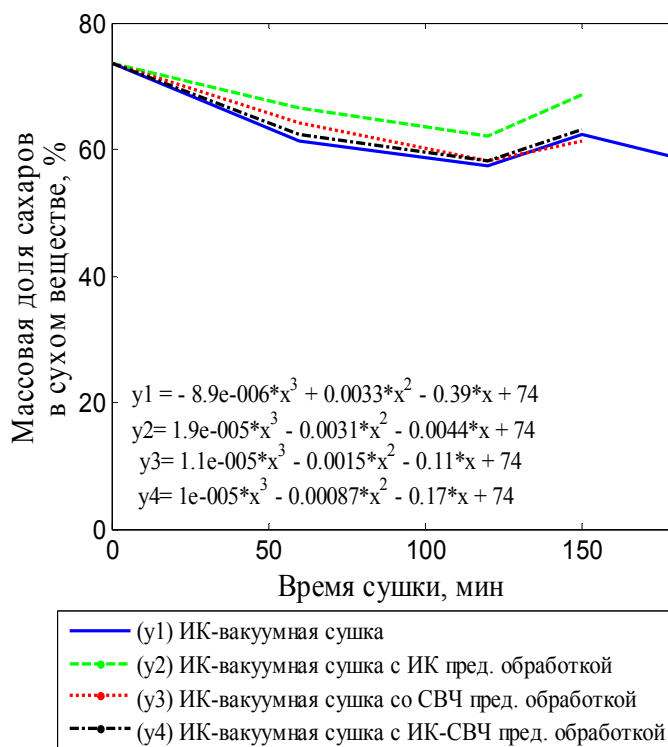


Рис. 16. Графики зависимости содержания массовой доли сахаров в сухом веществе от времени сушки в образцах сушеного лука репчатого

Анализы проведенных экспериментов наглядно демонстрируют, что

ИК-вакуумная сушка лука с ИК предварительной обработкой позволяет сократить время сушки примерно на 30 мин и экономить затраты энергии.

На рис. 16 представлен характер изменения массовой доли сахаров в сухом веществе образцов лука. Графики демонстрируют образующиеся потери сахаров, которые несколько выше по сравнению с образцами моркови и картофеля.

По данным, приведенных графиков можно сделать вывод, что наименьшие потери сахаров наблюдаются в образцах сушеного лука, полученных с применением ИК предварительной обработки. Улучшены также органолептические показатели конечного продукта по сравнению с овощами.

На рис.17 представлено графическое изображение характера количественных изменений витамина С в высушиваемых образцах картофеля при ИК-вакуумной сушке, без предварительной обработки и с использованием всех трех рассматриваемых способов предварительной обработки.

Полученные результаты показывают, что содержание аскорбиновой кислоты в образцах высушиваемого картофеля при двухчасовой ИК-вакуумной сушке с ИК предварительной обработкой составляют 72,4 мг%, а с предварительной обработкой в электромагнитном поле СВЧ и ИК-СВЧ диапазонов, соответственно 60,1 мг% и 64,2 мг%, при ИК-вакуумной сушке без предвари-тельной обработки – 65,1 мг%.

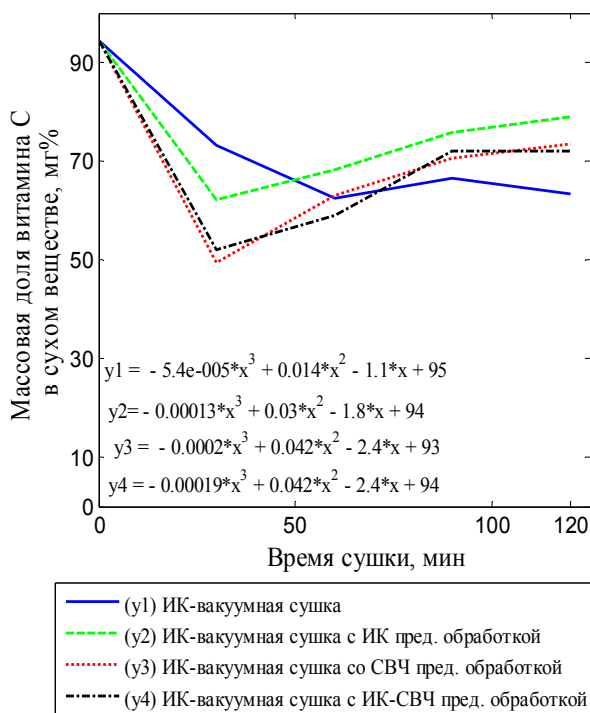


Рис. 17. Графики изменений содержания витамина С в сухом веществе по времени сушки в образцах сушеного картофеля

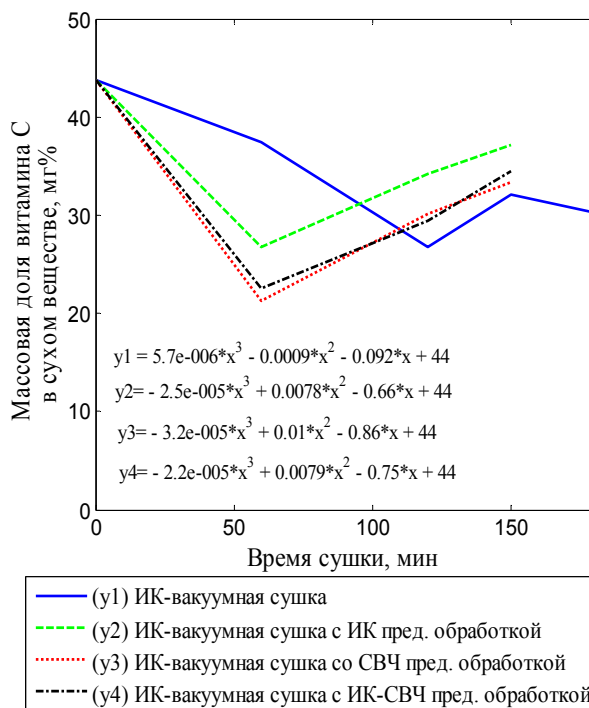


Рис. 18. Графики изменений содержания витамина С в сухом веществе по времени сушки в образцах сушеной моркови

Показатель содержания витамина С в образце сушеного картофеля, полученного ИК-вакуумной сушкой с ИК предварительной обработкой выше.

На основании данных графиков можно снова сделать вывод, что наименьшие потери витамина С наблюдаются в образцах сушеного картофеля, полученных при ИК-вакуумной сушке с предварительной ИК-обработкой.

На рис. 18 приведен график роста массовой доли аскорбиновой кислоты в образцах моркови в процессе их сушки.

Содержание аскорбиновой кислоты при ИК-вакуумной сушке с предварительной обработкой в электромагнитном поле ИК и ИК-СВЧ диапазонов в течении 2,5 часов значительно превышает рекомендуемый по ГОСТ 52622-2006 (10 мг%) и составляет соответственно 28,5 и 25,46 мг%, а с предварительной обработкой в электромагнитном поле СВЧ диапазона доля витамина С достигает всего 23,6 мг%. В процессе ИК-вакуумной сушки без предварительной обработки длительный период нагрева не способствует значительному сохранению витамина С. За 2,5 часов сушки составляет 22,4 и за 3 часов – 16,1 мг%.

Из данных графиков приведенных на рис. 19-20 очевидно, что для каждого способа сушки имеются временные рубежи, по истечении которых заканчивается рост доли витамина С. Для сушки в ИК-вакуумной установке с предварительной обработкой в электромагнитном поле ИК, СВЧ и ИК-СВЧ диапазонов – это 2,5 часа, без предварительной обработки – 3 часа. При их превышении содержание аскорбиновой кислоты снижается. Это объясняется тем, что увеличивается поверхность соприкосновения продукта с кислородом воздуха, окислительные реакции приводят к количественной потере ценных компонентов.

Динамика изменений количественных показателей содержания аскорбиновой кислоты в сухом веществе, позволяет определить потери витамина С в процессе рассматриваемых способов сушки образцов моркови. По этим кривым можно выполнить расчеты потерь витамина С на оптимальных временных рубежах сушки для каждого способа.

Эти графики показывают, что наименьшие потери витамина С наблюдаются в образцах сушеной моркови, полученных после использования обработки в электромагнитном поле ИК диапазона до основной сушки.

Последовательность изменения содержания витамина С, кривые изменения, показывает существование определенной закономерности изменения количества аскорбиновой кислоты в процессе сушки образцов выбранных для сушки овощей.

Витамин С концентрируется в высушиваемых образцах лука и достигает максимального значения по истечении 2,5 часов сушки – 46,8 мг% при ИК-вакуумной сушке с применением ИК предварительной обработки. Это больше требуемого по ГОСТ (12,00 мг%) в четыре раза. Максимальное содержание аскорбиновой кислоты с использованием СВЧ-ной предварительной обработки достигается в высушиваемых образцах в течении 2,5 часов и составляет 40,1 мг%, с использованием совмещенного способа предварительной обработки (ИК-СВЧ) - 38,4, а без предварительной

обработки - 42,3 мг%. Дальнейшая сушка лука без предварительной обработки в течение 3 часов приводит к снижению количества аскорбиновой кислоты до 37,8 мг%. Преимущество ИК-вакуумной сушки с ИК предварительной обработкой красноречиво показывают цифровые данные.

По аналогии на рис.19 показана динамика изменения количественных показателей содержания витамина С в сухом веществе в образцах сушеного лука в процессе сушки.

На основании данных графиков можно сделать вывод, что наименьшие потери витамина С наблюдаются в образцах сушеного лука, полученных при ИК-вакуумной сушке с ИК предварительной обработкой.

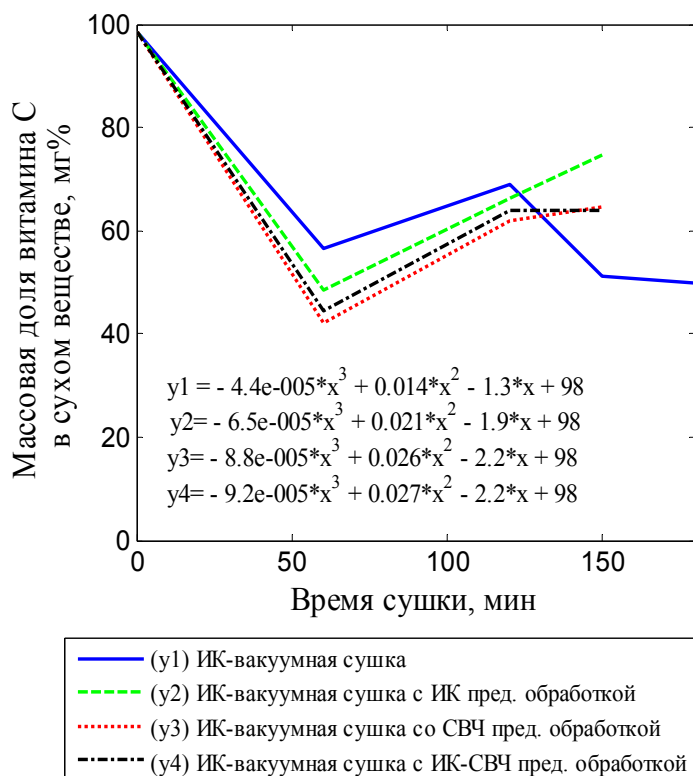


Рис. 19. Графики изменений содержания витамина С в сухом веществе по времени сушки в образцах высушиваемого лука репчатого

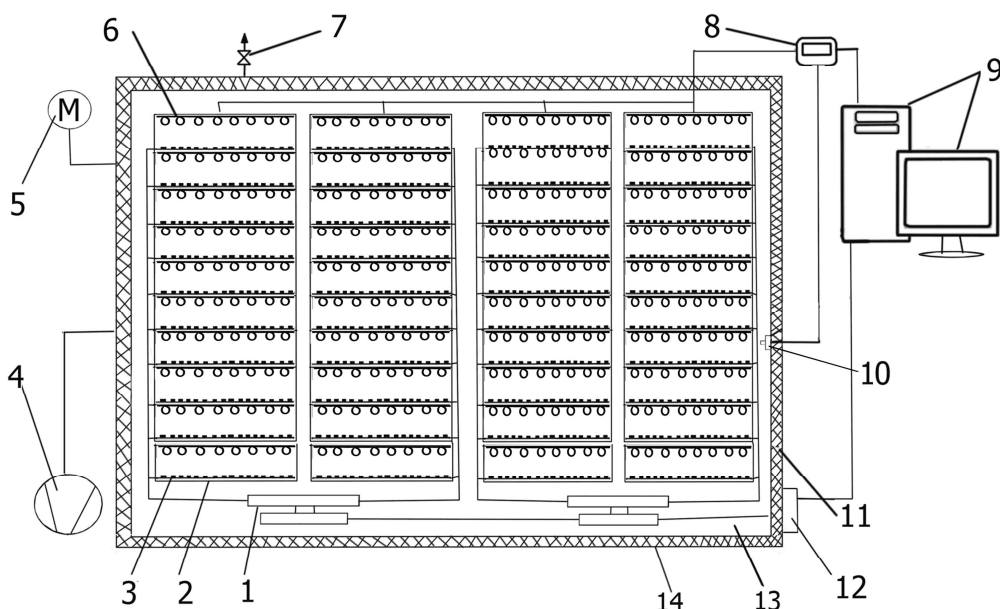
Содержание витамина С в образцах сушеного картофеля, моркови и лука репчатого полученного ИК-вакуумной сушкой с ИК предварительной обработкой выше.

Пятая глава диссертации **«Реализация полученных результатов. Экономическая оценка эффективности разработанного способа сушки»** посвящена аппаратурному оформлению процесса сушки и анализу экономических показателей, достигаемых при внедрении разработки.

Описана стратегия осуществления подготовительных операций каждого из рассматриваемых овощей; картофеля, моркови и лука репчатого; описаны способы ведения операций, режимы и установки, контроль качества их проведения. Особое внимание уделено процессам очистки, предварительной термообработки – ИК обработки, сульфитации очищенных овощей, измельчению.

Дана реальная технологическая схема ИК-вакуумной сушки овощей, в которую помимо подготовительных операций включена сушка в вакууме с ИК-энергоподводом. Дано описание полупромышленной ИК-вакуумной установки, назначение его узлов и порядок включения в работу.

На рис.20 изображена принципиальная схема полупромышленной установки ИК-вакуумной сушки овощей. ИК-вакуумная установка сушки представляет собой металлическую камеру 13, изолированную альфолом 11 и облицованную алюминиевой фольгой 14. В камере установлены металлические поддоны 2 для размещения высушиваемого материала 3. Над каждым поддоном установлены ИК-лампы 6 с расчётом плотности теплового потока $1,5 \text{ кВт/м}^2$. Камера снабжена вакуум-насосом 4, манометром 5 и спускным клапаном 7 для впуска воздуха в камеру по завершении работы. Встроенные весы 1 с датчиком 12 служат для автоматического определения остаточной влажности (степени сухости) материала, а датчик 10 и датчик 8 температуры служат для осуществления компьютерного управления процессом сушки средством 9.



1-встроенные весы; 2-поддон; 3-высушиваемый материал; 4-вакуум-насос; 5-манометр; 6-инфракрасная лампа, 7- вентиль для спуска воздуха в камеру; 8-устройство задачи температуры в камере; 9-компьютер; 10-датчик температуры; 11-изоляция; 12-датчик конечной влажности высушиваемого продукта; 13- рабочая камера; 14-облицовка.

Рис. 20. Схема ИК-вакуумной установки для сушки овощей

Работа установки осуществляется в следующем порядке. Устройством 8 устанавливается рабочая температура в рабочей камере 13. Подготовленный высушиваемый материал 3 размещается на поддонах 2, поддоны устанавливаются в камеру 13. Включается вакуум-насос 4, до достижения уровня вакуума в 60 кПа (остаточное давление 40 кПа), по манометру 5. Далее по компьютеру 9 устанавливается конечная влажность

высушиваемого материала, для чего используется заложенная в него математическая модель процесса сушки, полученная в главе 3 настоящей диссертационной работы. Сущность компьютерного управления процессом заключается в том, что математическая модель выдаст конечное значение влажности материала, достигаемое за некоторое время обработки в зависимости от заложенных в модель входных параметров (вид продукта, начальная влажность материала, остаточное давление в рабочей камере, рабочая температура процесса). Включаются ИК-лампы 6 и отслеживается повышение температуры по компьютеру 9. Достижение конечной заданной влажности материала, изменение температуры и давления также можно наблюдать по компьютеру. В случае необходимости можно активно воздействовать на ход процесса сушки, например, изменить давление в камере, температуру и т.д. При достижении заданной конечной влажности материала ИК-нагреватели отключаются. Снимаются поддоны, проверяются визуально показатели качества и разгружаются поддоны для охлаждения. Цикл повторяется.

Реализован способ экономической оценки эффективности разработанного способа ИК-вакуумной сушки. Используя сравнительный анализ результатов сушки с исследованными способами предварительной обработки: без предварительной обработки, с ИК, СВЧ и ИК-СВЧ - обработками найдена шкала оценки критериев, определяющих весомость факторов сушки. Качественные характеристики высушенных продуктов переведены в количественные при помощи этих критериев, что дало возможность сравнить способы предварительной обработки. Результатом проведенных комбинированных расчетов является суммарный балл, соответствующий уровню эффективности используемых методов сушки.

На основе экспертной многокритериальной оценки найден оптимальный вариант предварительных обработок.

Сформулированы практические рекомендации по применению технологии в консервной и овощесушильной промышленности.

Заключение

1. Изучены процессы сушки, направленные на исследование влияния различных способов воздействия на влагу, которую необходимо удалить по возможности при низкой температуре, в короткий промежуток времени и с минимальными затратами энергии. Рассмотрены характерные способы предварительного кратковременного ИК, СВЧ и ИК-СВЧ воздействия на объекты сушки, исследовано их влияния на состояние влаги в продукте, на ее удаление при атмосферной и вакуумной ИК-сушке. Обусловлена целесообразность изыскания приемлемых способов сушки и выработки конструктивных рекомендаций по рациональной организации процесса сушки картофеля, моркови и лука репчатого.

2. Исследованы степень излучения и температура нагрева рабочего

органа – излучателя, выбраны импульсные керамические преобразователи. Описан механизм фокусирования излучаемой энергии ИК спектра, импульсности излучения, величины его длительности и плотности. Раскрыта цикличность механизма превращений энергии, а также механизм выброса импульса энергии и обеспечения максимального КПД процесса, диапазон излучаемых волн и эффект, в том числе стерилизующий при сушке овощей.

3. Описан эффект перенаправления градиента температуры и влаги в испарении влаги за счёт аккумулированного при импульсном нагреве тепла с одновременным охлаждением материала, перераспределение тем самым влаги, находящейся в центре образца в периферию. Раскрыта математическая связь между периодами облучения и паузы через коэффициент диффузии.

4. Раскрыты особенности механизма воздействия электромагнитных полей ИК диапазона на образцы высушиваемого продукта, снижающего рабочую температуру испарения влаги до 50°C.

5. Экспериментально установлено, что при исследованиях импульсно-прерывного режима сушки с понижением уровня энергоподвода в каждом последующем цикле, содержание витамина С у картофеля, моркови, а также лука репчатого составляет соответственно 63,5; 30,26 и 49,74 мг%, сахаров 52,5; 52,5 и 72,5 %. Для двух других режимов ИК-энергоподвода при сушке картофеля, моркови и лука репчатого до влажности 10-14% затраты времени увеличиваются на 7%.

6. Подтверждено, что при применении предварительной электрофизической (ИК, СВЧ) обработки процесс сушки ускоряется, особенно при кратковременной ИК предварительной обработке с выдержкой, конечная влажность образца картофеля составляет 9,88%, моркови – 8,83%, лука – 12,4%. При применении СВЧ-обработки конечная влажность образца картофеля составляет 13,9%, моркови – 9,2%, лука – 11,4%. При применении совмещенной ИК-СВЧ – обработки конечная влажность образца картофеля составляет 12,9%, моркови – 9,8%, лука – 14,08%.

7. ИК-вакуумная сушка с ИК предварительной обработкой позволяет сократить время сушки примерно на 30 мин и снижать температуру процесса с 65 до 50°C, тем самым экономить затраты энергии.

8. На основе результатов лабораторных исследований, экспериментально-промышленных испытаний разработана первичная технологическая схема производства высушенных овощных ингредиентов, составлен материальный баланс. В картофеле, подвергнутом экспериментам (сорта «санта»), моркови, (сорта «шантанэ») и луке (сорта «коратол») остаточное количество сахаров увеличивается на 20%, а витамина С на 13%. За счёт улучшения сортности готового продукта на предприятиях «GOLD DRIED FRUITS» и «TOOL PAPER» расчётный годовой экономический эффект составит 305,3 млн сум, на предприятии ИП ООО «Туракурган Ширинлик Агро» фактический эффект составил 101,5 млн сум при годовой выработке 200 т сушеных овощей.

**SCIENTIFIC COUNCIL WITH THE NUMBER OF 16.07.2013.T.08.01
WHICH GIVES THE DEGREE OF DOCTOR OF SCIENCE UNDER THE
TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

MAMATOV SHERZOD

**IMPROVING DRYING TECHNOLOGY VEGETABLE
INGREDIENTS**

**02.00.17 - Technology and biotechnology processing, storage and
processing of agricultural and food products
(technical sciences)**

ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION

Tashkent - 2015

The subject of doctoral dissertation is registered by 12.05.2015/B2015.2.T472 at Higher Attestation Commission under Cabinet of Ministers of Republic of Uzbekistan.

Doctoral dissertation is carried out at Tashkent chemical-technological institute.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English) is placed on web page to address www.tkti.uz and information-educational portal ZIYONET to address www.ziyonet.uz

Scientific consultant:

Dodaev Kuchkor
doctor of technical sciences

Official opponents:

Salimov Zakirdjan,
doctor of technical sciences, academician of the ASc RUz

Mannanov Ulugbek
doctor of technical sciences, professor

Kurbanov Jamshed
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Bukhara technological institute of engineering

Defense will take place «__» _____ 2015 at _____ at the meeting of scientific council number 16.07.2013.T.08.01 at Tashkent chemical-technological institute to address: 100011, Uzbekistan, Tashkent, A. Navoi str.,32. Ph.: (99871) 244-79-21; fax: (99871) 244-7917; e-mail: tkti_info@mail.ru.

The doctoral dissertation is registered in the Information-resource centre at Tashkent chemical-technological institute № __, it is possible to review it in the IRC (100011, Uzbekistan, Tashkent, A. Navoi str.,32. Ph.: (99871) 244-79-21).

Abstract of the dissertation sent out on «__» _____ 2015 year
(mailing report № _____ on _____ 2015)

S.M.Turobjonov

Chairman of scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences D.T.S., professor

A.S.Ibodullaev

Scientific secretary of scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences D.T.S., professor

Y.K. Kadirov

Chairman of scientific seminar under scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences, D.T.S., professor

Introduction (annotation of doctor dissertation)

Urgency and relevance of dissertation topic. Today, all over the world to the highest level raised agriculture, food production and ensuring its security.

In recent years, a number of activities to create added value by organizing and processing of agricultural products achieved high economic efficiency through the use of new technologies.

Drying is one of the most common ways of processing agricultural products grown. There is a steady increase in demand for dried vegetable ingredients are widely used in cooking. Production of dried foods with high nutritional value, containing large amounts of vitamins, carbohydrates and rich in minerals with minimal destructurized biological components has become an urgent task of today.

In the course of solving this problem arose the need for a resource-saving drying technology, providing the output of interior ha-quality products. Technology development of dry products associated with the implementation of methods of drying in two stages, the use of electro-magnetic fields, infrared and microwave ranges of energy supply.

This research work is performed in accordance with regulations President of the Republic of Uzbekistan № PP-1072 «About measures for implementation of important projects on modernization, technical and technological reequipment of production for 2009-2015», adopted on 12 March 2009 № PP-1633 «On measures to further improve the management of the organization and development of the food industry, laziness Republic in 2012-2015», adopted on 31 October 2011.

Accordance of research with priority areas of science and technologies of the Republic of Uzbekistan. This work was performed in accordance with the priority areas of Science and Technology of the Republic of Uzbekistan GTIN-6 - "Development of resource-saving, environmentally sound technologies of production, processing, storage, use of mineral resources of the republic syrevyh, waste products and the chemical, food, light industry and agriculture" on of 2009-2011.

Review of international researches on dissertation topic. Research on technology of drying of ingredients used in cooking, are made in many research centers and educational institutions of the world, including the University of Illinois (USA), University of Greenwich (UK), Italian Culinary Institute (Italy), Institute of Agricultural engineering (Germany), Institute of Chemical technology (France), the Kemerovo Institute of food Technology (Russia), Canadian Institute of food science and technology (Canada), Swedish Institute of Food and biotechnology (Sweden).

The direction of research worldwide in recent years, including the Wageningy University (Netherlands) at the first stage of drying vegetables applied treatment antenna beam and main drying is performed in the electromagnetic field of the microwave range; according to the researchers Graz University of Technology (Austria) it is advisable to carry out the drying in the range of low

frequencies and long wavelengths fluctuations; employees of National University of Food Technologies (Ukraine) and the Panjab University (Pakistan), are supporters of the pre-treatment of raw materials in the electromagnetic fields of different frequency bands, and the final drying convective method.

Today, intensive research to develop Energy saving drying-saving technologies, ensuring the safety of sensitive native components present in the composition of agricultural products.

Degree of study of problem. In the scientific literature there are scientific data obtained Z. Salimov, R. Rakhimov, A. Safarov, H. Juraev and others. They have their studies drying fruit in thermoradiative way to learn the effect of IR rays on the object to identify the best drying distance and wavelength between lamp and dried materials. In addition to the works of scientists shows the effect of pretreatment of raw sugar syrup with different concentration on quality during the drying of the product. The literature includes views that the effective way to thermo radiation drying, and in the manufacture of convection prevails, as It believed that thermo radiation drying method has not been studied and used in producing rare.

The research scientists of the USA and Europe (Lenart A., Cerkowniak M., Lazarides H., Katsanides E., Nicolaidis A., Peter J) thermo radiation automated method of drying vegetables for canning filler questions of computer control drying, the first stage of a two-stage process drying used ultrasonic vibrations, achieved effective results. But in the first stage of drying are not applied electrical methods with high heat flux.

Russian scientists (A. Ginsburg, A. Lykov V. Krasnikov, S. Ilyasov, V. Karpov, S. Lebedev) proved that when drying with IR energy supply improves the quality of finished products. However, their single-stage drying method was investigated, which is a long, limits a reduction in energy consumption.

The effectiveness of energy supply in the form of electromagnetic fields IR pre-treatment of the material is to obtain a product with optimal composition of active substance in it at minimum power consumption and is an important scientific problem of drying of agricultural products, the solution of which should include the concept of choice and rational justification modes IR energy supply.

Pretreatment drying object provides a new, more intensive regimens of the drying process and improved properties of the finished product, as it can improve the drying rate, reduce the amount of residual moisture, which is associated with changes in physical-chemical properties of the moisture in the vegetables before the main drying process.

Connection of dissertational research with the plans of scientific-research works. The work is done in accordance with the GTIN SCST Uzbekistan in "Development of resource, environmentally sound technologies for the production of chemical products and foodstuffs", code 19.4, state registration № 01.97.0006056 . It is included in the coordinated plan of scientific research of the Tashkent Institute of chemical technology, 2005-2015.

Purpose of research is reducing energy costs and improving the quality of the finished product when drying components culinary products.

Tasks of research:

experimental study of the effect of selected methods for provisional treatment-IR, Microwave and IR-Microwave on the length of the IR-vacuum drying of vegetables;

selection of the optimal preprocessing of vegetables;

selection of the optimal thermal vacuum drying when changing power IR lamps and heat flux densities;

study of the influence of heat treatment on the regimes of some components of solids and organoleptic characteristics of drying;

study of the kinetics of a cascade of drying;

choice of duration of pretreatment of vegetables for maximum intensity of drying;

calculation of the economic performance of a cascade of drying.

creation of technological equipment and regulations;

Object of research are the components of culinary products - potatoes, carrots, onions with their characteristic physical and mechanical characteristics.

Subject of research - the cascade drying options: IR - IR Waku-smart, microwave - vacuum IR and IR-RF - IR vacuum drying vegetables.

Methods of research. Physico-chemical, infrared spectroscopy, mathematical modeling.

Scientific novelty of the dissertation research:

the influence of the characteristic methods preliminary temporary short-IR, microwave and infrared microwave process affecting the structure of the object of drying, the state of moisture in the product, its removal during the vacuum infrared drying;

describes a mechanism for focusing the emitted energy of the IR spectrum, pulsed radiation, the magnitude of its length and density, analytical study of the emissivity of the IR emitter in relation dried vegetables, disclosed cyclical energy transformations, the mechanism of ejection pulse energy and maximize the efficiency of the process, the range of the emitted waves and effects including sterilizing at drying vegetables;

formalized mathematical relationship between exposure periods, and breaks through the diffusion coefficient as a result of studies of the effect of temperature gradient and redirect moisture evaporation of moisture due to accumulated heat during pulse heating with simultaneous cooling of the material, thus the redistribution of moisture present in the centre of the specimen in the periphery;

determined by the temperature and the length of vacuum infrared drying vegetables, the limiting factor is the activity in the water;

substantiated role increase osmotically bound moisture sample to establish limits on the length of the period of drying at a constant high speed;

the mechanism of stimulation of the drying process by entering the pre-treatment facility and a cascade of drying.

Practical results of research consist in the following:

expediency find acceptable drying methods and develop constructive

recommendations for the rational organization of the process of drying potatoes, carrots and onions;

pre-processing are proposed and their optimal regimes, established installation of drying facility with pre-treatment;

obtained experimental confirmation accelerate vacuum infrared drying (shortening process) when applying the pre-treatment, namely short IR pre-treatment delayed compared to convection;

formalized optimal parameters and modes of pre-treatments of dried objects;

experimentally confirmed reduction of losses of vitamins and sugars;

optimal parameters and modes IR vacuum drying;

the principle of the proposed pilot plant drying.

Reliability of obtained results is proved that experimental results received, processed using sophisticated computer programs MATLAB 6.5, STATISTICA 6.0 operating environment of Windows XP, Microsoft Excel and statistical mathematical models obtained adequate real process.

Theoretical and practical value of results of research.

expediency of finding acceptable ways of drying and making constructive recommendations for the rational organization of the process of drying the potatoes, carrots and onion;

pre-processing are proposed and their optimal regimes, established installation of drying facility with pre-treatment;

received experimental confirmation accelerate drying with the use of preliminary processing, namely of brief IR pre-processing with the excerpt;

optimum parameters and modes formalized preliminary treatments of the drying facilities;

the optimum parameters and modes of infrared vacuum drying;

found 3-4x reduction process with vacuum infrared drying, compared to convection;

proposed principle commercial drying.

Realization of results. Created a technological system of short-term electrophysical processing of foods (potatoes, carrots, onions), which developed incorporated TI: 64-23425050-03:2014 and registered at No. 745/1, 14.11.2014. Results on the use of preliminary thermal processing drying is implemented at the production companies of the Association of food industry enterprises of Uzbekistan: FE LLC "Turakurgan Derinlik agro" (act number 14-22 July 12, 2014); LLC "TOOLPAPER", (act number 38/1 dated 12 June 2014); GOLD DRIED FRUITS (act number 14 of 20 August 2014) (statement of the Association of food industry enterprises of Uzbekistan AP/13-1330 from 16 June 2015) and annual net economic effect amounted to more than 350 million soums.

Approbation of work. Results of the study were presented at more than 20 scientific and technical conferences, including 9 international: "Modern problems of mathematical modeling and computation-inflammatory methods" (Ukraine, Kiev, 2013); International Scientific Forum "Food innovation and biotechnology" (Russia, Kemerovo, 2013); «European Science and technology» (Germany,

Wiesbaden, 2012); «IV of the All-Russian conference on chemical technology with the international participation» (Russia, Moscow, 2012); III-international research and practice conference «Science, Technology and Higher Education» (Canada, Westwood, 2013); III International conference on «Chemistry and chemical technology» (Armenia, Yerevan, 2013); IV–international research and practice conference «Science and Education» (Germany, Munich 2013); Dynamical system modeling and stability investigation(Ukraine, Kiev, 2013).

Publication of results. On the topic of the dissertation published 33 scientific papers, including 1 monograph and 8 scientific journals in international journals.

Structure and volume of dissertation. Dissertation is consisted of introduction, five chapters, conclusion, bibliography and 26 appendices, contents 198 text pages and includes 35 figures, 36 tables.

Main contents of dissertation

In the introduction substantiates the topicality and relevance of the topic thesis formulated goals and objectives, as well as the object and purpose of the research is aligned research priority areas of science and technology of the Republic of Uzbekistan, scientific novelty and practical outlines the results of the study, is based on the reliability of the results obtained, disclosed the theoretical and practical importance of the results obtained, is a list of implementations in practice the results of the study, information on published work and the structure of the thesis.

In the first chapter of the dissertation «**The study of influence of pre-treatment facilities in the drying process. Forms processing means**» analyzed the status and trends of the theory and technique of the drying process, systematized information on the technological properties of vegetables like drying facilities. The results of studies of the drying process, methods and apparatus for drying fruit crops. On the basis of calculating the level of the integrity and stability of the systems is determined lowly area of processing of fruit crops. This chapter is an overview and staging in nature and aimed at creating the basic concept of the study.

In the second chapter «**Research projects, conditions installation and procedure**» of the accumulated information on the methods and tools of the pilot studies, the results of studies of properties of vegetables as a drying and preliminary treatments are reflected savings of optical spectral and mass transfer characteristics of the product, analyzed the new properties achieved by pre-processing.

Substantiated research priority of radiation and heating temperature of the radiator. A special role is assigned to the analytical study of the degree of blackness, i.e. economical heating associated with the degree of radiation (black). Found that high effect will be achieved when will take into account the spectral

characteristics of the IR emitter, as the degree of radiation and heating temperature of the radiator.

Classical electromagnetic theory proves that the two infrared radiators at the same temperature will act very differently.

According to the classical electromagnetic theory emissivity IR emitters can be calculated with the help of their electrical properties.

Integral emissivity determined by the following formula:

$$\epsilon_n (T) = 0,0347 \cdot \sqrt{r_{e,273} \cdot T}, \quad (1)$$

where $r_{e, 273}$ -resistivity at 273 k (0° c), Ohm-cm; T is the temperature in Kelvin.

Thus, both the spectral and integral emissivity depends on the resistivity of the emitter material. The greater the resistivity of the material, the higher the figures. Integral emissivity also depends on the temperature of the heating plant.

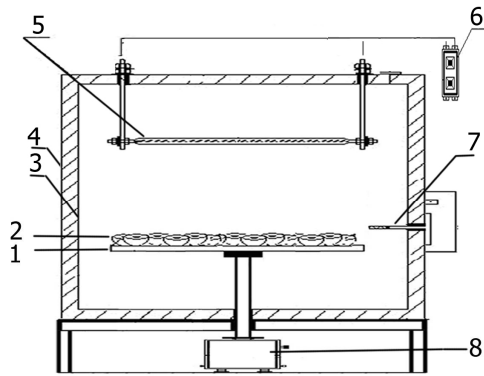
When used as heating bodies for the radiation source material with a low specific electrical resistance and hence a low degree of blackness, in the heat treatment plants unnecessary energy losses occur. To bodies glow, providing high radiative properties include various ceramic emitters, transducers, made on the basis of porcelain, film semiconductor emitters, etc.

The results of these studies for the implementation of operations selected drying electric heating elements of the new generation - pulse ceramic transducers radiation.

Also disclosed are focusing mechanism of the IR spectrum of the radiated energy, pulsed radiation, the magnitude of its length and density, as well as the cyclical nature of energy transformations, the mechanism of ejection pulse energy and maximize the efficiency of the process.

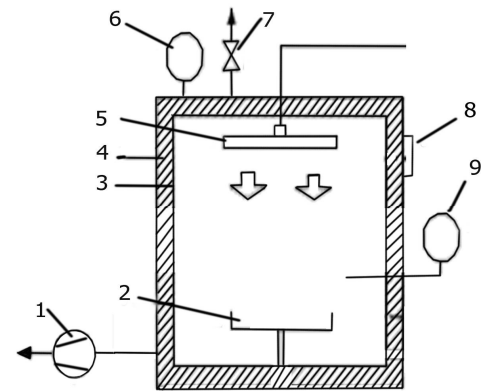
The mathematical relationship between the periods disclosed exposure and breaks through the diffusion coefficient, formulated a mathematical expression cycle time. It consists of the impact of temperature and moisture gradient redirection in evaporation due to accumulated when the pulse heating of heat with the simultaneous cooling of the material, the moisture redistribution in the centre of the sample in the periphery. Presented experimental results of heat treatment process parameters of potatoes, carrots and onion. Using the theories underlying the nomograph, which defines effective modes of discontinuous infrared radiation in heat treatment processes of vegetables. Comparative analysis of the results obtained with the theoretical terms of quantum mechanics, proved adequacy of the results.

Diagrams of installations for the pre-treatment of samples in the infrared range of the electromagnetic field (fig. 1) and IR-vacuum drying (fig. 2).



1-pan; 2-treated material; 4-the working chamber; 3-reflector of aluminium foil; 4- body; 5-IR-lamp; 6-shield to connect installation; 7-sensor; 8-scales.

Fig. 2: experimental setup for preliminary processing of vegetables



1-vacuum pump; 2-tray for vegetables; 3- reflector of aluminium foil; 4-heat-insulation; 5-IR-lamp; 6-vacuum gauge; 7-valve for air; 8-temperature sensor (thermocouple HC); 9- pressure thermometer.

Fig. 3. Diagram of the lab setup infrared vacuum drying

The third chapter of the dissertation «**The theoretical justification mode of IR vacuum drying vegetables**» is devoted to the optimization of process parameters of IR-vacuum drying, by obtaining the statistical mathematical models:

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{12} x_1 x_2 + B_{13} x_1 x_3 + B_{23} x_2 x_3 + B_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (2)$$

It includes a general view of the regression equations (2) and separate regression equation for potatoes, carrots and onions (3-5). Verified the correctness of equations through the definition of standard deviation of results.

$$y_{(\text{potatoes})} = 1,53 - 0,408x_1 + 0,57x_2 - 0,47x_3 - 0,24x_1x_2 - 0,01x_1x_3 - 0,58x_2x_3 + 0,34x_1x_2x_3 \quad (3)$$

$$y_{(\text{carrots})} = 1,93 - 0,5x_1 + 0,81x_2 - 0,71x_3 - 0,3x_1x_2 + 0,05x_1x_3 - 0,75x_2x_3 + 0,3x_1x_2x_3 \quad (4)$$

$$y_{(\text{onion})} = 2,99 - 0,68x_1 - 1,47x_2 - 0,51x_3 - 0,31x_1x_2 - 0,15x_1x_3 + 0,49x_2x_3 - 0,15x_1x_2x_3 \quad (5)$$

Our studies have shown that the duration of the drying process of vegetables and output quality of the finished product has an effect pre-treatment of raw materials in the electromagnetic field of infrared and heat flux.

The system of equations (6-14) is a statistical model of the process of IR-vacuum drying with pre-processing in the electromagnetic field of the infrared range.

For the potatoes:

$$W_{KP} = 55,18 - 2,81 \cdot x_1 + 0,56 \cdot x_2 + 1,56 \cdot x_3 - 0,94 \cdot x_1x_2 + 0,06 \cdot x_1x_3 - 0,31 \cdot x_2x_3 - 2,68 \cdot x_1x_2x_3 \quad (6)$$

$$N = 0,28 - 0,035 \cdot x_1 - 0,025 \cdot x_2 - 0,08 \cdot x_3 + 0,025 \cdot x_1x_2 + 0,017 \cdot x_1x_3 + 0,17 \cdot x_2x_3 - 0,007 \cdot x_1x_2x_3 \quad (7)$$

$$K = 0,127 - 0,048 \cdot x_1 - 0,026 \cdot x_2 - 0,028 \cdot x_3 - 0,017 \cdot x_1x_2 - 0,006 \cdot x_1x_3 + 0,01 \cdot x_2x_3 + 0,05 \cdot x_1x_2x_3. \quad (8)$$

Carrot:

$$W_{KP} = 43,37 + 0,87 \cdot x_1 + 1,87 \cdot x_2 - 3,37 \cdot x_3 - 0,125 \cdot x_1x_2 + 2,5 \cdot x_1x_3 - 4,37 \cdot x_2x_3 + 0,625 \cdot x_1x_2x_3 \quad (9)$$

$$N = 1,24 + 0,063 \cdot x_1 - 0,01 \cdot x_2 - 0,038 \cdot x_3 - 0,11 \cdot x_1 x_2 - 0,04 \cdot x_1 x_3 + 0,05 \cdot x_2 x_3 - 0,008 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (10)$$

$$K = 0,164 - 0,064 \cdot x_1 - 0,036 \cdot x_2 + 0,004 \cdot x_3 + 0,015 \cdot x_1 x_2 + 0,028 \cdot x_1 x_3 - 0,1 \cdot x_2 x_3 + 0,02 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (11)$$

For onions:

$$W_{kr} = 63,13 - 5,5 \cdot x_1 - 4,63 \cdot x_2 + 1,76 \cdot x_3 - 0,48 \cdot x_1 x_2 - 0,38 \cdot x_1 x_3 + 1,74 \cdot x_2 x_3 - 0,39 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (12)$$

$$N = 0,86 + 0,18 \cdot x_1 + 0,13 \cdot x_2 + 0,012 \cdot x_3 + 0,1 \cdot x_1 x_2 - 0,02 \cdot x_1 x_3 - 0,01 \cdot x_2 x_3 - 0,05 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (13)$$

$$K = 0,075 + 0,007 \cdot x_1 - 0,03 \cdot x_2 - 0,024 \cdot x_3 - 0,008 \cdot x_1 x_2 + 0,015 \cdot x_1 x_3 + 0,01 \cdot x_2 x_3 - 0,01 \cdot x_1 x_2 x_3 \quad (14)$$

Obtained according to adequately describe the process of IR vacuum drying vegetables and allow to calculate the value of the drying rate N, drying coefficient K and the critical moisture content of the sample W_{kr} , with an error of up to 5% in the range of variation of the process parameters under which the study was conducted.

Fig. 3 shows the experimental curves of changes in humidity of the sample of potato at temperatures of 50, 60 and 70 °C, the main factor determining the duration and temperature of drying is the water activity, which decrease to values of 0.3 and below indicates minimize the amount of moisture (Fig. 4). For the same conditions obtained curves of changes in humidity and water activity of carrot and onion.

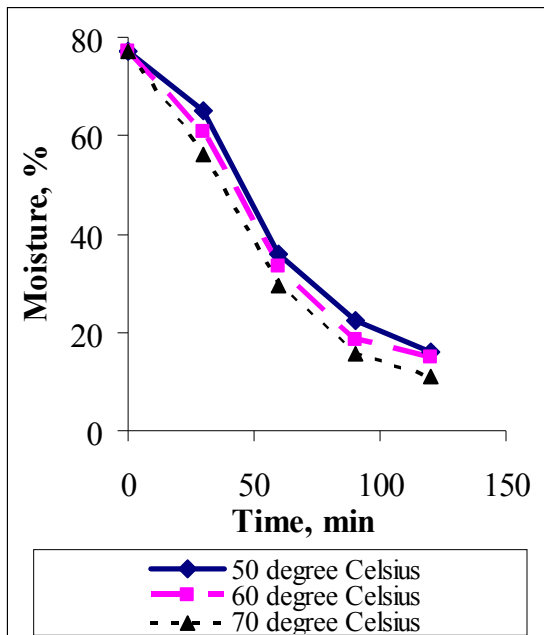


Fig. 3. The dependence of moisture drying potato sample temperature infrared vacuum drying process

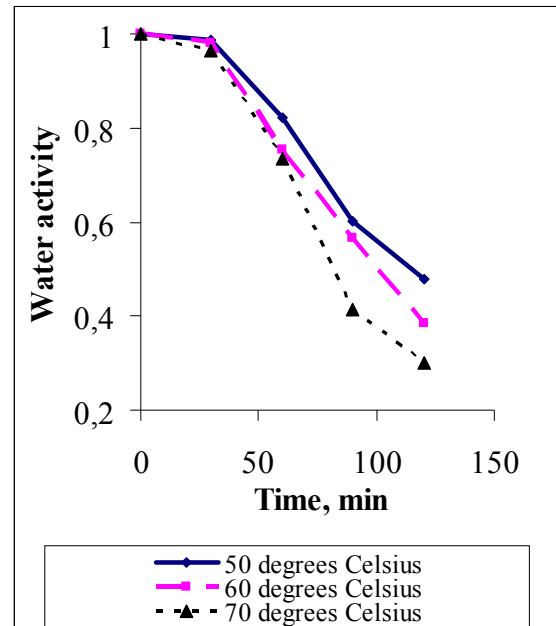


Fig. 4. Dependence of the activity of water in a dried sample of potato from the process temperature vacuum drying IR

It was also found that increasing the proportion of osmotic ally bound water in the sample limits the duration of the drying period at a constant speed. Thus, the use of vacuum infrared drying reduces the duration of the process. Samples vegetables, dried under vacuum infrared drying, superior to similar articles subjected to convection drying.

Experiments show the influence of the temperature vacuum drying for the infrared physical and chemical indicators of potatoes, carrots and onion, are analyses of samples of dried material (fig. 5-7).

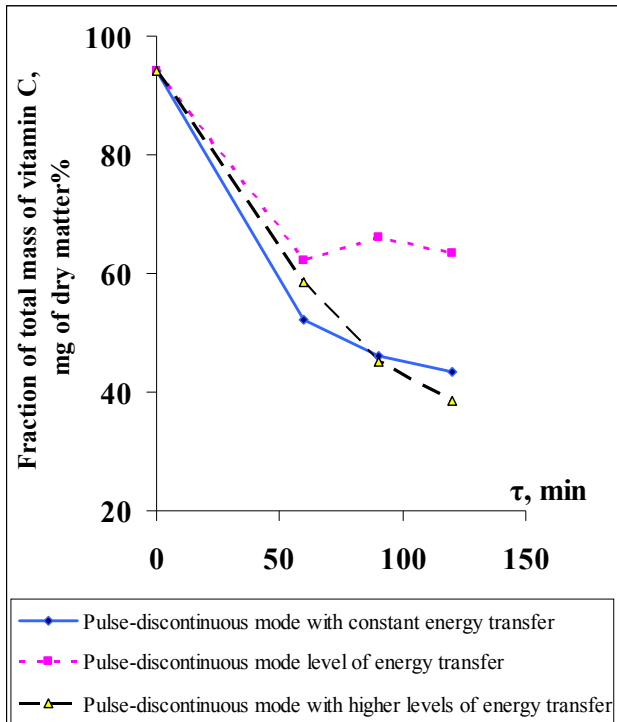


Fig. 5. The dependence of the residual content of vitamin C in potatoes from the pulse of discontinuous thermal energy transfer and drying time

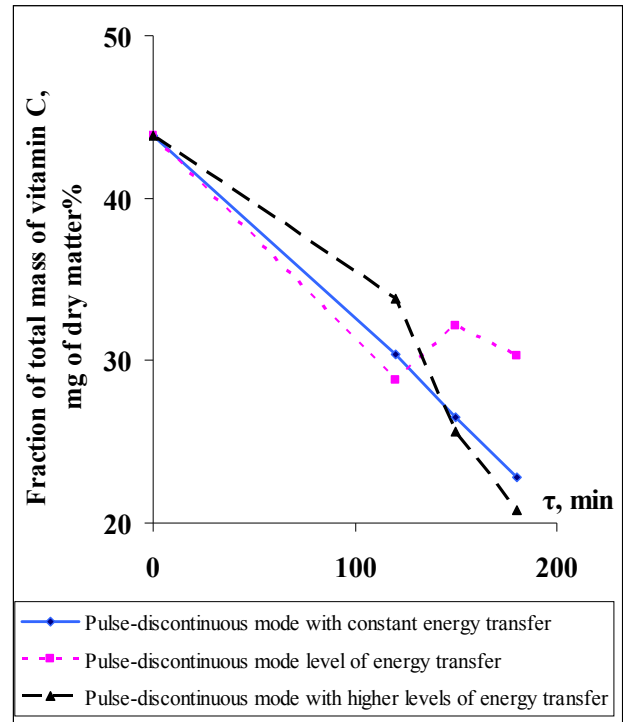


Fig. 6. The dependence of vitamin C in carrots from the pulse of discontinuous thermal energy transfer and drying time

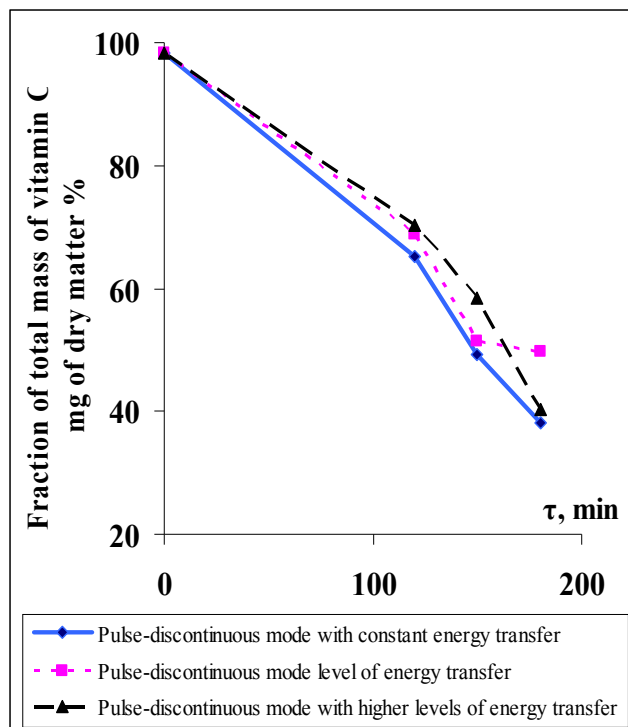


Fig. 7. The dependence of vitamin C in onions from the pulse of discontinuous thermal energy transfer and drying time

In pulse-intermittent drying mode with lowering of the energy source in each subsequent cycle found that the vitamin C content in potatoes, carrots and onions are respectively 63.5; 30.26 and 49.74 mg%, sugar 52.5; 52.5 and 72.5% at the required residual moisture content of 9.88; 13.86 and 13.51%. The other two modes IR energy supply for drying potatoes, carrots and onions to a moisture content of 10-14% will require more time: with a constant level of energy supply - 185 min - vitamin C - 43.5; 22.8 and 38.1 mg%, sugar - 45.2; 45.2 and 65.2%, with a high level of energy supply - 185 min - vitamin C - 38.5; 20.8 and 40.3 mg%, sugar - 46.1; 47.6 and 67.6%.

Analysis of the curves of drying vegetables in comparable conditions confirms that the highest efficiency is pulsed discontinuous mode with decreasing levels of energy supply in each subsequent cycle. When removing moisture from the potato W_1 -77,3% to W_2 -9,88%, carrots with W_1 -88,4% to W_2 -13,86%, and onion with W_1 -90,3% to W_2 -13, 51%, the process is placed in the 120-180 *min*.

Table 1

**The results of experimental research on drying potatoes
with pulse-discontinuous IR energy transfer**

View vegetables	View experiment	W_H , % initial humidity	W_K , % final moisture	The content of vitamin C of dry matter, mg%	Contents sugar, %	Specific gravity consumption energy, kW*h/kg
Potatoes	with the permanent rate of energy transfer	77,3	11,8	43,5	45,2	1,3
	with fall the level of energy supplies	77,3	9,88	63,5	52,5	1,2
	with increased the level of energy supplies	77,3	9,8	38,5	46,1	1,5
Carrot	with the permanent rate of energy transfer	88,4	13,4	22,8	45,2	1,3
	with fall the level of energy supplies	88,4	13,86	30,26	52,5	1,2
	with increased the level of energy supplies	88,4	12,9	20,8	47,6	1,5
Onion	with the permanent rate of energy transfer	90,3	14	38,1	65,2	1,3
	with fall the level of energy supplies	90,3	13,51	49,74	72,5	1,2
	with increased the level of energy supplies	90,3	12,4	40,3	67,6	1,5

Demonstrated that rapid removal of moisture macro and microvessel and most adsorption of moisture affects the organoleptic properties of the dried sample.

Compared positive and negative effects of drying at temperatures of 50, 60, 70°C, and found that the mechanical properties deteriorate and organoleptic characteristics of the dried material.

The results of experimental research on the effect of pulse-discontinuous IR energy supplies to the process of drying vegetables are given in table 1.

The data indicate that in the process of drying at low temperatures (up to 60°C) maintaining vitamin c close to the source material, but the sugar content is low. In the process of caramelization of carbohydrates when the process temperature exceeds 70°C, the reverse occurs, high sugar content and low vitamin c content. From the low-temperature regimes more appropriate use of IR preryvny control mode heating with a low level of energy transfer in each subsequent cycle. Studies have shown that the quality of the vegetables, dried in IR systems meet the requirements of the current regulatory and technical documentation.

Depending on the selected mode or function of IR-heating dry vegetables have different quantitative and qualitative composition of substances. The finished product is characterized by high biological and energetic value that creates favourable conditions to use dried vegetables for medicinal and food uses.

The fourth chapter of the dissertation «**The experimental part. Effect IR, microwave and infrared microwave pretreatments for the drying process. IR-vacuum drying**» deals with the process of drying vegetables in conditions close to the industry. Made experimental setup, confirmed that, in the application of the pre-treatment process of drying is faster, and it is of brief IR pre-treatment with an excerpt, the ultimate moisture samples are minimal.

Figure 8-10 graphically depicts the dependency changes of moisture in samples of vegetables. Residual moisture content in dried samples of vegetables using their pre-processing in an electromagnetic field of IR, microwave and IR-microwave ranges, with the IR-vacuum drying within 2-3 hours are listed in table 2.

Table 2

Residual moisture in the dried vegetables samples with infrared vacuum drying

Drying method	Method of preprocessing	The ultimate moisture by drying a product		
		Potatoes	Carrot	Onion
Infrared vacuum drying	Without pretreatment	14,96	20,51	32,87
	IR	9,86	12,22	12,50
	Microwave	13,88	13,97	24,54
	IR-Microwave	12,87	13,52	14,54

The results show that is the most appropriate pre-treatment of samples in the infrared range of the electromagnetic field.

In fig. 11-13 shows plots of the kinetics of drying: drying speed changes depending on samples of potatoes, carrots and onions from the moisture in the material at a temperature of 60°C in the drying chamber for vacuum drying IR without pretreatment and drying methods using all three of the species pretreatment.

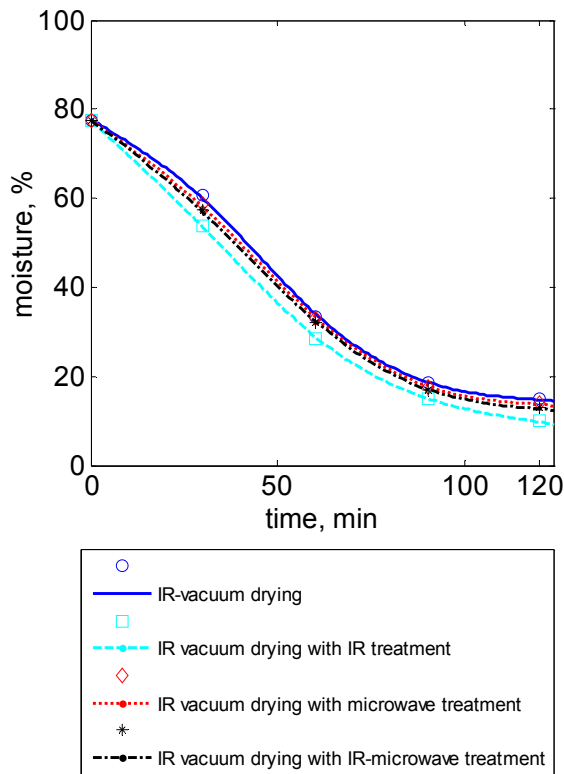


Fig. 8. Graphs change of moisture content on the drying time in samples of potato

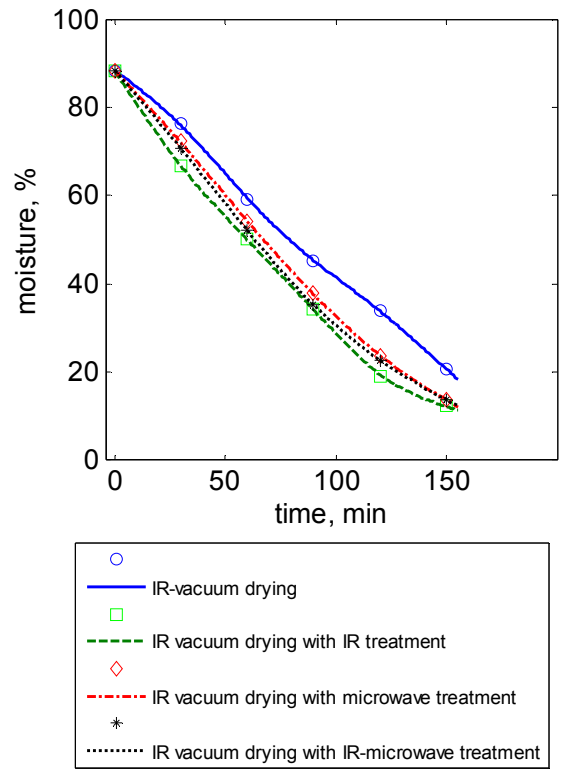


Fig. 9. Graphs change of moisture content on the drying time carrot samples

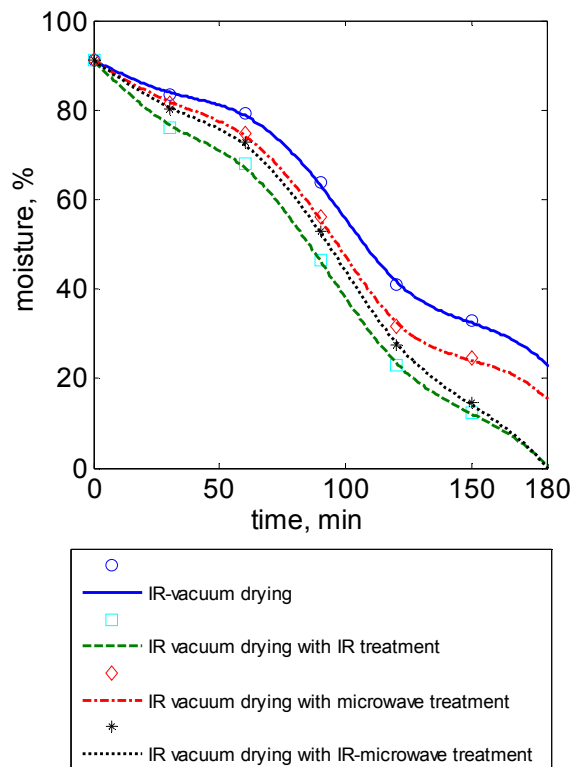


Fig. 10. Graphs of moisture content changes over time drying the samples onion

The experimental data were designed to study the kinetics of drying on Fick's diffusion model with boundary conditions of the first kind shows that

integrerirovannye per weight drying cycle ratios of the diffusion coefficient of moisture to the square of the particle size determines the order of $0,003 \text{ min}^{-1}$.

Processing drying curves using diffusion models with boundary conditions of the third kind convincing evidence (Bio coefficient values around 0.1) the transition process from the traditional intradiffusion by the external shape of the flow in the application of the test thermoradiation options drying technology.

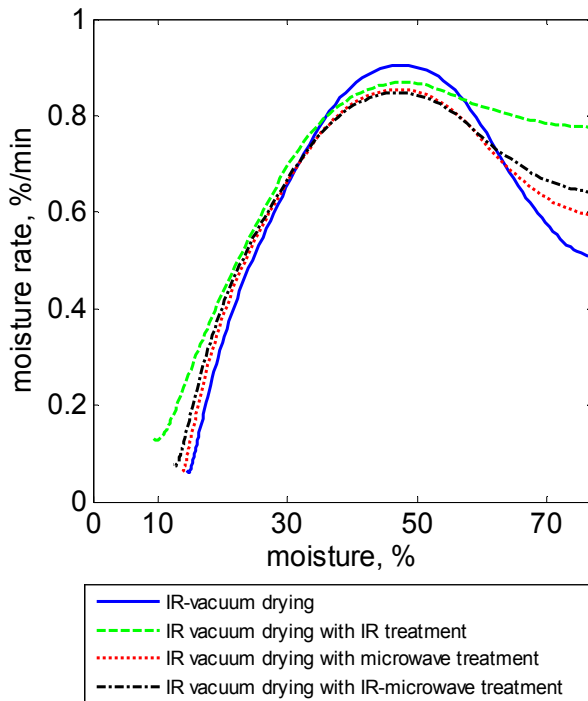


Fig. 11. The dependence of the rate of drying of moisture in samples of potato

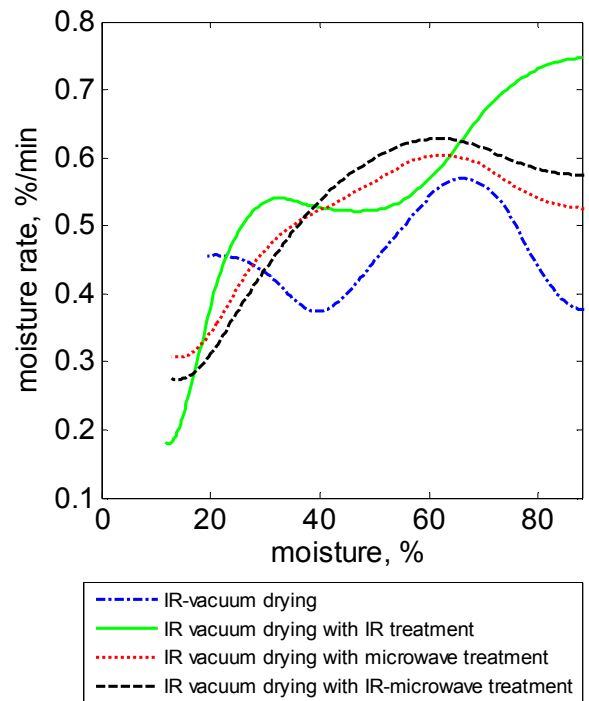


Fig. 12. The dependence of the rate of drying of moisture in samples of carrot

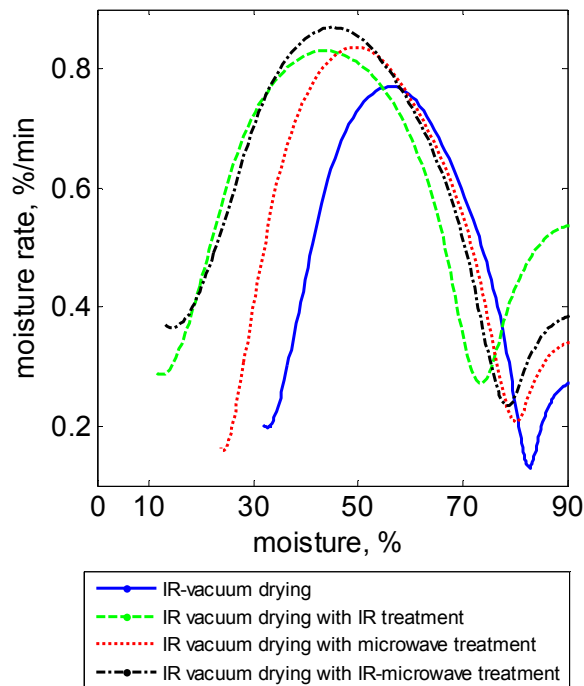


Fig. 13. The dependence of the rate of drying of moisture in samples of onion

It is seen that for an adequate account of features of the kinetics during the detailed synthesis and semi-industrial plants need to attract co-occurrence model heat and mass transfer, and other phenomena. Rudeness traditional ideas of a period of constant and falling drying rate is shown in the analysis of drying curves and drying rate curves methods of spline approximation to the empirical selection parameter ratio proximity of calculated and experimental points and the smoothness of the unknown functions. Non-enzymatic sugar losses during drying are due to reactions of melanoidins and caramelization of sugars.

IR vacuum drying potato with IR pretreatment contributes to obtaining a finished product with a maximum content of starch after 2-hour drying process, which is 62.3% using the infrared and microwave microwave pretreatments, respectively is 61.6% and 61.2%, and without pretreatment 61.27%.

Dynamics loss based on the starch dry matter in the drying potato samples is shown in fig.14.

Figure 15 shows the results of research on an IR vacuum drying for 2.5 hours, the carrot without pretreatment, as well as IR, microwave, infrared microwave pretreatment. In samples of dried carrots highest concentration of sugars seen with IR pretreatment and is 55.9%.

In the pretreatment in an electromagnetic field and microwave combined infrared and microwave frequency ranges mass fractions of residual sugars are identical and are in 54.92%. When dried without pre-treatment is achieved only 43.9% of the mass fraction threshold sugars in the sample, and within 3 hours of drying is increased to 56.01%.

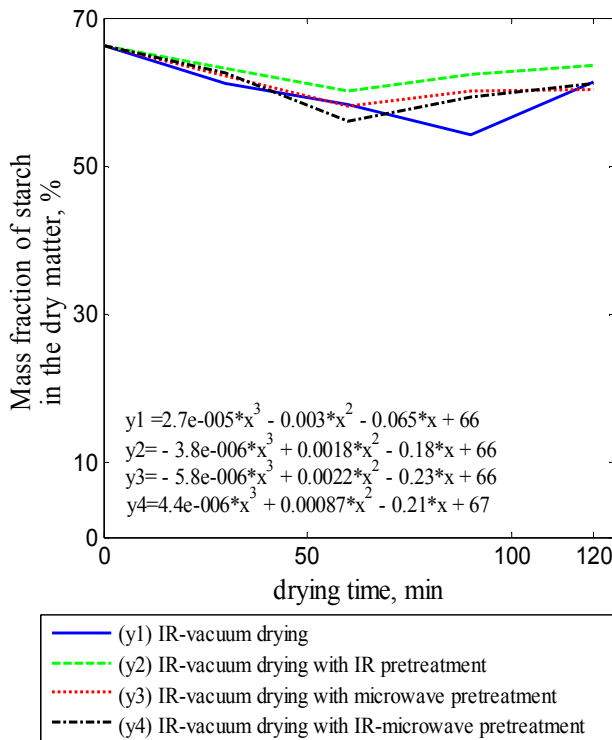


Fig. 14. Graphs of the mass fraction of the starch content in the dry matter in the samples dried potato

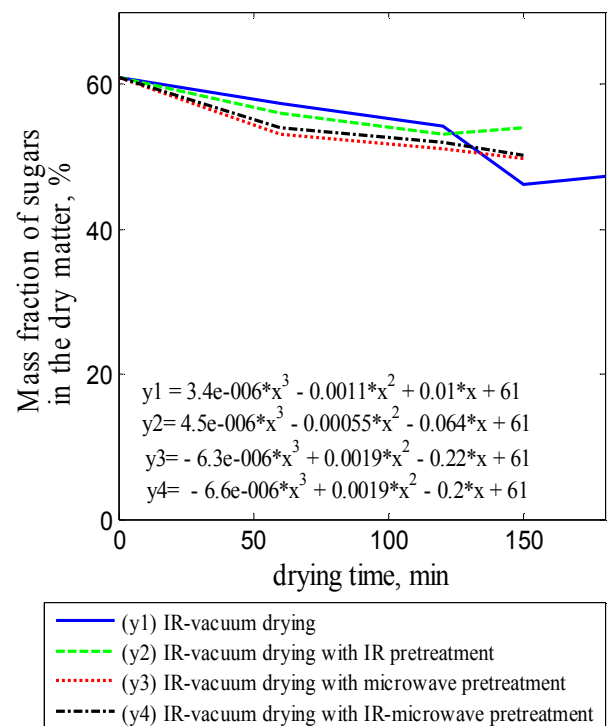


Fig. 15. The graphics changes of sugar content in the dry matter of time drying in samples of dried carrots

Shows the variation in the sugar content of dried onion samples with infrared vacuum drying pretreatment and without using all three methods discussed pretreatment for 2.5 hours, IR-vacuum drying. The graphs show that sugars have a greater concentration in the samples dried onion when applying pre-processing IC and constitute 63.37%. In the pretreatment in the electromagnetic field of the microwave and infrared-microwave bands content mass fraction of sugar and the same amount to 54.92%. When drying without pre-treatment for 2.5 hours achieved just 49.74% threshold mass fraction of sugars in a dried sample, and 3 hours increased to 65.95%.

Analyses of these experiments demonstrate that the IR vacuum drying onions with IR pretreatment reduces drying time by about 30 minutes and save energy costs.

Fig. 16 shows the behavior of the mass fraction of sugar in the dry matter of onion samples. Graphs demonstrate the loss of the sugars that are somewhat higher as compared to samples of carrot and potato.

According, the graphs it can be concluded that the lowest losses of sugars are observed in samples dried onions obtained using IR pretreatment. Also improved organoleptic characteristics of the final product as compared with vegetables.

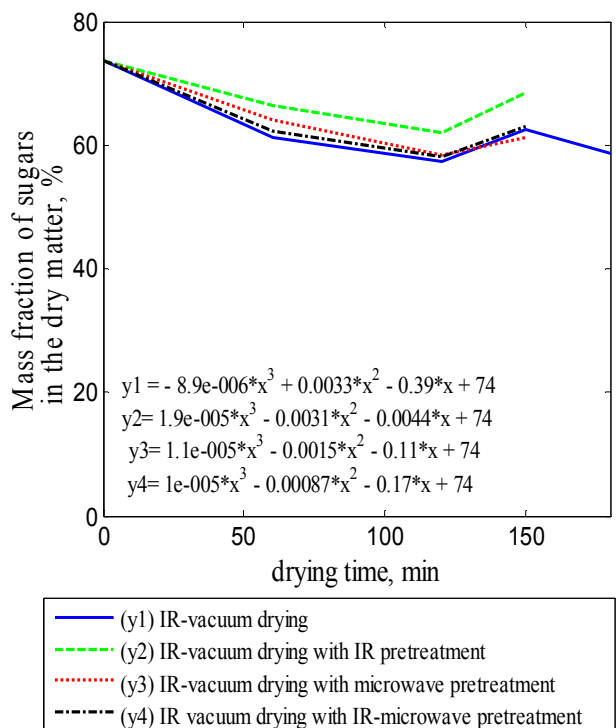


Fig. 16. Based on the content of sugar content in the dry matter of time drying in samples of dried onion

Fig. 17 is a graphical representation of quantitative changes in the character of vitamin C in the samples of dried potato IR vacuum drying without pretreatment and using all three methods considered pretreatment.

These results indicate that the Ascorbic acid content in the samples were dried potato two hour IR vacuum drying with IR pretreatment constitute 72.4 mg%

and a provisional pre-processing in the electromagnetic field of the microwave and infrared-microwave frequency ranges, respectively, 60.1 mg% and 64.2 mg% while IR-vacuum drying without pretreatment - 65.1 mg%.

Vitamin C content in the sample of dried potato received IR infrared drying vacuum pretreatment above.

Fig. 18 is a graph of the growth mass fraction of ascorbic acid in the samples of carrot drying process.

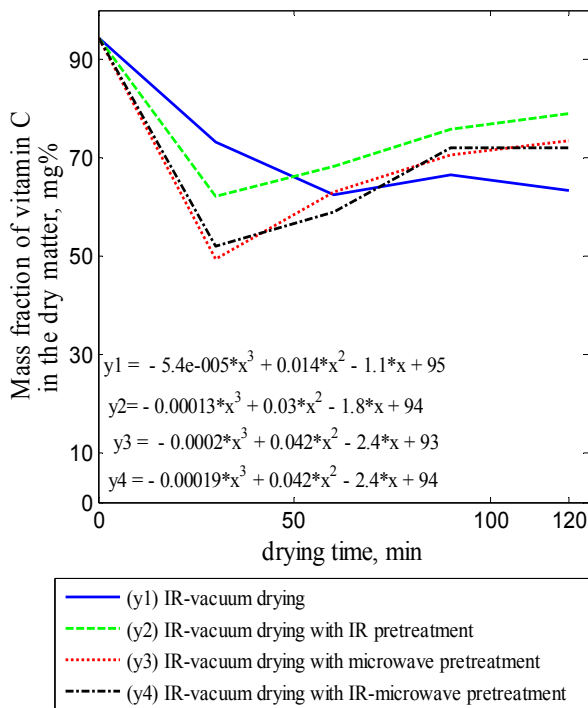


Fig. 17. Schedules of decreasing of vitamin C in a solid time of drying in samples of the dried potatoes

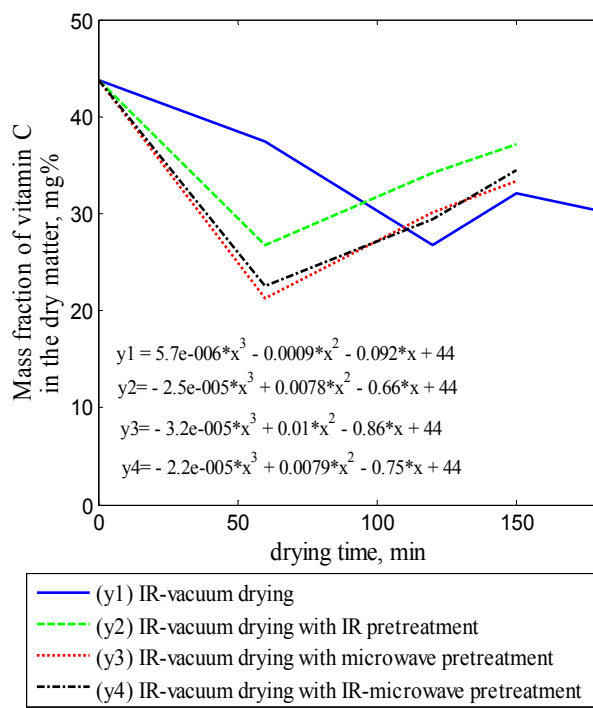


Fig. 18. The graphics changes the content of vitamin C in a solid time of drying in samples of dried carrots

The ascorbic acid in the infrared vacuum drying pre-treatment with an electromagnetic field of IR and IR ranges in the microwave for 2.5 hours, significantly greater than the recommended GOST 52622-2006 and is respectively 28.5 and 25.46 mg%, and a preliminary processing in the electromagnetic field of microwave proportion of vitamin C only reaches 23.6 mg% at 10 mg%. While IR-vacuum drying without pre-treatment long period of heating is not greatly facilitates conservation of vitamin C. For 2.5 hours of drying is 22.4 mg% and for a 3 hours - 16.1 mg%.

From these graphs shown in Figs. 18 it is clear that for each drying method are temporary borders, after which ends increase in the share of vitamin C. For drying IR vacuum system with pre-treatment in an electromagnetic field infrared, microwave and infrared-microwave bands - is 2.5 hours, without pre-treatment - 3 hours. If they are exceeded, the content of ascorbic acid is reduced. This is because the increased contact surface of the product with air or oxygen, oxidation reactions leading to a quantitative loss of valuable components.

Dynamics of changes in quantitative content of ascorbic acid in dry matter, allow us to determine the loss of vitamin C in the considered methods of drying

image samples carrots. These curves can perform calculations of loss of vitamin C on the borders of the optimal time for each drying method.

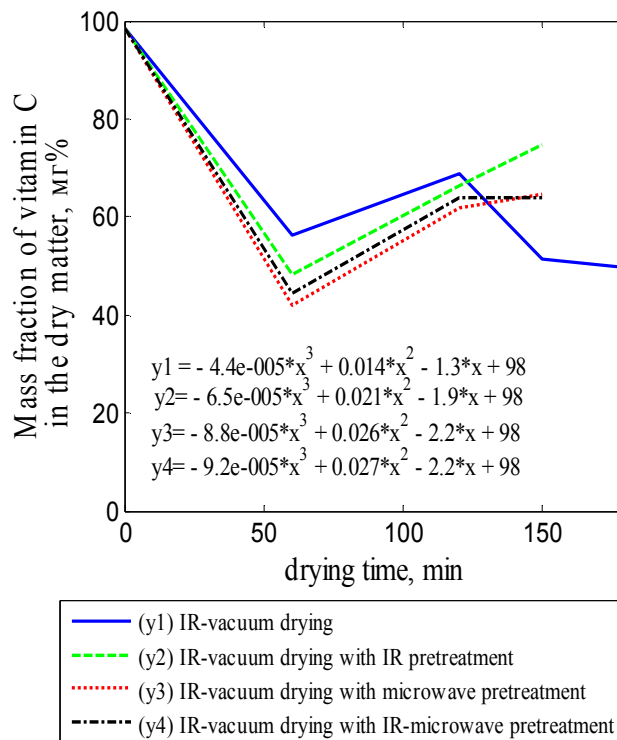


Fig. 19. The graphics changes the content of vitamin C in a solid time in drying of onion

These graphs show that the smallest loss of vitamin c are observed in samples of dried carrots, obtained after processing in an electromagnetic field of IR range before drying.

The sequence of changes in the content of vitamin C change curves indicates existence of a certain number of patterns of change in the ascorbic acid in the drying process for drying the samples selected vegetables.

Vitamin C is concentrated in the samples of dried onions and reaches the maximum value after 2.5 hours of drying - 46.8 mg% at infrared vacuum drying using IR pretreatment. It is more than that required by GOST (12.00 mg%) four times. The maximum content of ascorbic acid using microwave pretreatment of dried samples achieved within 2.5 hours, and was 40.1 mg%, with a combined pretreatment process (IR UHF) - 38.4 mg%, and without pretreatment - 42 3 mg%. Further drying bow without pretreatment for 3 hours leads to a decrease in the amount of ascorbic acid to 37.8 mg%. The advantage of the IR-vacuum drying with IR pretreatment vividly show the digital data%.

By analogy to fig. 19 shows the change of quantitative indicators vitamin C content in the dry matter in samples of dried onion in the drying process.

Based on these graphs it can be concluded that the lowest losses of vitamin C are observed in samples dried onions obtained by IR vacuum drying with IR pretreatment.

Vitamin C content in a sample of dried potatoes, carrots and onions of the IR vacuum drying with IR pre-treatment above.

The fifth chapter of the dissertation «**Implementation of the results. Economic evaluation of the effectiveness of the developed method for drying**» is devoted to the hardware design of the drying process and the analysis of economic indicators achieved in the implementation of the development.

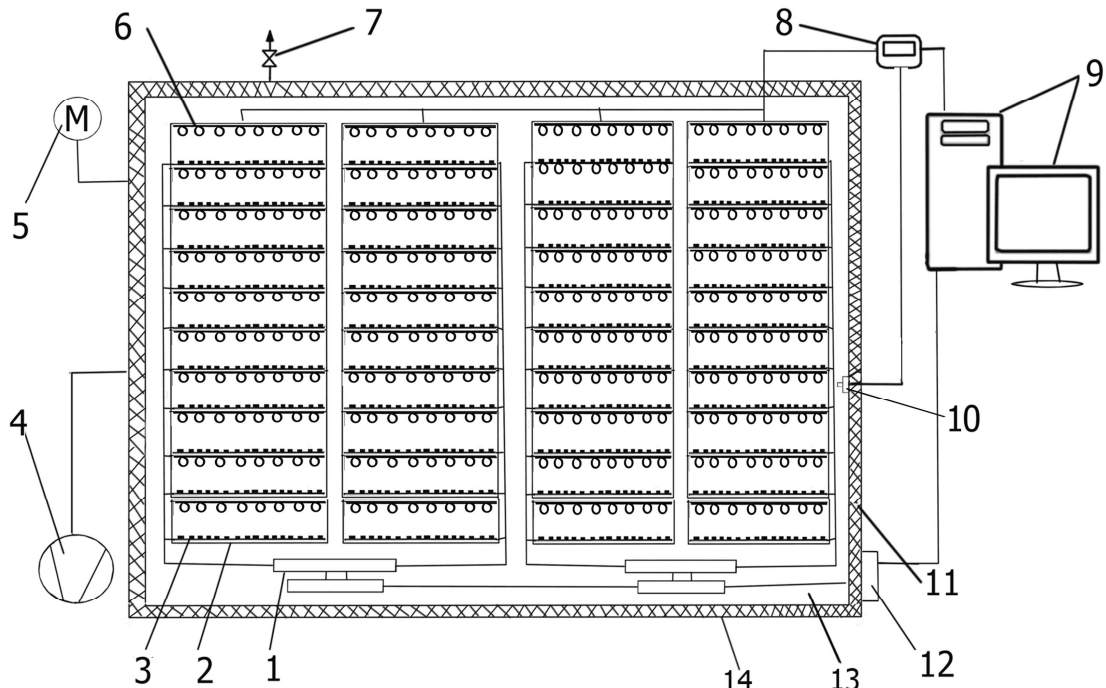
Describe a strategy for implementing the preparatory operations of each of the considered vegetables; potatoes, carrots and onions; describes how to conduct operations, modes and installation, quality control of their conduct. Particular attention is paid to the processes of cleaning, pre-heat treatment – IR, treatment sulfitation peeled vegetables, shredded.

Given a real technological scheme IR vacuum drying vegetables, which in addition to preparatory operations including drying under vacuum to infrared energy supply. The description of the semi IR vacuum plant, the appointment of its components and the procedure for inclusion in the work.

On fig. 20 is a schematic diagram of pilot plant IR vacuum drying vegetables. IR drying vacuum system consists of a metal chamber 13 isolated Foils 11 and lined with aluminium foil 14. In the cell metallic trays 2 installed for drying material 3. Each pallet has 6 IR lamps with calculation of heat flow density 1.5 kW/m^2 . The camera is equipped with a vacuum pump 4 pressure gauge 5, and drain valve 7 inlet air in the chamber when finished. Built-in scales 1 to 12 springs are used to automatically determine the residual moisture (dryness) material, and 10 gauges and charge 8 temperatures are used to implement computer control the drying process means 9. Installation work is carried out in the following order. 8 devices is operating temperature in the working chamber 13. The material obtained by means 3 is placed on pallets, pallets are 2 cameras 13. Turn on the vacuum pump 4, before reaching the vacuum level to 60 kPa (residual pressure 40 kPa) on the gauge 5. The computer is the ultimate 9 humidity drying of the material, which is used in the mathematical model of drying process in Chapter 3 of this thesis. The essence of computer process control is that a mathematical model will generate the final value of the moisture of the material, resulting in some processing time depending on the model input parameters (product type, initial moisture content of the material, the residual pressure in the working Chamber, the temperature of the process). Includes IR lamps 6 and there has been a rise in temperature by computer 9.

For achievement of the ultimate given moisture of the material, as well as the change of temperature and pressure, can be watched on your computer. If necessary, you can actively influence the progress of the drying process, for example to change the pressure in the chamber temperature. Once the pre-set humidity material infrared heaters are disabled. Removable trays are checked visually quality indicators and unloaded pallets to cool. The cycle is repeated.

A method of economic evaluation of efficiency of the developed method of infrared vacuum drying. Using a comparative analysis of three methods of drying pre-treatment: without pre-treatment with IR, microwave and infrared-microwave treatments found the scale of assessment criteria for determining weight of factors of drying.



1-built-in scales; 2-tray; 3-material obtained by means; 4-vacuum pump; 5-pressure gauge; 6-infrared lamp, 7-valve for the air in the chamber; 8-device problem temperature; 9-PC. 10 temperature sensor; 11-insulation; 12-a charge the ultimate moisture drying of the product; 13-the working chamber; 14-facing.

Fig. 20. Scheme of IR-vacuum plant for drying vegetables

Qualitative characteristics of the dried products are translated into quantifiable using these criteria. This position enabled the comparison of a pre-treatment method, the results of the calculations is the combined total score corresponding to the level of effectiveness of the methods of drying.

On the basis of expert multicriteria evaluation found the best option pretreatments. Practical recommendations for the use of technology in the canning and vegetable drying Industry.

Conclusion

1. The processes of drying designed to study the effect of different methods of exposure to moisture, and must be removed as far as possible at a low temperature in a short time and with minimal energy consumption. The characteristic IR momentary prior methods, microwave and infrared exposure to microwave drying objects, studied their influence on the state of the moisture in the product, its removal in the atmospheric and vacuum infrared drying. Due to the feasibility of finding appropriate methods of drying and to develop constructive recommendations for the rational organization of the process of drying potatoes, carrots and onions.

2. The degree of radiation and the heating temperature of the working body - the radiator, ceramic selected pulse converters. The mechanism of focusing the radiated energy of the IR spectrum, pulsed radiation, the magnitude of its length

and density. Discloses a cyclical energy conversion mechanism and a mechanism ejection pulse energy and maximize the efficiency of the process, the range of the radiated waves and effect, including sterilizing at drying vegetables.

3. Describe the effect of redirecting the temperature gradient and moisture evaporation of moisture due to accumulated under pulsed heating of heat while cooling the material, thereby redistribution of moisture at the center of the sample in the periphery. Disclosed mathematical relationship between exposure periods and breaks through the diffusion coefficient.

4. The features of the mechanism of action of electromagnetic fields IR samples were dried in the product, reducing the operating temperature of the evaporation of moisture of up to 50°C.

5. It was established experimentally that in studies of pulsed-mode continuous drying with decreasing levels of energy supply in each subsequent cycle of the vitamin C content in potatoes, carrots and onions are respectively 63.5; 30.26 and 49.74 mg%, sugar 52.5; 52.5 and 72.5%. For the other two modes IR energy supply when drying potatoes, carrots and onions to a moisture content of 10-14% time spent increased by 7%.

6. It is confirmed that the application of pre-cal elektrofizi (infrared, microwave) treating the drying process is accelerated, especially in the short-term IR pre-treatment delayed, the final moisture content of the sample was 9.88% of potatoes, carrots - 8.83%, onion - 12.4%. When using the microwave processing final moisture of the sample is 13.9% of potatoes, carrots - 9.2%, onion - 11.4%. When using a combined infrared microwave - final moisture content of the sample processing potatoes is 12.9%, carrots - 9.8%, onion - 14.08%.

7. IR vacuum drying IR pretreatment reduces drying time of about 30 minutes and reduces temperature of from 65 to 50°C, thereby saving energy costs.

8. Based on the results of laboratory studies, experimental and industrial test developed technological scheme of the primary dried vegetable ingredients, compiled the material balance. The potatoes subjected to experiments (grade «Santa»), carrots (grade «shantane») and onions (grade «karatal») residual amount of sugar increased by 20%, and vitamin C by 13%. Due to improvement of the grade of the finished product at the enterprises «GOLD DRIED FRUITS» and «TOOL PAPER» settlement annual economic effect will be 305.3 million sums on enterprise-yatii SP LLC "Turakurgan Shirinlik Agro" actual effect was 101.5 million with an annual sum the development of 200 tons of dehydrated vegetables.

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works

I бўлим (I часть; I part)

1. Маматов Ш.М. Моделирование и оптимизация технологии сушки сельхозпродуктов// Монография. – Саарбрюккен (Германия): LAP LAMBERT Academic publishing, 2014. – 113 с.
2. Додаев К.О., Чориев А.Ж., Гулямова З.Э., Маматов Ш.М. Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини консервалаш ва спиртли маҳсулотлар ишлаб чиқариш машина ва жихозлари// Дарслик. – Т.: Ношир, 2013. – 367 б.
3. Mamatov Sh.M., Dodaev K.O., Choriev A.J. Study of changes in the content of ascorbic acid at thermoradiation dried vegetables// Austrian journal of technical and natural sciences. – Vienna, 2015. – № 1. – P. 80-83. (02.00.00; № 2).
4. Маматов Ш.М. Исследование изменений содержания сахаров при терморadiационной сушке овощей// Universium: технические науки. – Москва, 2015. – № 4. – С. 43-45. (02.00.00; № 1).
5. Маматов Ш.М. Влияние предварительных обработок при сушке на качество картофеля// Вестник НУУз. – Ташкент, 2013. – № 2. –С. 47-50. (02.00.00; №12).
6. Маматов Ш.М. Экспериментальное исследование сушки овощей в ИК–вакуумной сушильной установке// Вестник НУУз. – Ташкент, 2013. – № 4. – С. 97-99. (02.00.00; №12).
7. Маматов Ш.М. Исследование изменения влаги при сушке овощей в ИК–вакуумной сушильной установке// Вестник НУУз. – Ташкент, 2013. – № 4/1. – С. 45-48. (02.00.00; № 12).
8. Маматов Ш.М. Терморadiацион усулда сабзавотларни қуритиш жараёнига таъсир қилувчи омиллар// Кимё ва кимёвий технология. – Тошкент, 2013. – № 3. – С. 76-79. (02.00.00; №3).
9. Маматов Ш.М., Додаев К.О., Чориев А.Ж. Обоснование технологии и параметров рецептуры сухих консервов-заправок первых и вторых блюд// ДАН РУз. – Ташкент, 2012. – № 2. – С. 61-64. (02.00.00; № 8).
10. Маматов Ш.М., Додаев К. О., Чориев А.Ж. Применение математичес-кой модели в распределении влаги при сушке овощей// Вестник НУУз. – Ташкент, 2013. – № 1. – С. 213-217. (02.00.00; № 12).
11. Маматов Ш.М., Додаев К.О., Чориев А.Ж. Сабзавотларни қуритиш жараёнининг экспериментал тадқиқи// Кимё ва кимёвий технология. – Тошкент, 2015. – № 3. – С. 73-75. (02.00.00; № 3).
12. Маматов Ш.М. Сравнительный анализ изменения влаги при сушке картофеля в ИК–вакуумной и механически конвективной сушильных установках// Вестник аграрной науки Узбекистана. – Ташкент, 2013. – № 1. – С. 99-103. (05.00.00; № 18).
13. Маматов Ш.М. Экспериментальное исследование сушки картофеля при радиационном способе// Вестник аграрной науки

Узбекистана. – Ташкент, 2013. – № 2. – С. 59- 63. (05.00.00; № 18).

14. Маматов Ш.М. Исследование закономерности распределения влаги при сушке овощей// Вестник аграрной науки Узбекистана. – Ташкент, 2015.– № 2. – С. 55-58. (05.00.00; № 18).

15. Маматов Ш.М., Додаев К.О. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларни конвектив усулда қуритишда бирламчи ишловнинг самарадорлиги// Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги. – Ташкент, 2014. – № 3. – С. 43.(05.00.00; № 8).

II бўлим (II часть; II part)

16. Маматов Ш.М. Определение оптимального распределения горячего воздуха в процессе сушки продуктов// Передовые технологии в пищевой промышленности: Сборник научных трудов Республиканской научно-практической конференции. – Бухара, 2011. – С. 105-106.

17. Маматов Ш.М. Об одной задаче оптимизации процесса теплообмена в технологии сушки пищевых продуктов// Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производстве: Сборник научных трудов Республиканской научно-технической конференции. – Джиззах, 2011. – С. 192-195.

18. Маматов Ш.М. Об одной задаче моделирования процесса теплообмена// Актуальные проблемы комплексных химических соединений: Материалы Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2011. – С. 143.

19. Маматов Ш.М. Об одной задаче оптимизации в технологии охлаждения пищевых продуктов// Актуальные проблемы и их эффективное решение развития сельского хозяйства в условиях рыночной экономики: Материалы Республиканской научно-технической конференции. – Фергана, 2011. – С. 233-235.

20. Маматов Ш.М. Об одной задаче моделирования технологических процессов сушки овощей// Проблемы математического моделирования и управления в народно-хозяйственных процессах: Материалы Республиканской научно-практической конференции. – Карши, 2011. – С. 56-57.

21. Маматов Ш.М. Обоснование технологии приготовления блюд и химической состав сушеных пищевых продуктов// Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности: Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2012. – С. 320-322.

22. Маматов Ш.М. Экспериментальное исследование технологии сушки компонентов первых блюд// Труды научно-технической конференции молодых учёных: докторантов, аспирантов, научных сотрудников и студентов бакалавриата и магистратуры. – Ташкент, 2012. – С. 41-42.

23. Маматов Ш.М. Исследование сушки компонентов и обоснование технологии производства сухих заправок первых и вторых блюд// Пищевые инновации и биотехнологии: Международный научный форум. – Кемерово, 2013. – С. 377-383.

24. Маматов Ш.М. Оптимизации технология процесса сушки овощей и плодов// Современные проблемы математического моделирования и вычислительных методов: Всеукраинская научная конференция. – Ровно (Украина), 2013. – С. 189.

25. Mamatov Sh., Choriev A., Dodaev Q., Babayarov F. Mathematical modeling and optimization the drying process of agricultural products// International Conference on European Science and Technology. – Wiesbaden (Germany), 2012. – pp. 256-261.

26. Mamatov Sh. M. Application of mathematical model for optimizing the process of drying vegetables and fruits// IV of the All-Russian conference on chemical technology with the international participation. – Moscow (Russia), 2012. – pp. 330-332.

27. Mamatov Sh. Influence of temperature on moisture change when drying vegetables in IR – vacuum installation// Science, Technology and Higher Education: Materials of the III-international research and practice conference Vol. II. – Westwood (Canada), 2013. – pp. 456-459.

28. Mamatov Sh. Research of drying of components and justification of production technology of dry fillings of the first and second years// Materials III International conference on chemistry and chemical technology. – Yerevan (Armenia), 2013. – pp. 161-163.

29. Mamatov Sh., Shamsutdinov B. Experimental study process of drying cabbage// Science and Education: Materials of the IV–international research and practice conference Vol. I. – Munich (Germany), 2013. – pp. 113-116.

30. Mamatov Sh. M., Dodayev K.O., Choriyev A.J. Mathematical modeling and optimization technology of process of drying of vegetables// Dynamical system modeling and stability investigation: XVI International Conference. – Kiev (Ukraine), 2013. – pp. 206-207.

31. Жумаев Б.М., Чориев А.Ж., Маматов Ш.М. Исследование возможности сушки продуктов питания с применением инфракрасного излучения// Труды научно-технической конференции молодых учёных: докторантов, аспирантов, научных сотрудников и студентов бакалавриата и магистратуры. – Ташкент, 2014. – С. 24-25.

32. Маматов Ш.М., Додаев К.О., Чориев А.Ж., Шамсутдинов Б.Ф. Исследованире изменения содержания аскорбиновой кислоты при терморрадиационной сушке моркови// Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности: Сборник трудов Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2014. – С. 206-208.

33. Маматов Ш.М., Додаев К.О., Юнусова Н.Р. Экспериментально-статистическая математическая модель процесса ИК-вакуумной сушки овощей// Современные проблемы математического моделирования и вычислительных методов: Международная научная конференция. – Ровно (Украина), 2015. – С. 176.

Автореферат «Кимё ва кимёвий технология» журнали тахририятида
тахрирдан ўтказилди (08.06.2015 йил)