

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

---

**УРҒАНЧ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**САМАНДАРОВ АБРОРБЕК ИСЛОМБОЕВИЧ**

**ТУТ МЕВАСИ ШАРБАТИ ВА КОНЦЕНТРАТИ ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ ВА  
ЖАРАЁНЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ**

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

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

**Тошкент - 2024**

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

**Самандаров Аброрбек Исломбоевич**

Тут меваси шарбати ва концентрати олиш  
технологиясини такомиллаштириш ва жараёнларини  
оптималлаштириш ..... 3

**Самандаров Аброрбек Исломбоевич**

Совершенствование технологии получения сока и  
концентрата плодов тутовника и оптимизация  
процессов ..... 21

**Samandarov Abrorbek Islomboevich**

Improving the technology for obtaining mulberry juice and  
concentrate and optimizing processes ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

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

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

---

**УРҒАНЧ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**САМАНДАРОВ АБРОРБЕК ИСЛОМБОЕВИЧ**

**ТУТ МЕВАСИ ШАРБАТИ ВА КОНЦЕНТРАТИ ОЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ ВА  
ЖАРАЁНЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ**

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

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

**Тошкент - 2024**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2024.1.PhD/Т3843 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Урганч давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ([ik-kinuo.puu.uz](http://ik-kinuo.puu.uz)) ҳамда «Ziyouet» Ахборот-таълим порталида ([www.ziyouet.uz](http://www.ziyouet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Мақсумова Дилрабо Кучкоровна**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Расмий оponentлар:**

**Баракаев Нусратилла Ражабович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Бобоев Акмал Хатамович**  
техника фанлари фалсафа доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

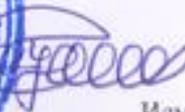
**Бухоро муҳандислик-технология институти**

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.04.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил «15» 06 соат 9<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел.: (99871) 244-79-20, факс: (99871) 244-79-17; e-mail: [tki\\_info@edu.uz](mailto:tki_info@edu.uz).)

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (№ 785 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32. Тел.: (99871) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2024 йил «18» 05 кун тарқатилган.  
(2024 йил «18» 05 даги № 485 рақамли реестри баённомаси).



  
**С.М. Туробжонов**  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., академик

  
**Х.Н. Кадиров**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

  
**Қ.П. Серкаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қўшиқчи илмий семинар  
раиси, т.ф.д., доцент

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Дунё миқёсида қишлоқ хўжалиги хом ашёси аҳолини янги озиқ-овқат маҳсулотлари билан таъминлаш манбаидир. Қишлоқ хўжалиги хом ашёсини йиғиш, сақлаш, чуқур қайта ишлаш баробарида технологияларини такомиллаштириш, жаҳон бозорларига олиб чиқиш, рақобатбардошлигини ошириш, шунингдек, мевалардан юқори сифат ва калорияли шарбат олиш технологияси ва ускуналарини такомиллаштириш, шарбатни тозалаш, мева таркибидаги биофаол моддаларни сақлаган ҳолда буғлатиб, концентрат ишлаб чиқаришни кенгайтириш талаб этилади.

Жаҳонда озиқ-овқат саноатида углевод, оксил, минерал моддалар, витамин, органик кислота, полифенолларга бой хом ашёларни қайта ишлаш, шунингдек, юқори сифатли маҳсулотлар ишлаб чиқариш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, ишлаб чиқариш тармоқларида табиий хом ашёларидан самарали фойдаланиш, янги турдаги маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўпайтириш, юқори сифатли ва хавфсиз озиқ-овқат маҳсулотлари билан саноат тармоқлари корхоналарида озиқавий, биологик ва энергия қиймати юқори маҳсулот олиш, таннархини арзонлаштириш, жумладан тут мевасидан шарбат ва концентратлар олиш технологияларини такомиллаштириш ва синовдан ўтказишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда зарур миқдор ва ассортиментда соғлиқ учун фойдали қайта ишланган ўсимлик маҳсулоти ишлаб чиқариш ва уларни сақлаш ҳисобига мамлакат озиқ-овқат саноатининг иқтисодий-ижтимоий кўрсаткичларини яхшилашда салмоқли натижаларга эришилмоқда. Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида «таркибий ўзгартиришларни чуқурлаштириш ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш салоҳиятини изчил ривожлантириш, мамлакат озиқ-овқат хавфсизлигини янада мустаҳкамлаш, экологик тоза, сифат кўрсаткичи юқори бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кенгайтириш, аграр секторнинг экспорт салоҳиятини сезиларли даражада ошириш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Хом ашёнинг миқдори ва самарадорлигини баҳолаган ҳолда, мавжуд рецепт ва технологияларни янгилаш, уларни ишлаб чиқаришга татбиқ этиш, тайёр маҳсулот таннархини пасайтириш, хом ашёнинг табиий хусусиятларини сақлаб қолган ҳолда юқори сифатли маҳсулотлар олиш зарур. Ноанъанавий хом ашёдан фойдаланиш эвазига озиқ-овқат корхоналарини кенгайтириш ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сонли «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 23 октябрдаги ПҚ-5853-сонли «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантириш стратегиясини 2020-2030 йилларда тасдиқлаш тўғрисида»ги, 2019 йил 29 июлдаги ПҚ-4406-сонли «Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини чуқур қайта ишлаш ва озиқ-овқат саноатини янада ривожлантириш бўйича кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармони

фармон ва қарорлари ҳамда ушбу фаолиятга тегишли бошқа меъёрий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги.** Диссертация тадқиқоти республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Озиқ-овқат маҳсулотлари ассортиментини кенгайтириш, витамин, углевод, минерал таркиби ва органик кислоталарни функционал мақсадларда қўллаш ва ушбу тадқиқотларда тизимли таҳлили ва математик моделлаштириш методологиясидан фойдаланиш учун Y.Huo, R.K.Datta, A.K.Awasthi, I.Güven, R.P.Srivastava, J.Li, H.Chen, Y.Garnida, N.Meeso, A.S.Majumdar, T.Furuno, V.Srijesdaruk, L.G.Tabil, W.R.Daud, Z.Yapar, C.Ertekyн, Б.Л. Флауменбаум, В.В.Кафаров, И.Н.Дорохов, Л.Н.Липатов, М.Б. Глебов, Ж.М.Қурбанов, А.Ф.Сафаров, А.Х.Маматкулов, Қ.О.Додаев, А.А. Артиков, И.Б.Исобоев, Ж.Э.Сафаров, Х.Ф.Жураев, А.Ж.Тошев, Ш.Н.Атаханов ва бошқалар каби олимлар томонидан тадқиқот ишлари олиб борилган.

Ушбу олимлар томонидан меваларни қуритиш, мева этини шарбат ва сикмага фракциялаш усуллари ишлаб чиқилган, доривор моддаларни суюқ компонентга ўтказиш, меванинг организм томонидан ҳазм қила олмайдиган қобиғи, уруғи ва пўчоғидан ажратиш усуллари тавсия этилган, фойдали компонентларнинг тўлиқ қамраган мева шарбати ва концентратлари ишлаб чиқариш технологиялари такомиллаштирилган.

Шу билан бирга тут меваларидан шарбат олиш технологияси ва ускуналарини такомиллаштириш, шарбатни тозалаш, мева таркибидаги биофаол моддаларни сақлаган ҳолда буғлатиб, концентрат олиш технологиясидаги жараёнларни математик моделлаштириш йўли билан энергиятежамкор қуюлтириш технологиясини ишлаб чиқиш етарли даражада амалга оширилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Урганч давлат университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг 142-12-0-А/22-сон «Маҳаллий қовун навлари асосида янги турдаги маҳсулотлар олиш технологияси» (2020-2022 йй.) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** тут меваси шарбати ва концентрати олиш жараёнларини оптималлаштириш ва ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

меваларни фракциялаб қайта ишлаш жараёнларини математик моделлаштириш ва оптималлаштириш ҳолатини адабиётдан ўрганиш;

тут шарбатини пресслаб, шарбатини олиш, ундаги пектин ва крахмални ферментлаш жараёнини тадқиқ этиш, шарбатни тозалаш, филтрлаш, таркибий қисмларининг улушини ва ҳолатини аниқлаш;

тут шарбати ва концентрати ишлаб чиқариш линиясининг принципиал схемасини ишлаб чиқиш;

марказдан қочма куч таъсирида шарбат чўкмасини декантациялаш жараёни иқтисодий кўрсаткичларини оптималлаштириш моделини шакллантириш;

кўп корпусли вакуум-буғлатиш мажмуасида шаффофлантирилган шарбатни буғлатишни тадқиқ этиш ва оптималлаштириш моделини шакллантириш;

математик ифодаларнинг реал жараёнга мослигини текшириш, тут шарбатидаги қаттиқ зарраларни декантациялаш ва буғлатиб, концентрат олиш жараёнларини математик моделда тадқиқ этиш;

ферментланган тут шарбатидаги чўкиндини марказдан қочма кучлар майдонида декантациялаш ҳамда шаффофлантирилган шарбатни кўп корпусли вакуум-буғлатиш мажмуасида қуюлтириш жараёнларини оптималлаштириш;

консерва корхонасида ишланмадан фойдаланишда эришилган техник-иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш ва тавсиялар ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида тут меваси ва шарбати, центрифугада шарбат чўкмасини ажратиш, шарбатни шаффофлантириш, кўп корпусли вакуум-буғлатиш мажмуасида буғлатиш олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** тут шарбатидаги чўкмани даставал гидромеханик усулда ажратиш, тоза шарбатни буғлатиш жараёнини осон кетишини таъминлаш, бунинг натижасида жадаллаштириш, мавжуд қурилмаларда жараённи амалга ошириш режимлари ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда дастлабки маҳсулотларнинг органолептик кўрсаткичларни баҳолашда Э.Д. Тильгнернинг модификацияланган усули, углеводларнинг умумий миқдорини Дюбуа, оксилларни - Кьельдал, С, В ва бошқа витаминларни аниқлашда юқори самарали суюқлик хроматографияси усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

тут шарбати таркибидаги крахмал ва пектин парчаланиб, чўкма ажратилиб, шаффоф шарбат олиш, вакуум-буғлатиш аппаратида олинган концентратда  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  минерал моддалари ион ҳолатида сақланиши исботланган;

тут шарбатида рефрактометриқ қуруқ моддада қандлар 18 %, кўрғошин, темир, кадмий, никель каби оғир металллар миқдори рухсат этилган меъёрлардан кам эканлиги аниқланган ва оксиметилфурфурол ҳосил бўлмаслиги асосланган;

қуюқ массанинг намлиги 78-80,5 %, таркибидаги целлюлоза ва гемицеллюлоз, қуруқ моддалар концентрацияси 19,5-22 % ни, қуюқ массанинг зичлиги центрифугани ишлатиш режимига мос  $1060 \text{ кг/м}^3$  ни ташкил этиши аниқланган;

пектин ва крахмал ферментланган тут меваси шарбати чўкмасини декантациялаш, гидромеханик усулда тиндирилган шарбатни кўп корпусли вакуум-буғлатиш комплексида қуюлтириш жараёнлари график усулда мақбуллаштирилган, натижада шарбат таркибида қандлар, микро- ва макроэлементлар, витаминлар, органик кислоталар, ароматик моддалар, пигментлар максимал сақланиши асосланган;

тут меваси шарбати олиш жараёнлари мақбуллаштирилиб, концентрат ишлаб чиқариш технологияси такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

иссиқлик ва массаалмашиниш жараёнига ўхшаш жараёнларни амалий тадқиқ қилишда яроқли аналитик ва экспериментал моделлар олинган, универсал дастурий таъминот ишлаб чиқилган;

ферментланган тут шарбатидаги чўкиндини марказдан қочма куч майдонида декантациялаш ва шаффофлантирилган шарбатни қуюлтириш жараёнларини мақбул шароитлари аниқланган;

тут меваси шарбати ва концентрати ишлаб чиқариш технологияси такомиллаштирилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** экспериментал натижаларни олишда юқори аниқликдаги намлик анализаторларидан фойдаланилганлиги, MATLAB, STATISTICA 6.0 каби замонавий компьютер дастурлари, Windows XP, Microsoft Excel каби операцион муҳитлардан математик моделларнинг аниқлиги ва кўрилаётган соҳа бўйича баҳолаш мезонларининг адекватлилиги, ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари ва уларнинг реал ишлаб чиқариш маълумотлари билан қиёсий таҳлиллари орқали асосланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ферментланган тут шарбатидаги чўкиндини марказдан қочма кучлар майдонида декантациялаш ҳамда шаффофлантирилган шарбатни кўп корпусли вакуум-буғлатиш мажмуасида қуюлтириш, маҳсулотларнинг сифати ва органолептик кўрсаткичлари меъёрларга мос технологияларини такомиллаштиришнинг мақбул шароитлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ферментланган тут шарбатидаги чўкиндини марказдан қочма куч майдонида декантациялаш ва шарбатни қуюлтиришнинг мақбул параметрларини танлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилганлиги, тут мевасидаги биофаол моддаларни сақлаган ҳолда юқори сифатли яқуний маҳсулот олиш имконини берувчи энергиятежамкор технологияни такомиллаштиришга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Тут меваси шарбати ва концентрати олиш жараёнларини мақбуллаштириш ва ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

тут шарбати концентрати олиш технологияси «Ўзбекистон озиқ-овқат саноати уюшмаси»да ишлаб чиқариш амалиётга жорий қиланган («Ўзбекистон озиқ-овқат саноати уюшмаси»нинг 2023 йилнинг 14 декабридаги 14-112/12-23-сон маълумотномаси). Натижада қандлар, микро- ва макроэлементлар, витаминлар ва доривор органик кислоталарга бой истеъмол учун хавфсиз тут концентрати олиш имконини беради;

тут шарбати ишлаб чиқариш технологияси «Ўзбекистон озиқ-овқат саноати уюшмаси»нинг «2024-2028 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Ўзбекистон озиқ-овқат саноати уюшмаси»нинг 2023 йилнинг 14 декабридаги 14-112/12-23-сон маълумотномаси). Натижада жигарни ҳимоя қилиш, қон босимини пасайтириш, шунингдек,

қондаги қанд ва липид даражасини пасайтириш хусусиятига эга витаминлар, микро- ва макроэлементлар ҳамда органик кислоталарга бой тут шарбати ишлаб чиқариш имкониятини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Олинган натижалар жами 10 та, жумладан 3-та Халқаро илмий конференцияларда маъруза қилинган, муҳокамадан ўтган ва ижобий баҳоланган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси ва материаллари бўйича жами 16 та илмий иш чоп этилган. Шундан 6 та илмий мақола Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини нашр этиш учун тавсия этилган илмий хорижий журналларда чоп этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўрта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация 115 бет компьютер матнида тақдим этилган бўлиб, 14 жадвал ва 60 та расмларни ўз ичига олган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Адабиёт шарҳи. Тут меваси ҳақида маълумот ва уни қайта ишлаш ускуналари таҳлили**» деб номланган биринчи бобида, тут меваси ва уни таркибий қисми ва физик-кимёвий хоссалари қайта ишлаш объекти сифатида ўрганилган. Унда қайта ишлашнинг мавжуд технологиялари, тут мевасидан шарбат ва концентрат ишлаб чиқаришдаги жараёнлар, уларни амалга ошириш учун ускуналар тўғрисидаги маълумотлар келтирилган. Тадқиқот мақсад ва вазифалари баён этилган.

Диссертация тадқиқотини олиб бориш учун 1-жадвалда келтирилган тут мевасининг С. Жабборова томонидан Бухоро вилоятида етиштирилган тут мевасининг аниқланган кимёвий таркибидан фойдаланилган.

### 1-жадвал

#### Тут мевасининг кимёвий таркиби

№	Озиқ моддалар	Масса улуши, г/100 г мевада
1	Сув, %	81,74
2	Оқсиллар, %	0,78
3	Қандлар, %	12,60
4	Крахмал, %	0,65
5	Пектин, %	0,21
6	Органик кислоталар	1,34

Диссертациянинг «Лаборатория - тажриба усуллари, реактивлар, методикалар, экспериментал натижалар ва уларнинг муҳокамаси. Жараёни ҳисоблаш усули» деб номланган иккинчи бобида тажрибалар давомида ишлатилган материаллар ва уларга қўйиладиган стандарт талаблар, тадқиқот объектлари ҳамда тадқиқот жараёни давомида қўлланилган услублар таҳлил қилинган.

## 2-жадвал

### Тут меваси шарбатидан тайёрланган концентрат ҳамда анъанавий «Тут шинниси»ни солиштириш натижалари

№	Кўрсаткичлар номи	Синов натижалари	
		Лабораторияда ишлаб чиқарилган концентрат	Анъанавий «Тут шинниси»
1	Натрийнинг масса улуши: Na <sup>+</sup> , мг/мл	0,41	0,38
2	Калийнинг масса улуши: K <sup>+</sup> , мг/мл	10,31	9,34
3	Кальцийнинг масса улуши: Ca <sup>2+</sup> , мг/мл	2,11	1,38
4	Магнийнинг масса улуши: Mg <sup>2+</sup> , мг/мл	0,96	0,77
5	pH, (1%ли эритма)	4,71	4,95
6	Сифат реакцияси: ионлар C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Лойқаланишсиз	Лойқаланишсиз
7	Титрланадиган кислоталарнинг масса улуши (олма кислотаси бўйича), %	1,42	1,22
8	Эрувчан куруқ моддаларнинг масса улуши (10% эритма), %	9,2	8,1
9	Глюкозанинг масса улуши, %	86,0	67,0

2-жадвалдан лаборатория шароитида, тут шарбати таркибидаги крахмал ва пектинни парчалаб, чўкмаларни ажратиб, шаффоф шарбат олиб, вакуум-буғлатиш аппаратида олинган концентратда Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> каби минерал моддалар ион ҳолатида кўпроқ миқдорда сақланиб қолиши аниқланган. Маҳсулотда лойқаланиш аломатлари бўлмаган, титрланган кислота, эрувчан куруқ моддалар ҳамда глюкозанинг масса улуши сезиларли даражада кўпроқ чиққан. Бу барча эрувчан моддаларнинг шарбатга ўтганлиги ва шарбат таркибида ноозик компонентларнинг миқдори кескин камайтирилганидан далолат беради. Масалан, глюкозанинг масса улуши куруқ моддаларнинг 86% ини (тут шиннисида 67%) ташкил этган, демак тут шиннисида ноозик компонентлар, меланоидин реакциялари маҳсулоти кўплиги органолептик усулда баҳоланган.

3-жадвалда тут шарбатида рефрактометриқ куруқ модда 19,5%-ни ташкил этмоқда, унинг 18%-и қандлардан иборат. Бу олма (12-14%), анор (10-16%), томат (4-9%) шарбатидаги куруқ моддага нисбатан кўп, демак тут меваси қандларга бой. Кўрғошин, темир, кадмий, никель каби оғир металллар мавжуд бўлиб, миқдори ПДК кўрсаткичидан паст. Буғлатиш ҳарорати юқори бўлмагани учун

оксиметилфурфурол ҳосил бўлмаган.

3-жадвал

**Тут меваси шарбати, концентрати ва чўкмаси таркибининг лаборатория таҳлили натижалари**

№	Кўрсаткичлар	Синов натижалари		
		Тут шарбати	Тут шарбати концентрати	Центрифуга-даги чўкма
1.	Қурук модда миқдори, %	19,5	64,4	18,8
2.	Сахарозанинг масса улуши, мг /100 мл	5,56	25,37	30,17
3.	Лимон кислотасига ҳисобланган титрланадиган кислоталилик, %	1,45	1,62	1,18
4.	Магнийнинг масса улуши, Mg <sup>2+</sup> , мг/мл	0,0005	0,0009	0,0002
5.	Калийнинг масса улуши, K <sup>+</sup> , мг/мл	0,0035	0,0042	0,0017
6.	Натрийнинг масса улуши, Na <sup>+</sup> , мг/мл	0,0016	0,0019	0,0012
7.	Кальцийнинг масса улуши, Ca <sup>+</sup> , мг/мл	0,0008	0,0011	0,0003
8.	Витаминлар, мг/мл:			
	витамиn C	0,14	0,74	0,5
	витамиn B <sub>1</sub>	0,13	1.26	0,32
	витамиn B <sub>2</sub>	-	-	-
	витамиn B <sub>6</sub>	0,24	0,10	0,22
	витамиn PP	0,04	0,43	0,03
9.	Оғир металлар: мг/кг			
	миснинг масса улуши	0,0206	0,0550	0,0188
	қўрғошиннинг масса улуши	Топилмади	Топилмади	Топилмади
	темирнинг масса улуши	0,0431	0,1872	0,0189
	кадмийнинг масса улуши	0,0020	0,0012	0,0024
	никелнинг масса улуши	Топилмади	Топилмади	Топилмади
	мишьякнинг масса улуши	Топилмади	Топилмади	Топилмади
10.	5-оксиметилфурфурол	-	Топилмади	-

Диссертациянинг «Тут мевасини қайта ишлаш жараёнини математик моделлаштириш» деб номланган учинчи боби шарбатни центрифугалаш ва тиндирилган шарбатни ККВБМда буғлатиш жараёнларининг математик ифодасини олишга бағишланган. MATLAB дастур тизимидан фойдаланилган. Тадқиқ этиш диапазони ва назарий тадқиқотлар натижаларини тажриба ёрдамида тасдиқлаш йўллари белгиланган. Технологик ҳисобларни бажаришда тут компонентлари ҳақидаги тажриба натижасида аниқланган маълумотдан фойдаланилган.

Тут меваларининг таркибий қисмлари бўйича тажрибалар натижасида олинган маълумотлар технологик ҳисоб-китобларни амалга ошириш учун ишлатилган.

Биз таклиф этган тутни қайта ишлаш технологияси тутни пресшлаш, шарбатни ферментлаш, декантациялаш, филтрлаш, шарбатни қуюлтириш, асептик қошларга қадоқлаш каби операциялардан иборат.

Тут шарбатини центрифугада фракциялаш жараёнининг материал баланс (1) тенгламалар системаси билан ифодаланган. Тут меваси шарбатини центрифугалаш жараёнини иқтисодий кўрсаткичларининг математик модели (2) тенгламалар системасидан иборат. Унинг таркибига центрифуга электродвигатели қувватини амалий ҳисоблар учун соддалаштирилган, капитал сарфлар амортизацияси ажратмаларини, электр энергиясининг йиллик сарфини ва тут меваси пульпасини центрифугалаш учун кетадиган ишлаб чиқариш ҳаражатларини ҳисоблаш формулалари асосланган. Бунда  $M$  - коэффициент ( $M = 0,016 - 0,018$ );  $H_6$  - центрифуга барабани баландлиги,  $m$ ;  $n_6$  - барабаннинг айланиш тезлиги,  $c^{-1}$ ;  $r$  - барабаннинг максимал радиуси,  $m$ ;  $C_c$  - центрифуга нархи,  $сўм$ ;  $E_n$  - амортизация ажратмаларининг меъёрий коэффициенти;  $G_1$  - центрифуга унумдорлиги,  $кг/с$ ;  $\tau_{сез}$  - мавсумдаги ишчи вақт ресурси,  $соат$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} bt1 = br1 + bn1; \\ bv1 = 1 - bt1; \\ gv1 = G1 * bv1; \\ gr1 = G1 * br1; \\ gn1 = G1 * bn1; \\ gt1 = G1 * bt1; \\ bt3 = br3 + bn3; \\ bv3 = 1 - bt3; \\ gn1 = gn2; \\ G3 = gn3 / bn3; \\ gv3 = G3 * bv3; \\ gr3 = G3 * br3; \\ gt3 = gn3 + gr3; \\ G3 = G1 - G2; \\ gv3 = gv1 - gv2; \\ gr3 = gr1 - gr2; \\ gt3 = gr3; \\ av3 = gv3 / G3; \\ an3 = gn3 / G3; \\ ar3 = gr3 / G3; \\ at3 = gt3 / G3; \end{array} \right.$$

$b_1, b_{tr1}, b_{m1}, b_{v1}$  - мувофиқ, келаётган шарбатнинг, унинг эрувчан қуруқ, ноэрувчан қуруқ компонентлар ва сувнинг концентрацияси;  $b_{tr2}, b_{m2}, b_{v2}$  - қуюқ массадаги қуруқ модда жумладан, эрувчан ва ноэрувчан компонентлари ҳамда сувнинг концентрацияси;  $b_{tr3}, b_{m3}, b_{v3}$  - тиндирилган шарбатдаги, эрувчан ва ноэрувчан қуруқ моддалар ҳамда сувнинг миқдори;  $G_1, G_2, G_3$  - дастлабки шарбат (кириш), қуюқ масса (чиқиш), тиндирилган шарбат сарфлари (чиқиш).

(1) Математик ифода тузиш ва уни модел кўринишида тадқиқ этиш учун нисбий ўлчамсиз катталиклардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ.

Центрифугага келаётган ва ундан тиндирилган шарбат ва қуюқ масса кўринишида чиқаётган шарбат компонентлари учун материал баланс тенгламаларини тузамиз.

Динамик тавсифи нуқтаи назаридан жараён тез ўтувчи ва содда бўлган қурилмалар учун жумладан, МКҚ майдонида ажратиш жараёни учун оптималлаштириш унинг нархи ва ишлашдаги ҳаражати - электр энергияси ҳаражатидан келиб чиқади.

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{общ} = 1000 * M * H_6 * n_6^3 * r^4 \\ A = C_c E_n / G \tau_{сез} 3600 \\ N_3 = N_{общ} * \tau_{сез} \\ Z_c = (A * G_1 / G_m) + C_3 * N_3 / (3600 * G_1 * \tau_{сез}) \end{array} \right. \quad (2)$$

Маълумки, озиқ-овқат эритмаларини қуюлтириш учун кўп корпусли буғлатиш аппаратларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Тутнинг тиндирилган шарбатини буғлатишнинг математик моделини тузиш, қурилма корпуслари сонини аниқлаш масаласини компьютер тадқиқлари асосида ечиш лозим. Бир корпусли ВБҚ буғлатиш жараёнини моделлаштирамиз. Сўнгра, икки, уч тўрт ва беш корпусли ВБҚ га ўтишимиз мумкин. Кириш ва чиқиш параметрларини қуйидагича белгилаймиз.

$H$  ( $H_k$ ) - аппарат сепараторидаги суюқлик сатҳи, [м];  $S$  - сепаратор кўндаланг кесимининг юзаси, [м<sup>2</sup>];  $G_n$  - аппаратга кираётган шарбат сарфи, [кг/с];  $b_n$  - кираётган шарбат концентрацияси, [кг/кг];  $t_n$  - аппаратга кираётган шарбат температураси, [°С];  $G_k$  - аппаратдан чиқаётган шарбат сарфи, [кг/с];  $b_k$  - чиқаётган шарбат концентрацияси, [кг/кг];  $t_k$  - аппаратдан чиқаётган шарбат температураси, [°С];  $G_2$  - буғланаётган суюқлик сарфи (иккиламчи буғ), [кг/с];  $m$  - аппарат корпусидаги суюқ аралашма миқдори, [кг];  $V$  - аппаратдаги суюқлик ҳажми, [м<sup>3</sup>];  $\rho$  - суюқлик зичлиги, [кг/м<sup>3</sup>];  $\rho$  - суюқ аралашма зичлиги, [кг/м<sup>3</sup>];  $\rho_c$  - тоза маҳсулот зичлиги, [кг/м<sup>3</sup>];  $t^*$  - аппарат корпусидаги вакуум остида турган суюқликнинг қайнаш температураси, (мувозанат температураси), [°С];  $c$  - суюқ аралашманинг иссиқлик сиғими, [кДж/(кг°С)];  $i_p, i_k$  - қувурлараро бўшлиққа бериладиган буғ ва конденсатнинг энтальпияси, [кДж/(кг°С)];  $D$  - қувурлараро бўшлиққа бериладиган ёпиқ буғ сарфи, [кг/с].

Жараённинг бир босқичини моделлаштиришда оқим гидродинамик структураси идеал сиқиш ёки идеал аралаштириш кўринишида қабул қилинади. Бизнинг моделни тузишда моделлаштириш объекти идеал аралаштиришнинг бир ячейкаси деб қабул қилинди. Кейинги босқичда, бир корпусдан бутун қурилмага ўтишда аппаратнинг ҳар бир корпуси алоҳида ячейка деб қабул қилинади. Улар бирлаштирилади ва қарама-қарши оқимлар ячейкали модели қабул қилинади.

Математик модель баланс тенгламаси билан ифодаланувчи, келаётган ва кетаётган суюқликлар ва буғланаётган намлик сарфининг фарқиға боғлиқ бўлган вақт бирлигида материал суюқлик миқдори ўзгаришини ифодаловчи тенглама, ҳажм ва зичлик орқали ифодаланувчи масса тенгламаси, аппарат корпуси сиғими орқали ифодаланадиган аппаратдаги суюқлик сатҳи ўзгаришининг дифференциал тенгламаси, суюқлик зичлигининг тоза сув ва унда қуруқ моддалар эриган ораликда бўлган қийматларининг формуласи, аппаратдан кетаётган суюқлик сарфининг аппаратдаги суюқлик баландлигига функционал боғлиқлик (гидростатик босим қанчалик кўп бўлса, суюқлик сарфи шунча кўп бўлади ва бу боғланиш энг оддий ҳолда пропорционал деб ҳисобланган ҳол учун) тенгламаси; иссиқлик алмашиниш жараёни тенгламаси асосида ифодаланган, ҳаракатлантирувчи кучи температуралар фарқи бўлган, аппаратнинг бир корпусидан ажраладиган сув буғи сарфининг тенгламаси; оқаётган суюқликда қуруқ модда миқдорини аниқлаш тенгламаси; суюқлик температураси ўзгаришини вақт бўйича ифодаловчи дифференциал тенгламалардан иборат.

Сувни буғлатиш жараёнининг ҳисоби сув ҳолатининг термодинамик

параметрлари билан боғлиқ бўлгани учун сувнинг қайнаш температураси, сувнинг буғ ҳосил қилиш иссиқлиги, буғ энтальпияси ва сув энтальпиясининг босимдан боғлиқлик тенгламалари олиниши керак. Экспериментал олинган маълумотлар жадвалларга киритилган, иссиқлик техникаси, иссиқлик жиҳозлари бўйича адабиётларда келтирилган ва фойдаланиб келинмоқда. Аммо ИМА жараёнларини математик моделлаштиришда қўллаш учун эмпирик тенгламалари йўқ. MATLAB дастури имкониятларидан фойдаланиб, жадвалдаги маълумотларга статистик ишлов бериш йўли билан сув ва буғнинг ҳолати учун полином кўринишдаги тенгламалар олинган. Бундай полиномлар ҳақиқий ҳолатни 99,9% ва ундан юқори аниқлик билан ифодалайди. Ушбу тенгламалар ҳам тут шарбатини буғлатиш жараёни математик моделига қўшиб қўйилди.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dH_k}{d\tau} = \frac{1}{S\rho} [G_n - G_k - G_2] \\ G_k = k_1 H_k \\ G_2 = k_2 * (t_k - t^*) \\ \frac{db_k}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho} [G_n * b_n - G_k * b_k] \\ \frac{dt_k}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho c} [G_n c t_n - G_k c t_k - G_2 i_{vp} + Di_p - Di_k] \\ \rho = \rho_u * b_k + 1000 * (1 - b_k) \\ t^* = -0,00059 * p^2 + 0,48 * p + 51 \\ i' = -2,5 * p^2 + 2000 * p + 210000 \\ r = 1,4 * p^2 - 1200 * p + 2400000 \\ i' = -p^2 + 800 * p + 2600000 \end{array} \right. \quad (3)$$

(3) тенгламалар системаси бир корпусли буғлатиш аппаратида суёқликни буғлатиш жараёни динамикасининг математик модели. MATLAB дастурининг SIMULINK бўлиmidан фойдаланиб, тенгламаларни ечишни компьютер модели тузилган.

Намликни бир, икки, уч, тўрт ва беш корпусли ВБМ-да ҳайдаш жараёнини тадқиқ этиб, ушбу жараённинг иқтисодий кўрсаткичлари математик моделини тузиш мумкин. Ушбу мақсадга эришиш учун амортизация ажратмалари  $A$  математик ифодаси, ВБМ-да вакуум ҳосил қилиш учун ҳаражатлар  $Z_{вк}$ , ёпиқ буғ билан аппарат корпусини иситиш учун ҳаражатлар  $Z_{эн}$  ва иккиламчи буғларни совуқ сув ёрдамида конденсатлаш учун ҳаражатлар  $Z_{хв}$  математик ифодалари олинган:

$$\left\{ \begin{array}{l} A = C_{\text{вб}} E_n / G_k \tau_{\text{сез}} 3600 \\ Z_{\text{вк}} = N_{\text{max}} C_3 / 3600 * G_k \\ Z_{\text{эн}} = C_n D_{\text{эн}} / 1000 * G_k \\ Z_{\text{хв}} = C_{\text{хв}} * G_{\text{хв}} \\ Z_{\text{в}} = A + Z_{\text{вк}} + Z_{\text{эн}} + Z_{\text{хв}} \end{array} \right. \quad (4)$$

бунда,  $C_{\text{ВВУ}}$  - вакуум-буғлатиш аппарати нархи, [сўм];  $N_{\text{max}}$  - вакуум-насос учун керак бўлган электродвигателнинг максимал қуввати, [кВт];  $C_3$  - электроэнергия таннархи [сўм];  $C_{\text{п}}$  1 т буғ нархи, [сўм];  $C_{\text{ХВ}}$  - совуқ сув таннархи [сўм];  $G_{\text{ХВ}}$  - совуқ сув сарфи [кг/с].

Моделлаштиришни соддалаштириш учун қуйидагиларни қабул қиламиз:

- оқимлар гидродинамик структураси идеал сиқиш ва идеал аралаштириш деб олинади;

- суюқ аралашма иссиқлик сиғими доимий деб олинади;

- гидростатик босим ўзгаришлари моделда ҳисобга олинмайди.

(3) тенгламалар системасини ечиш учун унинг дифференциал тенгламаларини вақт бўйича интеграллаш керак. Масалан, суюқлик устуни баландлиги  $H$ -ни (5) тенгламадан топиш учун қуйидаги ҳисобни бажариш керак:

$$H = \int_0^{\tau} \frac{dH}{d\tau} \quad (5)$$

Шунингдек, диссертация ишида назарий на экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган. Тут меваси шарбати массасини декантациялаш гидромеханик жараёни ва тиндирилган шарбатни буғлатиш иссиқлик-массаалмашилиш ИМА жараёнларини график усулда оптималлаштириш йўллари кўрсатилган. Тадқиқ этилган жараён ва конструкциялар элементларини муҳандислик ҳисобини бажариш, иқтисодий самарадорликни аниқлаш, олинган натижаларни амалиётга қўллаш натижалари келтирилган.

Ишнинг бажарилиши. Тут меваси териб олинади, барг ва дарахт шохчаларидан ажратилади, оғирлиги ўлчанади, сиқиб шарбати ажратилади, компонентларнинг оғирлиги ўлчанади. Шарбат 90°C температурагача иситилиб, 3-5 дақ ушбу температурада ушлаб турилади ва 50°C-гача совутилади, сўнгра пектин ва крахмални парчалаш учун ферментланади, куйқали шарбатдан МҚК майдонида шаффоф шарбат ажратилади. Экспириментал қурилма Венгрияда ишлаб чиқилган МЕТРИМРЕХ русумли лаборатория центрифугасидан иборат. Ишлаш услуби. Ишга муфассал тайёрланган полимер стаканларга суспензия қуйилади, центрифугага ўрнатилади, қопқоғи ёпилади, таймер ёрдамида намунага ишлов бериш вақти ўрнатилади. Центрифуга ишга туширилади. Центрифуга автоматик тарзда тўхтагач, стаканлар олинади ва шарбатнинг ажралиш даражаси ўрганилган.

Фугат таркиби қандлар, пектин, крахмал, микро- ва макроэлементлар, витаминлар, органик кислоталар, ароматик моддалар, пигментлар эриган суюқликдан иборат. Шарбатнинг зичлиги 1050 кг/м<sup>3</sup> ташкил этади, қовушқоқлиги тадқиқ этилмаган. Қуруқ моддалар концентрацияси тут нави, пишиқлик даражаси ва бошқа омилларга боғлиқ ва 19,5-22% оралиғида бўлади. НЭ қуруқ моддалар шарбат таркибидан тўлиқ ажратиб олинган.

Қуюқ массанинг намлиги 78-80,5%, таркибига целлюлоза, гемицеллюлоз, рангловчи моддалар, унинг таркибидаги намликда эса (Э) қуруқ моддалар мавжуд. Қуруқ моддалар концентрацияси 19,5-22% ни ташкил этади, қуюқ массанинг зичлиги эса центрифугани ишлатиш режимига қараб, 1060 кг/м<sup>3</sup> -ни

ташқил этган.

Центрифугалаш жараёнини компьютердаги тадқиқи унинг (1) ва (2) кўринишларда келтирилган математик модели асосида амалга оширилган.

Центрифугага киришдаги тут массасининг сарфи маълум ва  $G_1=1.95$  кг/с-га тенг. Киришдаги аралашма таркиби ҳам маълум:  $b_{r1}=22\%$ ;  $b_{n1}=5\%$ ,  $a_{s1}=73\%$ . Белгиланган концентрацияли  $b_{n2}$  қуюқ масса олиш талаб этилади.

Индекслар: 1-центрифугага кириш, 2-қуюқ қуйқа, 3-тиндирилган шарбат,  $v$ -сув,  $t$ -қаттиқ компонент;  $r$ -эрувчан компонент;  $n$ -ноэрувчан компонент;  $l=v+r$  сув ва унда эриган қуруқ модда аралашмаси,  $G$ ,  $g$ -сарфлар,  $b$ -концентрация.

Центрифугадан чиқишдаги қуюқ масса  $G_2$  ва фугат  $G_3$  сарфларининг кириш сарфи  $G_1$ -га боғлиқликлари, чиқишда қуюқ масса концентрацияси  $b_{r2}$ , фугат концентрацияси  $b_{t2}$  ва суюқлик сарфи  $g_{l3}$  нинг кириш сарфи  $G_1$  нисбатан ўзгариши, қуюқ массадаги НЭ компонент  $g_{n2}$  сарфининг дастлабки пульпадаги НЭ компонент сарфи  $g_{n1}$ -дан боғлиқлиги, қуюқ массадаги сув  $b_{v2}$  ва Э компонент  $b_{r2}$  ҳамда тиндирилган шарбатдаги сув  $b_{v3}$  ва эрувчан компонент  $b_{r3}$  концентрацияларининг ўзгаришлари, қуюқ массадаги Э  $b_{r1}$  ва НЭ  $b_{n1}$  компонентлар концентрациясининг дастлабки пульпадаги Э компонент  $b_{r1}$ -га боғлиқлиги, дастлабки пульпа сарфининг қуюқ массадаги Э компонент концентрацияси  $b_{t2}$ -дан боғлиқлиги, дастлабки пульпа сарфи  $G_1$ -нинг ҳақиқий ва назарий сарфлар нисбати  $G_1/G_t$ -дан боғлиқлиги тадқиқ этилган.

Давомида тут шарбатини бир, икки, уч, тўрт ва беш корпусли ВБМ-да қуюлтириш жараёни кўрилган. Шарбатни буғлатиш жараёни математик модели бўйича ҳисобланган ва динамик тавсифлари олинган.

Юқори температура таъсири шарбатнинг қимматли компонентларини йўқотилишига, концентратнинг ранг кўрсаткичини туширишга олиб келганлиги учун, буғлатиш жараёнини минимал температурада амалга оширилади. Иккинчи томондан температурани ҳаддан зиёд пасайтириш сарф-харажатни ортишини келтириб чиқаради, мақбул режим тадқиқот асосида топилган.

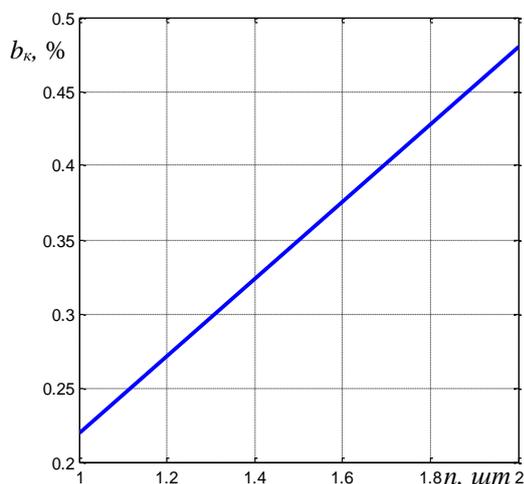
Аппарат киришидаги тут пульпасининг бошланғич температураси  $t_n=90^\circ\text{C}$  - дан ошмаслиги керак. ВБМ-нинг биринчи корпусидаги қолдиқ босим  $P=61$  кПа, иккинчи корпусида -  $P=31$  кПа, учинчи ва тўртинчи корпусларида  $P=8$  кПа, бешинчи корпусида  $P=5$  кПа. Ҳар бир аппаратнинг буғ қобиғига бериладиган ёпиқ буғ сарфи дастлаб ҳисобланган ва мувофиқ равишда  $D_1=0,93$  кг/с;  $D_2=0,85$  кг/с;  $D_3=0,77$  кг/с;  $D_4=0,69$  кг/с;  $D_5=0,62$  кг/с -ни ташқил этади.

Математик моделнинг дастлабки ҳисоблари амалга оширилган ва натижалар таҳлил қилинган:

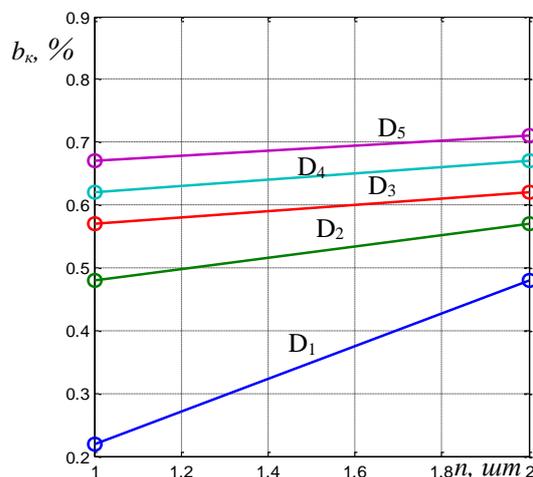
-  $D_1=0.93$  кг/с бўлганда шарбат концентрациясини ВБМ-нинг корпусларида ўсишига боғлиқлиги (1-расм). Тут меваси шарбатини бир корпусли аппаратда қуюлтиришда ёпиқ буғ сарфи  $D_1=0,93$  кг/с бўлганда шарбат концентрациясининг  $b_n=0,22\%$ -дан  $b_k=0,48\%$ -гача ўсиши кузатилган. Концентрациянинг ўсиш қонунияти - чизикли эканлиги аниқланган;

- шарбат концентрациясининг ёпиқ буғнинг сарфи  $D_1=0,93$  кг/с;  $D_2=0,85$  кг/с;  $D_3=0,77$  кг/с;  $D_4=0,69$  кг/с;  $D_5=0,62$  кг/с бўлганда, ВБМ-нинг корпусларида ўсиши (2-расм). Буғнинг турли сарфлари  $D(i)$  учун графиклар серияси (1,2-расмлар) буғнинг сарфи кўпайиши билан, температура ошиши ва жараён жадаллашишини аниқланган;

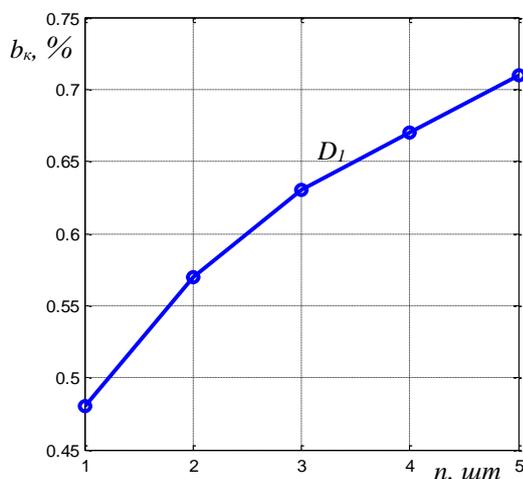
- буғ сарфи  $D_1=0.93$   $кг/с$  бўлганда концентрацияларни ВБМ-нинг корпусларида ўсиш графиги (3-расм). Жараён графиги, шарбат концентрациясини бир, икки, уч, тўрт ва беш корпусли қурилмаларда ўсишини кўрсатган. Мувофиқ равишда ёпиқ буғ сарфи ўзгармас бўлганда, бир корпусли қурилмада шарбат концентрацияси 0,22%-дан 0,48%-гача, икки корпуслида 0,48%-дан 0,57%-гача, уч корпуслида 0,57%-дан 0,62%-гача, тўрт корпуслида 0,62%-дан 0,67%-гача, беш корпуслида 0,67%-дан 0,71%-гача ўзгариши аниқланган;



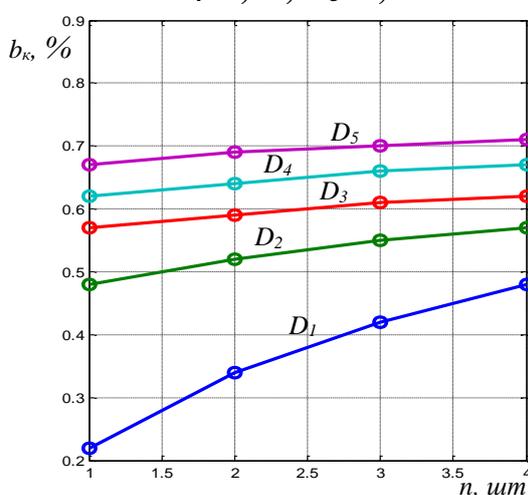
**1-расм. ВБМ нинг I корпусида шарбат концентрациясининг ўсиш графиги  $D_1=0,93$ .**



**2-расм.  $D_1 = 0,93$  да ВБМ корпусларида шарбат концентрациясининг ўсиши графиги;  $D_2=0,85$ ;  $D_3=0,77$ ;  $D_4=0,69$ ;  $D_5=0,62$ .**



**3-расм.  $D_1=0.93$   $кг/с$  бўлганда ВБМ-нинг корпусларида концентрациялар ошиши графиги.**



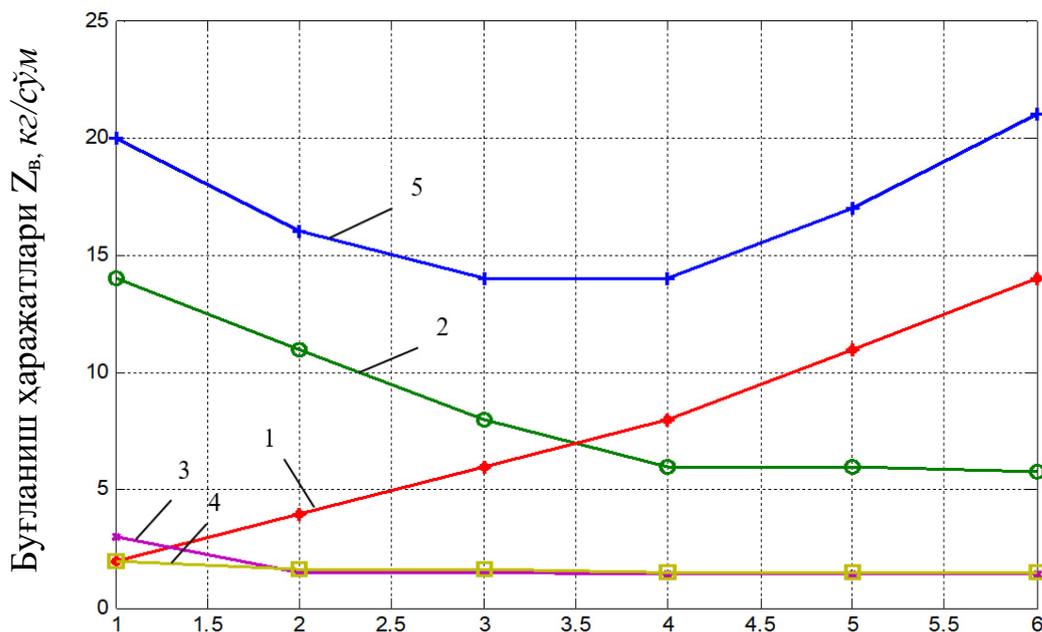
**4-расм.  $D_1 = 0,93$ ;  $D_2=0,85$ ;  $D_3=0,77$ ;  $D_4=0,69$ ;  $D_5=0,62$ -да ВБМ корпусларидаги концентрацияларнинг ўсиши графиги.**

- буғ сарфи  $D_1=0,93$ ;  $D_2=0,85$ ;  $D_3=0,77$ ;  $D_4=0,69$ ;  $D_5=0,62$   $кг/с$  бўлганда концентрациянинг ВБМ корпуслари бўйича ўсиш графиклари (4 - расм). Жараён динамикаси. Корпуслар сони бирдан бештагача бўлган ВБМ-да буғлатиш режимларини тадқиқ этиб, ҳар бир корпусдаги ёпиқ буғнинг оптимал сарфи топилган. Ёпиқ буғ сарфининг бу қийматларида ҳар бир корпусдаги концентрация қуйидаги тартибда ўзгаради: ёпиқ буғ сарфи  $D_1=0,93$   $кг/с$  бўлганда

концентрация ўсишининг графиги 4-расмда келтирилган билан бир хил, яъни беш корпусда 0,22%-дан 0,71%-гача ўсади;  $D_2=0,85$  кг/с бўлганда, концентрация 0,48%-дан 0,57%-гача;  $D_3=0,77$  кг/с бўлганда, концентрация 0,62%-дан 0,67%-гача;  $D_4=0,69$  кг/с бўлганда концентрация 0,62%-дан 0,67%-гача,  $D_5=0,62$  кг/с бўлганда концентрация 0,67%-дан 0,71%-гача ошган.

Шарбатни ККБ жараёнини математик моделлаштириш ва тадқиқ этишининг мантиқий ниҳояси жараёни иқтисодий кўрсаткичларини тадқиқ этишга йўналтирилган.

Буғлатиш аппаратларини корпусларининг сони 1-дан 6-гача (5-расм) ўзгариш интервалида маҳсулот бирлигини ишлаб чиқариш сарф-харажати 15,2 дан 21 сўм/кг-гача бўлган. Маҳсулот бирлигини ишлаб чиқариш учун энг кам сарф-харажат уч корпусли ВБМ-далиги ҳисоблаб топилган.



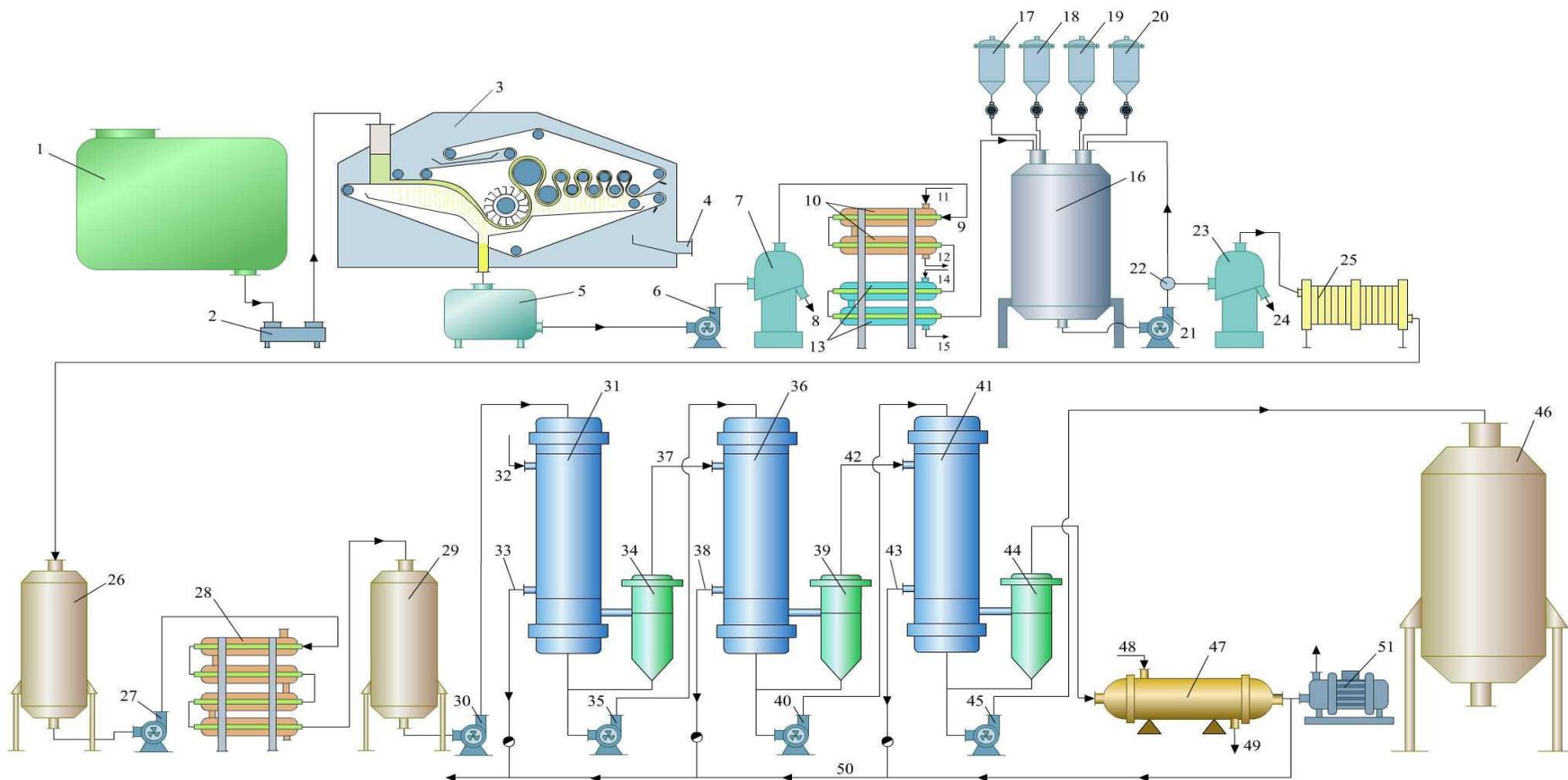
ВБМ корпусларининг сони, n

**5-расм. Буғлатилган шарбат бирлиги сарф-харажатининг ВБМ нинг корпуслари сонига боғлиқлиги графиглари.**

1-аппаратлар нархи, 2-аппаратларни ёпиқ буғ билан иситиш сарф-харажатлари, 3-ВБМ-да вакуум ҳосил қилиш сарф-харажати, 4-иккиламчи буғларни совуқ сув билан конденсациялаш сарф-харажати, 5-ВБМда буғлатишдаги барча харажатлар суммасининг графиги.

Диссертация ишининг “Тут мевасини кайта ишлаб, шарбат ва концентрат олиш линиясини амалиётга жорий этиш. Иқтисодий самарадорлик” деб номланган тўртинчи бобида тут шарбати ва концентрати ишлаб чиқариш технологик схемаси, тут меваси концентратидан фойдаланиб, функционал ичимликлар ишлаб чиқариш линияси, ишлаб чиқаришга жорий этишдан кутилаётган иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш натижалари келтирилган.

Диссертация иловасида математик моделларни ҳисоблаш жараёнини ёритувчи қўшимча материаллар, ишланмани ишлаб чиқаришга жорий қилиш босқичини кўрсатувчи ҳужжатлар келтирилган.



1- тут меваларини қабул қилиш учун буфер идиш; 2-винтли насос; 3-лентали пресс; 4-сикма чиқариш жойи; 5-шарбат йиғиш сиғими; 6, 21, 27, 30, 35, 40, 45 - насослар; 7-механик аралашмалар ажратгичи; 8, 24-сепараторнинг чиқиндиларни ажратиш жойи; 10-“қувурдаги қувур” иситгичи; 11-иситиш бугининг кириш жойи; 12- иситиш буғи конденсатининг чиқиш жойи; 13-“қувур ичида қувур” совутгичи; 14-совуқ сув кириш жойи; 15-совуқ сув чиқиш жойи; 16-ферментёр; 17-амилаза ферменти дозатори; 18- пектиназа ферменти дозатори; 19-эрбигел солинган бачок; 20-бентонит солинган бачок; 23-чўқиндилар ажратгичи (декантатор); 22-шарбатни йўналтириш крани; 25-фильтр; 26, 29 - фильтрланган шарбат йиғиш учун танк; 28-“қувур ичида қувур” иситгичи; 31-3 корпусли вакуум-буғлатиш мажмуасининг (ВБМ) биринчи корпуси, 32-иситиш буғини кириш патрубкиси; 33-конденсат чиқиш патрубкиси; 34-ВБМ 1-корпусининг сепаратори; 36-ВБМ 2 корпуси; 37- ВБМ-нинг 2-корпусига иккиламчи буғнинг кириш жойи; 38-ВБМ-нинг 2-корпусидан конденсат чиқиш жойи; 39 - ВВКнинг 2-корпусининг сепаратори; 41-ВБМ-нинг учинчи корпуси; 42-иситиш буғини кириш патрубкиси; 43-конденсат чиқиш патрубкиси 44-ВБМ 3-корпусининг сепаратори 46-асептик концентрат тўплаш танки; 47-иккиламчи буғ конденсатори; 48 - совуқ сув кириш жойи; 49-совуқ сув чиқиши; 50-цех конденсат линияси; 51-вакуум-насос.

**6-расм. Тут мевасидан шарбат ва концентрат ишлаб чиқариш технологик линияси.**

## ХУЛОСА

1. Меваларни фракциялаб қайта ишлаш жараёнларини математик моделлаштириш ва оптималлаштириш муаммосига бағишланган ишларнинг аналитик таҳлили ўтказилган.

2. Лаборатория шароитида тут мевасидан шарбат пресслаб олинган, хом шарбат, сикманинг вазн улушлари аниқланган, шарбатнинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилган, пектин ва крахмал мавжудлиги аниқланган, ферментланган шарбат шаффофлантирилган, шарбат ва чўкиндининг вазн улуши аниқланган.

3. Тут шарбати ва концентрати ишлаб чиқариш линиясининг принципиал схемаси ишлаб чиқилган.

4. Центрифугалаш жараёнининг математик модели, шу жумладан тут шарбатининг эрувчан Э ва ноэрувчан НЭ қуруқ моддалари концентрациясига оид моддий баланс тенгламалари, центрифугалашнинг иқтисодий кўрсаткичларини оптималлаштириш модели олинган.

5. Шарбатни буғлатиш жараёнини динамикасининг математик модели ва буғлатишнинг иқтисодий кўрсаткичларини оптималлаштириш модели, шунингдек, тут шарбатини қуюлтириш жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари учун тенгламалар тизими, ишлаб чиқарилаётган маҳсулот бирлигига бўлган сарф ва энергия харажатлари ҳамда капитал қўйилмалар амортизацияси ҳисобга олиниб, бир, икки, уч, тўрт ва беш корпусли вакуум-буғлатиш аппаратларида қуюлтириш жараёнларининг модели олинган.

6. Пресслаб ажратилган тут мевасининг хом шарбатини қуюлтириш жараёни дифференциал тенгламалар билан ифодаланган, комплекс MATLAB дастури ва унинг SIMULINK қисми ёрдамида тадқиқ этилган, буғланиш жараёнининг боришига таъсир қилувчи параметрларнинг салмоғи бўйича олинган натижалар таҳлили ўтказилган, трансцендентал мувозанат тенгламалар тизимини ечишнинг итератив алгоритми таклиф қилинган, тадқиқот натижалари буғлатиш комплексининг сепараторида фазалар интерфейсидан намликнинг буғланишини фазалараро мувозанат ҳамда буғ ва сувнинг босимини қисман ўзгариши асосида ҳисоблаш натижаларига адекват бўлиб чиққан, улар саноат тажрибалари натижалари билан ҳам бир хиллиги аниқланган.

7. Тут меваси шарбатини центрифугалаш жараёни дастлабки яримтайёр маҳсулотни ферментлаш натижасида олинган чўкмани декантация қилиш босқичида оптималлаштирилган ва кўп корпусли ВБМ-да буғлатиш жараёни технологиянинг асосий параметрлари бўйича график усулида оптималлаштирилган.

8. Муҳандислик ҳисоб-китобларининг элементлари таклиф этилган, уларни ҳисоблаш методологиясига киритиш центрифугалаш ва буғлатиш аппаратларини оқилона ҳисоблаш имконини берган ва тегишли қурилмаларнинг иш параметрларини ҳисоблаш учун ечимлар ишлаб чиқилган. “Vozor tomat pastasi” МЧЖ ва “Shuhrat sharbati” ХК корхоналарида мавсумда 300 *t* хом ашёни қайта ишлаш натижасида 195 948 000 *cўм* иқтисодий самара олиш имконияти ҳисоблаб топилган.

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

---

**УРГЕНЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**САМАНДАРОВ АБРОРБЕК ИСЛОМБОЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОКА И  
КОНЦЕНТРАТА ПЛОДОВ ТУТОВНИКА И ОПТИМИЗАЦИЯ  
ПРОЦЕССОВ**

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

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

**Ташкент – 2024**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.1.PhD/Т3843.

Диссертация выполнена в Ургенчский государственный университет.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице научного совета по адресу ([ik-kimyo.npi.uz](http://ik-kimyo.npi.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Максумова Дилрабо Кучкоровна**  
кандидат технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Баракаев Нусратилла Ражабович**  
доктор технических наук, профессор  
**Бобоев Акмал Хатамович**  
доктор философии технических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится «15» 06 2024 г. в «9<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-20; факс: (+99871) 244-79-17; e-mail: [kti\\_info@edu.uz](mailto:kti_info@edu.uz), Административный корпус Ташкентского химико-технологического института, 2 этаж, конференц-зал).

Диссертация зарегистрирована в информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за № 785 с которым можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-20).

Автореферат диссертации разослан «18» 05 2024 г.г.в.  
(протокол реестра рассылки № 485 от «18» 05 2024 года.)



**С.М.Туробжонов**  
Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., академик

**Х.И.Кадиров**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

**К.П.Серкяев**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировом масштабе сельскохозяйственное сырье является источником обеспечения населения свежей растительной продукцией. Требуется совершенствовать технологии сбора, хранения, глубокой переработки сельскохозяйственного сырья и вывода его на мировые рынки, повышение их конкурентоспособности, одновременно с этим совершенствование технологии и оборудования для получения сока из плодов с высоким качеством и калорийностью, очищения сока, выпаривания его с сохранением биологически активных веществ плодов, расширение производства концентрата.

В пищевой промышленности мира проводятся научные исследования по переработке сырья, богатого углеводами, белками, минеральными веществами, витаминами, органическими кислотами и полифенолами, а также по производству высококачественной продукции. В связи с этим уделяется особое внимание эффективному использованию природного сырья, увеличению выпуска новых видов продукции, получению на промышленных предприятиях качественных и безопасных пищевых продуктов с высокой пищевой, биологической и энергетической ценностью, снижению их себестоимости, в том числе получению из плодов шелковицы соков и концентратов, совершенствованию технологий переработки и тестированию готовой продукции.

Значительные результаты достигаются в улучшении экономических и социальных показателей пищевой промышленности страны за счет производства и хранения в республике полезной для здоровья переработанной растительной продукции в необходимом количестве и ассортименте. В стратегии развития нового Узбекистана важными задачами являются «углубление структурных преобразований и последовательное развитие потенциала переработки сельскохозяйственной продукции, дальнейшее укрепление пищевой безопасности страны, расширение производства экологически чистой, высококачественной продукции, повышение экспортного потенциала аграрного сектора»<sup>2</sup> Оценивая количество и эффективность сырья, необходимо обновлять существующие рецептуры и технологии, применять их в производстве, снижать себестоимость готовой продукции, получать продукцию высокого качества с сохранением природных свойств сырья. Расширение пищевых предприятий за счет использования нетрадиционного сырья.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит осуществлению задач, намеченных Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-60 «О стратегии развития нового узбекистана на 2022-2026 годы», в постановлениях от 23 октября 2019 года ПП-5853 «Об утверждении Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы», 29 июля 2019 г. № ПП-4406 «О дополнительных мерах по глубокой переработке сельхозпродукции и дальнейшему развитию пищевой промышленности», а также в других нормативно-правовых документах,

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

относящихся к данной деятельности.

**Соответствие исследования от приоритетных направлений развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

**Степень изученности проблемы.** По расширению ассортимента пищевых продуктов, использованию в функциональных целях витаминного, углеводного, минерального состава и органических кислот, применению в этих исследованиях методологии системного анализа и математического моделирования вели исследования Y.Huo, R.K.Datta, A.K.Awasthi, I.Güven, R.P.Srivastava, J.Li, H.Chen, Y.Garnida, N.Meeso, A.S.Majumdar, T.Furuno, V.Srijesaruk, L.G.Tabil, W.R.Daud, Z.Yapar, C.Ertekýn, Б.Л. Флауменбаум, В.В.Кафаров, И.Н.Дорохов, Л.Н.Липатов, М.Б.Глебов, Ж.М.Курбанов, А.Ф.Сафаров, А.Х.Маматкулов, Қ.О.Додаев, А.А.Артиков, И.Б.Исобоев, Ж.Э.Сафаров, Х.Ф.Жураев, А.Дж. Тошев, Ш.Н. Атаханов и др.

Этими учеными разработаны методы сушки плодов, фракционирования съедобных составляющих на сок и мякоть, способы осуществления перехода лекарственных компонентов в жидкое составляющее, способы избавления от кожуры, семян и стручков плодов, не перевариваемых организмом, рекомендованы технологии производства фруктовых соков и концентратов с полным охватом полезных компонентов.

Одновременно с этим ведется совершенствование технологии и оборудования для извлечения сока из плодов тутового шелкопряда, очистки сока, выпаривания сохраняя биологически активные компоненты, содержащихся в плодах, и разработки энергосберегающей технологии путем математического моделирования процессов, имеющих в технологии получения концентрата.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана прикладного проекта № 142-12-0-А/22 - “Технология получения новых видов продукции на основе местных сортов дыни” входящего в планы научно-исследовательских работ Ургенчского государственного университета (2020-2022 гг).

**Цель исследования** совершенствование технологии получения сока и концентрата плодов тутовника и оптимизация процессов переработки.

**Задачи исследования:**

обзор литературы и изучение состояния математического моделирования и оптимизации процессов переработки плодов фракционированием;

выделение сока плодов тутовника прессованием, исследование процесса расщепления пектина и крахмала, очистка и фильтрование сока, определение процентного содержания его компонентов;

разработка принципиальной схемы линии по производству сока и концентрата плодов тутового шелкопряда;

формирование модели оптимизации экономических параметров процесса декантации осадков сока в поле центробежных сил (ПЦС);

разработка модели исследования и оптимизации выпаривания осветленного сока в многокорпусном вакуумно-выпарном комплексе (МВВК);

проверка совместимости математических выражений с реальным процессом, исследование процессов декантации твердых частиц, выпаривания сока и получения концентрата на математической модели;

оптимизация процессов декантации осадка ферментированного тутового сока в поле центробежных сил и концентрирования осветленного сока на многокорпусной вакуум-выпарной установке;

расчет достигнутой технико-экономической эффективности при использовании разработки на консервном предприятии и разработка рекомендаций.

**Объект исследования** являются плоды и сок тутовника, разделение осадка сока в поле центробежных сил, осветление и выпаривание сока в многокорпусной вакуум-выпарной установке.

**Предмет исследования** являются интенсификация и повышение эффективности процесса выпаривания сока плодов тутовника, полученного в виде фугата центрифугированием, протекающего в мягком режиме выпаривания за счет снижения сопротивления среды выделению гидромеханическим способом, реализация режима осуществления процесса в разновидностях существующих аппаратов.

**Методы исследования.** В ходе исследований оценка органолептических показателей осуществлена модифицированным методом Е.Д.Тильгнера, определение общего количества углеводов - методом Дюбуа, белков - методом Кьелдаля, определение содержания витаминов С, В и др. осуществлено методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

крахмал и пектин, содержащиеся в соке шелковицы, расщепляются, осадок отделяется, доказано, что минералы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  сохраняются в состоянии ионов в концентрате, полученном в вакуум-выпарном аппарате;

в соке шелковицы рефрактометрическое содержание сахара в сухом веществе 18%, количество тяжелых металлов, таких как свинец, железо, кадмий, никель, оказались меньше допустимых норм (ПДК) и обосновано отсутствие оксиметилфурфурола;

установлено, что влажность густой массы 78-80,5%, содержит целлюлозу и гемицеллюлозу, концентрация сухого вещества 19,5-22%, плотность густой массы  $1060 \text{ кг/м}^3$ , соответствует использования центрифуги;

графически оптимизированы процессы декантации осадка сока плодов шелковицы и концентрирование осветленного сока в многокорпусном вакуумно-выпарном комплексе, в результате обосновано достижение максимального сохранения сахаров, микро- и макроэлементов, витаминов, органических кислот, ароматических веществ, пигментов;

оптимизированы процессы получения сока плодов шелковицы, усовершенствована технология производства концентрата.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

получены аналитические и экспериментальные модели, полезные при практическом исследовании процессов, подобных тепломассообмену, разработано универсальное программное обеспечение;

определены оптимальные условия процессов декантации осадка в осветлённом соке плодов шелковицы в поле центробежных сил и выпаривания осветленного сока;

усовершенствована технология производства сока и концентрата плодов шелковицы.

**Достоверность результатов исследования** Достоверность результатов исследований обусловлена использованием высокоточных анализаторов влажности при получении экспериментальных результатов, точностью математических моделей современных компьютерных программ, таких как MATLAB, STATISTICA 6.0, операционных сред, таких как Windows XP, Microsoft Excel и адекватность критериев оценки рассматриваемой области на основе результатов проведенных исследований и их сравнительного анализа с реальными производственными данными.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований объясняется тем, что научно обоснована и утверждена опытами целесообразность переработки плодов тутовника на сок и концентрат, куда переходят углеводы и весь полезный состав плодов при осуществлении ТМО процессов в мягком режиме;

практическая значимость результатов исследования объясняется расширением видов сладких пищевых продуктов, содержащих натуральные компоненты, предотвращающие сердечно-сосудистые заболевания, что, в свою очередь, позволяет производить диетические продукты с низкой себестоимостью из местного сырья и расширять ассортимент безопасных сладких полуфабрикатов высокого качества.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов, полученных по усовершенствованию технологии производства концентратов из плодов тутовника рекомендованы:

технология производства концентрата сока плодов тутовника включена в «Перечень перспективных разработок для реализации в 2024-2028 годах» «Ассоциации пищевой промышленности Узбекистана» (справка № 14-112/12-23 от 14 декабря 2023 года). Результаты позволяют получить безопасный для потребления концентрат шелковицы, богатый сахарами, микро- и макроэлементами, витаминами и лечебными органическими кислотами;

технология производства сока плодов тутовника принята к внедрению Ассоциацией пищевой промышленности Узбекистана, (справка №14-112/12-23 от 15 декабря 2023 года). В результате удалось получить сок плодов тутовника, богатый витаминами, микро- и макроэлементами и органическими кислотами, которые защищают печень, снижают артериальное давление, снижают уровень сахара и липидов в крови.

**Апробация результатов исследования.** Полученные результаты доложены, обсуждены и одобрены на 10, в том числе 3 международных научных конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме и материалам диссертации опубликовано всего 16 научных работ. Из них 6 научных статьи, в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для опубликования основных научных результатов докторских диссертаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 115 страницах компьютерного текста, включает 14 таблиц и 60 рисунков.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновываются актуальность и необходимость проводимых исследований, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследований, а также показывается их совместимость с приоритетными направлениями развития науки и техники республики. Описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, представлены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованные работы и структура диссертации.

В первой главе диссертации, названной «**Литературный обзор. Информация о плодах тутовника и анализ оборудования для их переработки**», изучены физико-химические свойства плодов тутовника и ее компонентов как объекта переработки. Содержит информацию о существующих технологиях переработки, процессах производства тутового сока, концентрата и газированных напитков, а также оборудовании для осуществления процессов. Сформулированы цели и задачи исследования.

Для проведения диссертационных исследований воспользуемся химическим составом плодов тутовника, определённом в Бухарской области С.Джаббаровой, приведенных в таблице 1.

**Таблица 1**

### **Химический состав плодов тутовника**

№	Пищевые компоненты	Массовая доля, г/100 г в плодах
1	Вода, %	81,74
2	Белки, %	0,78
3	Сахара, %	12,60
4	Крахмал, %	0,65
5	Пектин, %	0,21
6	Органические кислоты	1,34

Во второй главе диссертации, названной «**Лабораторно-экспериментальные методы, реактивы, методики, результаты экспериментов и их обсуждение. Метод расчета процесса**», приведены результаты анализов, материалы, использованные в ходе экспериментов и стандартные требования к ним, объекты исследования и методы, используемые в процессе исследования.

Таблица 2

**Результаты сравнения концентрата сока плодов тутовника и традиционного «Шинни тутовника»**

№	Наименование показателей	Результаты опытов	
		Концентрат, приготовленный в лаборатории	Традиционный «Шинни тутовника»
1	Массовая доля натрия: Na <sup>+</sup> , мг/мл	0,41	0,38
2	Массовая доля калия: K <sup>+</sup> , мг/мл	10,31	9,34
3	Массовая доля кальция: Ca <sup>2+</sup> , мг/мл	2,11	1,38
4	Массовая доля магния: Mg <sup>2+</sup> , мг/мл	0,96	0,77
5	pH, (1%ного раствора)	4,71	4,95
6	Качественная реакция: ионы C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Нет помутнения	Нет помутнения
7	Массовая доля титрируемых кислот (в пересчёте в яблочную кислоту), %	1,42	1,22
8	Массовая доля растворимых сухих веществ (10%ный раствор), %	9,2	8,1
9	Массовая доля глюкозы, %	86,0	67,0

Из таблицы 2 видно, что в концентрате, полученном путем расщепления крахмала и пектина, содержащихся в соке плодов тутовника, после отделения осадка и получения концентрата осветлённого сока путём вакуумного выпаривания определены ионы Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>. В продукте отсутствовали признаки мутности, титрованной кислоты, растворимых сухих веществ и значительно более высокая массовая доля глюкозы. Это указывает на то, что все растворимые вещества перешли в сок и количество непитательных компонентов в соке резко сократилось. Например, массовая доля глюкозы составляла 86% сухого вещества (67% в «Шинни» тутовый), а это означает, что «Шинни» тутовый содержит много непитательных компонентов, продуктов реакций меланоидина.

Рефрактометрическое содержание сухих веществ в соке плодов тутовника составляет 19,5%, из них 18% - сахара. Это больше, чем сухие вещества в яблочном (12-14%), гранатовом (10-16%), томатном (4-9%) соках, а значит, плоды тутовника богаты сахарами. Есть тяжелые металлы, такие как свинец, железо, кадмий, никель и их количество ниже ПДК. Оксиметилфурфурол не образовывался благодаря невысокой температуре выпаривания. Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3

**Результаты лабораторного анализа состава сока, концентрата и осадка  
плодов тутовника**

№	Показатели	Результаты испытаний		
		Сок плодов тутовника	Концентрат сока плодов тутовника	Осадок из центрифуги
1.	Количество сухих веществ, %	19,5	64,4	18,8
2.	Массовая доля сахарозы, мг /100 мл	5,56	25,37	30,17
3.	Кислотность, пересчитанная на титруемую лимонную кислоту, %	1,45	1,62	1,18
4.	Массовая доля магния, Mg <sup>2+</sup> ,	0,0005	0,0009	0,0002
5.	Массовая доля калия, K <sup>+</sup> , мг/мл	0,0035	0,0042	0,0017
6.	Массовая доля натрия, Na <sup>+</sup> , мг/мл	0,0016	0,0019	0,0012
7.	Массовая доля кальция, Ca <sup>+</sup> , мг/мл	0,0008	0,0011	0,0003
8.	Витамины, мг/мл:			
	витамин С	0,14	0,74	0,5
	витамин В <sub>1</sub>	0,13	1,26	0,32
	витамин В <sub>2</sub>	-	-	-
	витамин В <sub>6</sub>	0,24	0,10	0,22
	витамин РР	0,04	0,43	0,03
9.	Тяжёлые металлы: мг/кг			
	массовая доля меди	0,0206	0,0550	0,0188
	массовая доля свинца	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
	массовая доля свинца	0,0431	0,1872	0,0189
	массовая доля кадмия	0,0020	0,0012	0,0024
	массовая доля никеля	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
	массовая доля мышьяка	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
10.	5-оксиметилфурфурол	-	Не обнаружен	-

В третьей главе диссертации, под названием «**Математическое моделирование процессов переработки плодов шелковицы**», посвящена получению математического представления процессов центрифугирования сока и выпаривания охлажденного сока в МВБК. Использован программный комплекс MATLAB, его структурный отдел SIMULINK и программы MATCAD. Определен круг исследований и пути подтверждения результатов теоретических исследований с помощью экспериментов.

Информация, достигнутая путём проведения экспериментов о компонентах плодов шелковицы, использована при выполнении технологических расчётов.

Предлагаемая нами технология переработки шелковицы состоит из таких операций, как прессование шелковицы, ферментация сока, декантация осадка,

сгущение сока, асептическая расфасовка.

Материальный баланс процесса фракционирования сока шелковицы в центрифуге представлен системой уравнений (1), математическая модель экономических показателей процесса центрифугирования сока шелковицы состоит из системы уравнений (2). Включает упрощенные для практических расчетов формулы расчета мощности электродвигателя центрифуги, амортизационные отчисления капитальных затрат, годовое потребление электроэнергии и производственные затраты на центрифугирование тутовой пульпы. В них  $M$ -коэффициент ( $M=0,016-0,018$ );  $H_{\delta}$ -высота барабана центрифуги, м;  $n_{\delta}$  - частота вращения барабана,  $c^{-1}$ ;  $r$  - максимальный радиус барабана, м;  $C_c$  - цена центрифуги, сум;  $E_n$  - нормативный коэффициент амортизационных отчислений;  $G_1$  - производительность центрифуги, кг/с;  $\tau_{сез}$  - сезонный ресурс рабочего времени, час.

$$\begin{cases}
 bt1 = br1 + bn1; & b_1, b_{tr1}, b_{m1}, b_{v1} - \text{концентрация поступающего} \\
 bv1 = 1 - bt1; & \text{сока, его растворимых сухих, нерастворимых сухих} \\
 gv1 = G1 * bv1; & \text{компонентов и воды; } b_{tr2}, b_{m2}, b_{v2} - \text{концентрация} \\
 gr1 = G1 * br1; & \text{сухого вещества в густой массе, включая} \\
 gn1 = G1 * bn1; & \text{растворимые и нерастворимые компоненты и воду;} \\
 gt1 = G1 * bt1; & b_{tr3}, b_{m3}, b_{v3} - \text{количество растворимых и} \\
 bt3 = br3 + bn3; & \text{нерастворимых сухих веществ и воды в отцеженном} \\
 bv3 = 1 - bt3; & \text{соке; } G_1, G_2, G_3 - \text{исходный сок (вход), густая масса} \\
 gn1 = gn2; & \text{(выход), отработанный сок (выход).} \\
 G3 = gn3 / bn3; & \text{Для построения математического выражения и} \\
 gv3 = G3 * bv3; & \text{изучения его в виде модели целесообразно ис-} \\
 gr3 = G3 * br3; & \text{пользовать относительные безразмерные величины.} \\
 gt3 = gn3 + gr3; & \text{Построим уравнения материального баланса} \\
 G3 = G1 - G2; & \text{компонентов сока, поступающих в центрифугу и} \\
 gv3 = gv1 - gv2; & \text{выходящих из нее в виде охлажденного сока и} \\
 gr3 = gr1 - gr2; & \text{густой массы.} \\
 gt3 = gr3; & \text{С точки зрения динамического описания процесс} \\
 av3 = gv3 / G3; & \text{является быстрым и простым для устройств,} \\
 an3 = gn3 / G3; & \text{включая оптимизацию процесса разделения в поле} \\
 ar3 = gr3 / G3; & \text{ЦБС, его цены и стоимости эксплуатации - вытекает} \\
 at3 = gt3 / G3; & \text{исходя из расхода электроэнергии.}
 \end{cases}
 \quad (1)$$

$$\begin{cases}
 N_{общ} = 1000 * M * H_{\delta} * n_{\delta}^3 * r^4 \\
 A = C_c E_n / G \tau_{сез} 3600 \\
 N_{\text{э}} = N_{общ} * \tau_{сез} \\
 Z_c = (A * G_1 / G_m) + C_{\text{э}} * N_{\text{э}} / (3600 * G_1 * \tau_{сез})
 \end{cases}
 \quad (2)$$

Известно, что для концентрирования пищевых растворов желательно использовать многокорпусные ВВК. Необходимо создать математическую модель испарения осветлённого тутового сока, решить задачу определения количества корпусов устройства на основе компьютерных исследований. Моделируем процесс испарения однотельного ВВК. Далее можем перейти к

ВВК с двумя, тремя и четырьмя корпусами. Обозначим входные и выходные параметры следующим образом.

$H$  ( $H_k$ ) - уровень жидкости в сепараторе выпарного аппарата, [м];  $S$  - площадь поперечного сечения аппарата, [м<sup>2</sup>];  $G_n$  - расход поступающего в аппарат сока, [кг/с];  $b_n$  - концентрация поступающего сока, [кг/кг];  $t_n$  - температура поступающего а аппарат сока, [°С];  $b_k$  - концентрация выходящего сока, [кг/кг];  $t_k$  - температура выходящего из аппарата, [°С];  $m$  - количество жидкой смеси в корпусе аппарата, [кг];  $G_n$  - расход жидкой смеси, приходящей в корпус аппарата, [кг/с];  $G_k$  - расход жидкой смеси, уходящей через дно аппарата, [кг/с];  $G_2$  - расход испаряющейся жидкости (вторичного пара), [кг/с];  $m$  - количество жидкой смеси в корпусе устройства, [кг];  $V$  - объем жидкости в аппарате, [м<sup>3</sup>];  $\rho$  - плотность жидкости, [кг/м<sup>3</sup>];  $\rho_a$  - плотность жидкой смеси, [кг/м<sup>3</sup>];  $\rho_v$  - плотность чистого продукта, [кг/м<sup>3</sup>];  $t^*$  - температура кипения жидкости под вакуумом в корпусе аппарата, (равновесная температура), [°С];  $c$  - теплоемкость жидкой смеси, [кДж/(кг°С)];  $i_p$ ,  $i_k$  - энтальпия пара и конденсата, подаваемых в межтрубное пространство, [кДж/(кг°С)];  $D$  - расход замкнутого пара, подаваемого в межтрубное пространство, [кг/с].

При моделировании одной стадии процесса гидродинамическая структура течения принимается в виде идеального сжатия или идеального перемешивания. При построении нашей модели объектом моделирования считалась ячейка идеального перемешивания. На следующем этапе при переходе от одного корпуса к целому устройству каждый корпус аппаратной части рассматривается как отдельная ячейка. Они объединяются и принимается модель противоточной ячейки.

Математическая модель выражается уравнением баланса, уравнением, выражающим изменение количества материальной жидкости в единицу времени в зависимости от разности расхода поступающей и исходящей жидкости и испаряющейся влаги, уравнением массы, выраженным объемом и плотностью, дифференциальное уравнение изменения уровня жидкости в аппарате, выраженное через ёмкость корпуса прибора, плотность чистой жидкости, формула для величин растворенных в ней воды и сухого вещества, уравнение функциональной зависимости расхода жидкости, выходящей из аппарата, на высоту жидкости в аппарате (чем выше гидростатическое давление, тем больше расход жидкости, и эта зависимость в простейшем случае считается пропорциональной); уравнение расхода водяного пара, выраженное на основе уравнения теплообмена, движущей силой которого является разность температур, выделяющихся из одного корпуса аппарата; уравнение для определения количества сухого вещества в текущей жидкости; состоит из дифференциального выражения, выражающего изменение температуры жидкости с течением времени.

Поскольку расчет процесса испарения воды связан с термодинамическими параметрами состояния воды, то полученные уравнения зависимости от давления и температуры кипения воды, теплоты парообразования воды, энтальпии пара и энтальпии воды должны иметь зависимый вид. Экспериментально полученные

данные включены в таблицы, представлены и используются в литературе по теплотехнике, теплотехнике. Но не существует эмпирических уравнений, которые можно было бы применить при математическом моделировании процессов ТМО. Используя возможности программы MATLAB, путем статистической обработки данных таблицы получены полиномиальные уравнения состояния воды и пара. Такие полиномы представляют истинное состояние с точностью 99,9% и выше. Эти уравнения также были добавлены в математическую модель процесса выпаривания сока шелковицы.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dH_k}{d\tau} = \frac{1}{S\rho} [G_n - G_k - G_2] \\ G_k = k_1 H_k \\ G_2 = k_2 * (t_k - t^*) \\ \frac{db_k}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho} [G_n * b_n - G_k * b_k] \\ \frac{dt_k}{d\tau} = \frac{1}{SH\rho c} [G_n c t_n - G_k c t_k - G_2 i_{vp} + Di_p - Di_k] \\ \rho = \rho_u * b_k + 1000 * (1 - b_k) \\ t^* = - 0,00059 * p^2 + 0.48 * p + 51 \\ i' = - 2,5 * p^2 + 2000 * p + 210000 \\ r = 1,4 * p^2 - 1200 * p + 2400000 \\ i' = - p^2 + 800 * p + 2600000 \end{array} \right. \quad (3)$$

Изучая процесс отгонки влаги в одно-, двух-, трех-, четырех- и пятикорпусных ВВК, можно создать математическую модель экономических показателей этого процесса. Для достижения поставленной цели были получены математические выражения амортизационных отчислений  $A$ , затрат на создание вакуума в ВВК  $Z_{вк}$ , затрат на нагрев корпуса аппарата замкнутым паром  $Z_{zn}$  и затрат на конденсацию вторичных паров с помощью холодной воды  $Z_{хв}$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = C_{вву} E_n / G_k \tau_{сез} 3600 \\ Z_{вк} = N_{max} C_э / 3600 * G_k \\ Z_{zn} = C_n D_{zn} / 1000 * G_k \\ Z_{хв} = C_{хв} * G_{хв} \\ Z_в = A + Z_{вк} + Z_{zn} + Z_{хв} \end{array} \right. \quad (4)$$

$C_{вву}$  – цена вакуумно-выпарного аппарата, сум;  $N_{max}$  -максимальная мощность электродвигателя, необходимая для вакуумного насоса, [кВт];  $C_э$  – стоимость электроэнергии [сум];  $C_n$  - цена пара 1 т, [сум];  $C_{хв}$  – стоимость холодной воды [сум];  $G_{хв}$  – расход холодной воды [кг/с].

Для упрощения моделирования примем следующее:

- гидродинамическая структура потоков принимается как идеальное сжатие и идеальное перемешивание;
- теплоемкость жидкой смеси принимается постоянной;
- в модели не учтены изменения гидростатического давления.

Для решения системы уравнений (3) необходимо проинтегрировать ее дифференциальные уравнения по времени. Например, чтобы найти высоту столба жидкости  $H$  из уравнения (5), необходимо выполнить следующий расчет:

$$H = \int_0^{\tau} \frac{dH}{d\tau} \quad (5)$$

Таким образом, в диссертационной работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований. Графически показаны гидромеханический процесс декантации соковой массы плодов тутовника и теплообменные процессы упаренного сока. Представлены результаты инженерного расчета элементов исследуемого процесса и конструкций, определения экономической эффективности и применения полученных результатов.

Выполнение работы. Собирают плоды шелковицы, очищают от листьев и веток деревьев, измеряют массу, отделяют сок, измеряют массу компонентов. Сок нагревают до температуры  $90^{\circ}\text{C}$ , выдерживают при этой температуре 3-5 мин и охлаждают до температуры  $50^{\circ}\text{C}$ , затем проводят ферментацию по расщеплению пектина и крахмала, центрифугируют и получают прозрачный сок в ПЦС. Экспериментальная установка представляет собой лабораторную центрифугу METRIMPEX, разработанную в Венгрии. Порядок работы на установке. Суспензию разливают в специально подготовленные полимерные стаканчики, помещают в центрифугу, закрывают крышкой и устанавливают время обработки пробы с помощью таймера. Центрифуга запускается. После автоматической остановки центрифуги стаканчики вынимают и изучают степень отделения сока.

Фугат - растворенная жидкость, содержащая сахара, пектин, крахмал, микро- и макроэлементы, витамины, органические кислоты, ароматические вещества и пигменты. Плотность сока  $1050 \text{ кг/м}^3$ , вязкость не изучалась. Концентрация сухого вещества зависит от сорта шелковицы, степени спелости и других факторов и находится в пределах 19,5-22%. Нерастворимые сухие вещества (НР) полностью отделились от состава сока.

Влажность густой массы 78-80,5%, она содержит целлюлозу, гемицеллюлозу, красители, влага выжимок содержит те же растворенные (Р) сухие вещества. Концентрация сухого вещества 19,5-22%, плотность густой массы  $1060 \text{ кг/м}^3$  в зависимости от режима использования центрифуги.

Компьютерное исследование процесса центрифугирования проводилось на основе его математической модели, представленной в системах (1) и (2).

Расход плодовой массы на входе в центрифугу известен и равен  $G_1=1,95 \text{ кг/с}$ . Также известен состав смеси на входе:  $b_{r1}=22\%$ ;  $b_{n1}=5\%$ ,  $a_{s1}=73\%$ . Требуется получить густую массу  $b_{n2}$  заданной концентрации.

Индексы: 1-вход центрифуги, 2-конденсат, 3-осветленный сок,  $v$ -вода,  $t$ -твердый компонент;  $r$ -растворимый компонент;  $n$ -нерастворимый компонент;  $l=v+r$  смесь воды и растворенных в ней сухих веществ,  $G$ ,  $g$ -расходы,  $b$ -

концентрация.

На показаны зависимости расхода густой массы  $G_2$  и фугата  $G_3$  на выходе из центрифуги от входного расхода  $G_1$ , изменения концентрации густой массы на выходе  $b_{r2}$ , концентрации фугата  $b_{t2}$  и расхода жидкости  $g_{t3}$  относительно к входному расходу  $G_1$ , расходу НР компонента  $g_{n2}$  в густой массе, расходу НР-компонента в исходной пульпе  $g_{n1}$ , изменению концентраций воды  $b_{v2}$  и Р компонента  $b_{r2}$  в густой массе, а также воды  $b_{v3}$  и растворимого компонента  $b_{r3}$  в фугате, зависимость концентрации компонентов Р  $a_{r1}$  и НР  $b_{n1}$  в густой массе от концентрации растворимых сухих веществ  $b_{r1}$  в исходной пульпе, концентрация Р компонента в густой массе расхода исходного растворимого компонента  $b_{t2}$ . Исследована зависимость расхода  $G_1$  от соотношения фактического и теоретического расходов исходного сырья  $G_1/G_t$ .

Далее исследован процесс сгущения сока шелковицы в одно-, двух-, трех-, четырех- и пятикорпусном ВВК. По математической модели рассчитан процесс выпаривания сока и получены его динамические характеристики. Модель и программа исследования пятикорпусного ВВК представлены.

Выпаривание проводят при минимальной температуре, так как воздействие высокой температуры приводит к потере ценных компонентов сока, снижению цветности концентрата. С другой стороны, слишком сильное понижение температуры вызывает увеличение расхода, оптимальный режим найден на основе исследований.

Начальная температура мякоти плодов тутовника на входе в аппарат не должна превышать  $t_n = 90^\circ\text{C}$ . Остаточное давление в первом корпусе ВВК  $P = 61 \text{ кПа}$ , во втором корпусе -  $P = 31 \text{ кПа}$ , в третьем и четвертом корпусах  $P = 8 \text{ кПа}$ , в пятом корпусе  $P = 5 \text{ кПа}$ . Расход глухого пара, подаваемого в паровую рубашку каждого аппарата, изначально рассчитывается и соответственно составляет  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$ ;  $D_2=0,85 \text{ кг/с}$ ;  $D_3=0,77 \text{ кг/с}$ ;  $D_4=0,69 \text{ кг/с}$ ;  $D_5=0,62 \text{ кг/с}$ .

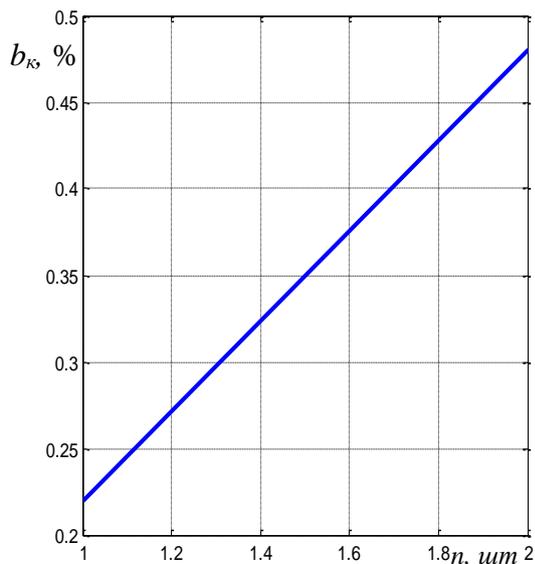
Были проведены предварительные расчеты математической модели, анализы результатов представлены ниже:

- зависимость роста концентрации сока в корпусах ВВК при  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$  (рис. 1). При концентрировании сока плодов тутовника в однокорпусном аппарате наблюдалось увеличение концентрации сока от  $b_k=0,22\%$  до  $b_k=0,48\%$  при расходе глухого пара  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$ . Закон роста концентрации линейный;

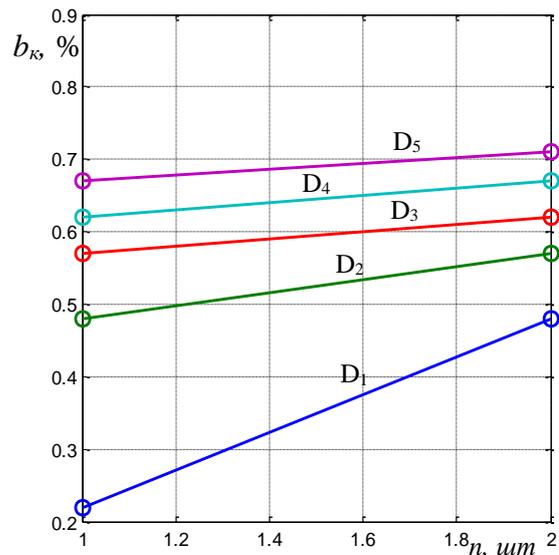
- рост концентрации сока при расходах глухого пара по корпусам ВВК:  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$ ;  $D_2=0,85 \text{ кг/с}$ ;  $D_3=0,77 \text{ кг/с}$ ;  $D_4=0,69 \text{ кг/с}$ ;  $D_5=0,62 \text{ кг/с}$  (рис.2). Серия графиков для различных расходов пара  $D(i)$  (рис. 1,2) показывает, что с увеличением расхода пара температура увеличивается и процесс ускоряется;

- график роста концентраций по корпусам ВВК при расходе пара  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$  (рис. 3). График процесса показал увеличение концентрации сока в одно-, двух-, трех-, четырех- и пятикорпусных установках. Соответственно, при постоянном потреблении пара в закрытом помещении концентрация сока увеличивается от 0,22% до 0,48% в однокорпусном комплексе, от 0,48% до 0,57% в двухкорпусном, от 0,57% до 0,62% в трехкорпусном, от 0,62% до 0,67%

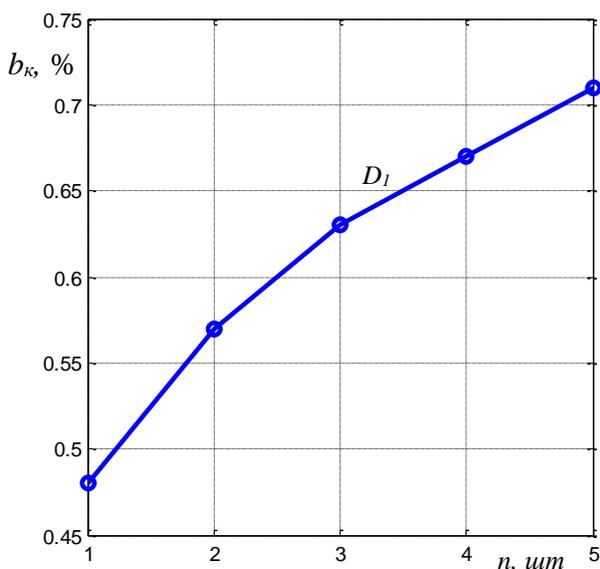
в четырехкорпусном, от 0,67% до 0,71% в пятикорпусном комплексе;



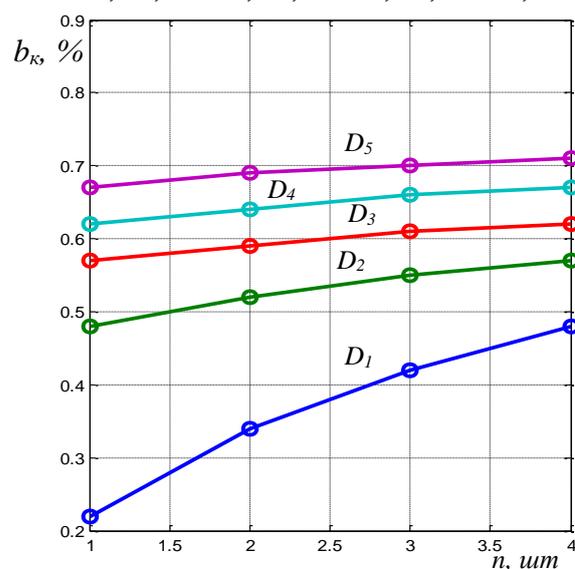
**Рис. 1.** График роста концентрации сока в I корпусе ВВК,  $D_1=0,93$ .



**Рис. 2.** График роста концентрации сока при  $D_1 = 0,93$  по корпусам ВВК;  $D_2=0,85$ ;  $D_3=0,77$ ;  $D_4=0,69$ ;  $D_5=0,62$ .



**Рис. 3.** Графики повышения концентраций в ВВК при  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$ .



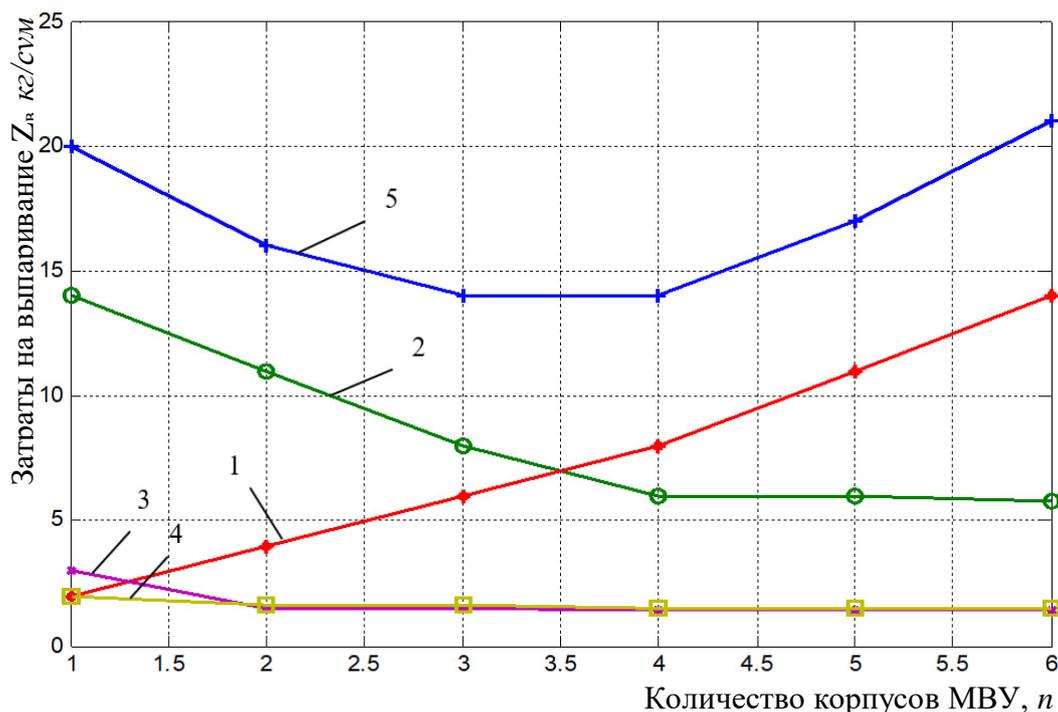
**Рис. 4.** Графики изменений концентраций по корпусам ВВК при  $D_1 = 0,93$ ;  $D_2=0,85$ ;  $D_3=0,77$ ;  $D_4=0,69$ ;  $D_5=0,62$ .

- графики роста концентрации в ВВК при расходах пара  $D_1=0,93$ ;  $D_2=0,85$ ;  $D_3=0,77$ ;  $D_4=0,69$ ;  $D_5=0,62 \text{ кг/с}$  (рис. 4). Динамика процесса. Путем исследования режимов испарения в ВВК с количеством корпусов от одного до пяти найден оптимальные значения расходов глухого пара в каждом корпусе комплекса. При этих значениях расхода глухого пара концентрация в каждом случае изменяется в следующем порядке: при расходе глухого пара  $D_1=0,93 \text{ кг/с}$  график роста концентрации такой же, как показано на рис. 4, т.е. в пяти случаях она увеличивается с 0,22% до 0,71%; при  $D_2=0,85 \text{ кг/с}$  концентрация сока увеличивается от 0,48% до 0,57%; при  $D_3=0,77 \text{ кг/с}$  концентрация сока

увеличивается от 0,62% до 0,67%; при  $D_4=0,69$  кг/с концентрация увеличилась от 0,62% до 0,67% и при  $D_5=0,62$  кг/с; концентрация увеличилась от 0,67% до 0,71%.

Логическим завершением математического моделирования и исследования процесса производства соков в ВВК является исследование экономических показателей процесса.

Себестоимость единицы продукции составляла от 15,2 до 21 сум/кг в диапазоне количества корпусов испарителей от 1 до 6 (рис.5). Наименьшее значение себестоимости единицы продукции согласно расчётам достигнута при трехкорпусном ВВК.

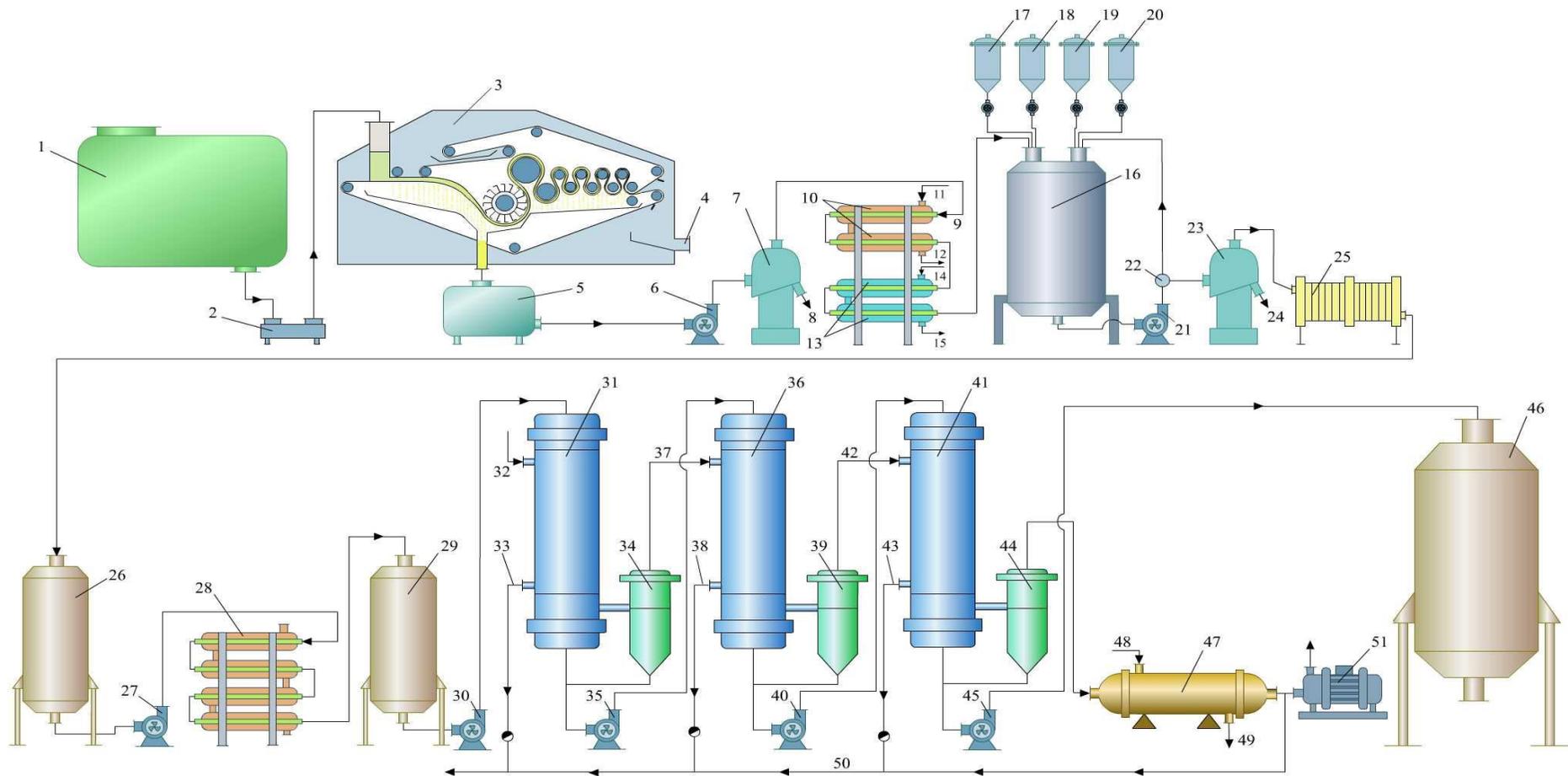


**Рис. 5. Зависимость затрат на единицу выпариваемого сока от числа корпусов МВУ**

1-стоимость аппарата, 2-расходы на нагрев аппаратов глухим паром, 3-расходы на создание вакуума в ВВУ, 4-затраты на конденсацию вторичных паров холодной водой, 5- график суммы всех затрат на испарение ВВУ.

В четвёртой главе диссертации, названной “**Внедрение в производство линии переработки плодов тутовника на сок и концентрат. Экономическая эффективность**” приведены технологическая схема производства сока и концентрата плодов тутовника, линия производства функциональных напитков из концентрата сока плодов тутовника, рассчитан экономический эффект от внедрения в производство результатов исследований.

**В приложении** к диссертации содержатся дополнительные материалы, освещающие процесс расчета математических моделей, документы, показывающие этап внедрения разработки в производство.



1- буферная ёмкость приёма плодов тутовника; 2-винтовой насос; 3-ленточный пресс; 4-узел отвода выжимок; 5-сборник сока; 6, 21, 27, 30, 35, 40, 45-насосы; 7-сепаратор для удаление механических примесей; 8, 24-узлы выхода отходов сепараторов; 10-нагреватель “труба в трубе”; 11-вход греющего пара; 12-выход конденсата греющего пара; 13-охладитель “труба в трубе”; 14-вход холодной воды; 15-выход холодной воды; 16-ферментёр; 17- ферментный дозатор для амилазы; 18- ферментный дозатор для пектиназы; 19-бачок с эрбигелем; 20-бачок с бентонитом; 23-сепаратор для удаления осадков (декантатор); 22-тройник-направляющий сока; 25-фильтр; 26, 29- танк сбора отфильтрованного сока; 29-подогреватель трубчатый; 31-первый корпус 3 корпусного вакуум-выпарного комплекса (ВВК), 32-патрубок входа греющего пара; 33-патрубок выхода конденсата; 34-сепаратор 1-го корпуса ВВК; 36-2-ой корпус ВВК; 37-вход вторичного пара во 2-ой корпус ВВК; 38-выход конденсата из 2-го корпуса ВВК; 39-сепаратор 2-го корпуса ВВК; 41-третий корпус ВВК; 42-патрубок входа греющего пара; 43-патрубок выхода конденсата; 44-сепаратор 3-го корпуса ВВК; 46-асептический танк накопления концентрата; 47-конденсатор вторичного пара; 48-вход холодной воды; 49-выход холодной воды; 50-цех линия конденсата 51-вакуум-насос.

**Рис. 6. Технологическая линия производства сока и концентрата из плодов шелковицы.**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен аналитический анализ работ, посвященных проблеме математического моделирования и оптимизации фракционной переработки плодов.

2. В лабораторных условиях получен сок плодов тутовника прессованием, определены массовые доли сырого сока и концентрата, изучены физико-химические свойства сока, определены наличие пектина и крахмала, ферментированы, сок осветлён, определены массовые доли сока и осадка.

3. Разработана принципиальная схема линии производства сока и концентрата тутовника.

4. Получена математическая модель процесса центрифугирования, включающая уравнения материального баланса по концентрации растворимых Р и нерастворимых НР сухих веществ сока плодов тутовника, модель оптимизации экономических показателей центрифугирования.

5. С учетом математической модели динамики процесса выпаривания сока и модели оптимизации экономических показателей выпаривания, а также системы уравнений материального и теплового балансов процесса концентрирования тутового сока, расхода и энергозатрат на единицу произведенного продукта, амортизации капитальных вложений получена модель концентрирования сока в одно-, двух-, трёх-, четырех- и пятикорпусных ВВК.

6. Процесс сгущения сырого сока, полученного прессованием плодов тутовника, представлен дифференциальными уравнениями, исследован с помощью комплексной программы MATLAB и ее части SIMULINK, проведен анализ полученных результатов по совокупности параметров, влияющих на ход процесса испарения, предложен итерационный алгоритм решения системы уравнений трансцендентного баланса, результаты исследования адекватны результатам расчета испарения влаги с границы раздела фаз в сепараторе ВВК на основе межфазного равновесия и частичного изменения давления пара и воды, они оказались адекватными к результатам промышленных экспериментов.

7. Оптимизирован процесс центрифугирования сока плодов тутовника на этапе декантации осадка, полученного в результате ферментирования свежепрессованного полуфабриката, а также графически оптимизирован процесс выпаривания на ВВК по основным параметрам технологии.

8. Предложены элементы инженерных расчетов, методика которых позволило рационально рассчитать центрифугирующие и выпарные устройства, а также разработаны решения по расчету рабочих параметров соответствующих устройств. Подсчитана возможность получения 195 948 000 сум экономического эффекта В результате переработки 300 т сырья за сезон в ООО “Bozor tomat pastasi” и ЧП “Shuhrat sharbati”.

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

---

**URGENCH STATE UNIVERSITY**

**SAMANDAROV ABROBEEK ISLOMBOEVICH**

**IMPROVING THE TECHNOLOGY FOR OBTAINING MULBERRY JUICE  
AND CONCENTRATE AND OPTIMIZING PROCESSES**

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

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

**Tashkent - 2024**

The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission under the Minister of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan for B2024.1.PhD/T3843

The dissertation was completed at the Urgench state university.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is posted on the web page of the scientific council at (ik-kimyo.nnu.uz) and on the information and educational portal «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific adviser:**

**Maksumova Dilrabo Kuchkorovna**  
Candidate of technical sciences, docent

**Official opponents:**

**Barakaev Nusratilla Rajabovich**  
doctor of technical Sciences, professor

**Boboev Akmal Khatamovich**  
Doctor of Philosophy of Technical Sciences, docent

**Leading organization:**

**Bukhara engineering-technological institute**

The defense of the dissertation will take place on « 15 » 06 2024 at 9<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent institute of chemical-technology (Address: 100011, Tashkent, Shaykhantakhur district, A. Navoi St., 32. Tel.: (99871) 244-79-20, fax: (99871) 244-79-17, e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz), Administrative building of the Tashkent institute of chemical technology, 2nd floor, conference hall).

The dissertation can be found at the Information and Resource Center of the Tashkent institute chemical technology (registered under the number 785). Address: (100011, Tashkent, Shaykhantakhur district, A.Navoi street, 32. Tel.: (99871) 244-79-20).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 18 » 05 2024 year.  
(Mailing report № 455 on « 18 » 05 2024 y.).



**S.M.Turobjonov**  
Chairman of the Scientific Council for the  
Award scientific Degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Academician

**Kh.L.Kadirov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for the Award of scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, professor

**K.P.Serkaev**  
Chairman of the Scientific Seminar at the  
Scientific Council for the Award of scientific Degrees  
Doctor of Technical sciences, docent

## INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

**The aim of the research work** improving the technology for obtaining mulberry juice and concentrate and optimizing processing processes.

**The object of the research work** mulberry fruits and juice, the process of separating the juice sediment in the field of centrifugal forces, the process of evaporating juice in a vacuum evaporator.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

starch and pectin contained in mulberry juice are broken down, the precipitate is separated, it is proved that minerals  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  are maintained in the state of ions in the concentrate achieved in the vacuum evaporator;

In mulberry juice refractometric sugar content in dry matter 18%, the amount of heavy metals such as lead, iron, cadmium, nickel were less than permissible norms (MPC) and the absence of oxymethylfurfurol was substantiated; it was established that the moisture content of the dense mass is 78-80,5%, contains cellulose and hemicellulose, dry matter concentration is 19,5-22%, density of the dense mass is 1060 kg/m<sup>3</sup>, it conforms to the use of centrifuge;

it was established that the moisture content of the dense mass is 78-80,5%, contains cellulose and hemicellulose, dry matter concentration is 19,5-22%, density of the dense mass is 1060 kg/m<sup>3</sup>, it conforms to the use of centrifuge;

the processes of decantation of mulberry fruit juice sludge and concentration of clarified juice in a multi-vacuum evaporation complex have been graphically optimized; as a result, the maximum preservation of sugars, micro- and macronutrients, vitamins, organic acids, aromatic substances, pigments has been justified;

the processes of silkworm fruit juice preparation have been optimized, the technology of concentrate production has been improved.

**Introduction of the research results.** Based on the results obtained to improve the technology for the production of concentrates from mulberry fruits, the following are recommended:

the technology for the production of mulberry juice concentrate is included in the “List of promising developments for implementation in 2024-2028” of the “Association of the Food Industry of Uzbekistan” (certificate No. 14-112/12-23 dated December 14, 2023). The results make it possible to obtain a mulberry concentrate that is safe for consumption, rich in sugars, micro- and macroelements, vitamins and medicinal organic acids;

The technology for the production of mulberry juice has been accepted for implementation by the Food Industry Association of Uzbekistan (certificate No. 14-112/12-23 dated December 15, 2023). As a result, it was possible to obtain mulberry juice, rich in vitamins, micro- and macroelements and organic acids, which protect the liver, lower blood pressure, and lower blood sugar and lipid levels.

**The structure and volume of dissertation.** The dissertation structure consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and appendices. The work is presented on 115 pages of computer text, includes 14 tables and 60 figures.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I бўлим (I часть; I part)**

1. Самандаров А.И., Додаев К.О., Максумова Д.К. Инновационная технология производства соков и концентратов из плодов шелковицы // Universium: Технические науки: электрон научный журнал. М, 2021. №10(91). - С.23-26 (02.00.00; №1).

2. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев К.О., Рузиев И.С., Курамбаев Ш.Р. Математическое моделирование процесса выпаривания и экономических показателей сока плодов тутовника // ФарПИ илмий-техника журнали. Фарғона, 2023. №17. -Б. 291-295 (05.00.00; №20).

3. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев К.О. Математическое моделирование процесса декантации осадков в соке "Central Asian Food engineering and technology" xalqaro, elektron (online) jurnali. 3-сон, 76-бет. Journal Of Food Science. 2024 Issn: 2181-385x. (02.00.00. ОАК Rayosatining 2023 yil 28 fevraldagi 333/5-son qarori)

4. Samandarov A.I. Study of the chemical composition of mulberry juice concentrate and traditional mulberry molasses // Journal of Research and Innovations Volume II, Issue 2. Tashkent, 2024. ISSN: 2181-4058. DOI Journal 10.56017/2181-4058. 2023. -P. 21-25. (43-з/х) Universal Impact Factor UIF=7.1.

5. Samandarov A.I., Maksumova D.K., Dodaev K.O. Technological scheme for processing mulberry fruits for juice and concentrate. Mathematical modeling of the process of sediment decantation in juice // Вестник КазУТБ. Астана, 2023. №3(20). ISSN 2708- 4132. DOI Journal 10.58805/kazutb.v.2.15-12. -С. 78-87.

6. Samandarov A.I., Maksumova D.K., Dodaev K.O. Mathematical modeling of the process evaporation of mulberry fruits juice // Вестник КазУТБ. Астана, 2023. №3(20). ISSN 2708- 4132. DOI Journal 10.58805/kazutb.v.2.15-12. -С. 88-95.

**II часть (II бўлим; part II)**

7. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев К.О. Математическая модель экономических показателей процесса выпаривания сока тутовника // «Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги - озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истикболлари» мавзусидаги III Халқаро илмий-техник анжумани илмий ишлар тўплами. Тошкент, 2023. -Б.407-410.

8. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев К.О. Математическое моделирование процесса выпаривания сока плодов тутовника // «Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги - озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истикболлари» мавзусидаги III Халқаро илмий-техник анжумани Илмий ишлар тўплами. Тошкент, 2023. -Б.407-410.

9. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев Қ.О. Линия производства сока и концентрата плодов тутовника // “Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini ozuqaviy xavfsizligini ta‘minlashning rivojlantirish istiqbollari” mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. Samarqand, 2023, -Б.184-190.

10. Самандаров А.И., Додаев К.О., Максумова Д.К. Тут меваси, унинг тадқиқи, қайта ишлаш имкониятлари ва истиқболи // Кимё, нефт-газни қайта ишлаш ҳамда озиқ-овқат саноатлари инновацион технологияларини долзарб муаммолари Республика илмий-техника анжуманининг мақолалар тўплами. Тошкент, 2019. -Б.187-188.

11. Самандаров А.И., Додаев Қ.О. Тут мевасидан концентрат олиш технологияси жиҳатлари // “Умидли кимёгарлар-2020” Тошкент кимё-технология институти Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини XXIX илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. Тошкент, 2020. -Б.291-292.

12. Самандаров А.И., Максумова Д.К. Математическое моделирование процесса выпаривания сока плодов тутовника // “Neft-gaz va oziq-ovqat sanoati texnologik jarayonlarini modellashtirish va optimal boshqarishning zamonaviy holati, istiqbollari” Respublika ilmiy-texnikaviy konferensiyasining tezislar to‘plami. Toshkent, 2023. -Б.95-97.

13. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев К.О. Математическое моделирование процесса декантации осадков при ферментировании сока центрифугированием // “Neft-gaz va oziq-ovqat sanoati texnologik jarayonlarini modellashtirish va optimal boshqarishning zamonaviy holati, istiqbollari” Respublika ilmiy-texnikaviy konferensiyasining tezislar to‘plami. Toshkent, 2023. -Б.117-118.

14. Самандаров А.И., Максумова Д.К., Додаев К.О. Математическая модель экономических показателей процесса декантации осадков сока после ферментации // “Neft-gaz va oziq-ovqat sanoati texnologik jarayonlarini modellashtirish va optimal boshqarishning zamonaviy holati, istiqbollari” Respublika ilmiy-texnikaviy konferensiyasining tezislar to‘plami. Toshkent, 2023. -Б.119-120.

15. Самандаров А.И., Максумова Д.К. Тут мевасини қайта ишлашдаги жараёнлар ва аппаратлар таҳлили, уларни жиҳозлашни такомиллаштириш // “Умидли кимёгарлар-2023” Тошкент кимё-технология институти Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларининг XXXII-илмий техник анжумани мақолалар тўплами. Тошкент, 2023. -Б.276-278.

16. Базарбаев А.П., Самандаров А.И., Содикова Ш.А., Максумова Д.Қ., Додаев К.О. Обогащение фруктово-ягодных пюре моносахаридами // “Умидли кимёгарлар-2023” Тошкент кимё-технология институти Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларининг XXXII-илмий техник анжумани мақолалар тўплами. Тошкент, 2023. -Б.389-391.

Автореферат «Кимё ва кимёвий технология» журнали тахририятида тахрирдан утказилиб, узбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар узаро мувофиқлаштирилди.

Бичими 84x601/16. «Times New Roman» гарнитураси. Рақамли  
босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма №\_12.  
Гувоҳнома №\_100624\_  
“OUTDOOR MEDIA” Хусусий корхонаси  
Чилонзор тумани ,чилонзон кўчаси 81 уй







