

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
DSc.03/2025.27.12.T.42.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

РЎЗИБОЕВ АКБАРАЛИ ТУРСУНБОЕВИЧ

КАТАЛИЗАТОРНИ САМАРАЛИ ДЕТОКСИКАЦИЯЛАШ БИЛАН
ЎСИМЛИК МОЙЛАРИНИ ГИДРОГЕНЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

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

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент - 2026

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской диссертации

Contents of the abstract of doctoral dissertation

Рузибоев Акбарали Турсунбоевич

Катализаторни самарали детоксикациялаш билан ўсимлик мойларини гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириш..... 3

Рузобаев Акбарали Турсунбоевич

Усовершенствование технологии гидрогенизации растительных масел с эффективной детоксикации катализатора 29

Ruzibayev Akbarali Tursunboyevich

Improving the technology of hydrogenation of vegetable oils with effective catalyst detoxification..... 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 59

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
DSc.03/2025.27.12.T.42.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

РЎЗИБОЕВ АКБАРАЛИ ТУРСУНБОЕВИЧ

КАТАЛИЗАТОРНИ САМАРАЛИ ДЕТОКСИКАЦИЯЛАШ БИЛАН
ЎСИМЛИК МОЙЛАРИНИ ГИДРОГЕНЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

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

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент - 2026

Фан доктори (Doctor of Science) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2025.3.DSc/T167** рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз(резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tkti.uz) ва «Ziyounet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Серкаев Камар Пардаевич
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Исабаев Исмоил Бабаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Ахмедов Азимжон Нормўминович
техника фанлари доктори, профессор

Сагдуллаева Дилафруз Саидакбаровна
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Гулистон давлат университети

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти хузуридаги DSc.03/2025.27.12.T.42.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2026 йил «12» «05» соат 9⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч. 32. Тел.: (99871)244-79-20, факс: (99871)244-79-17, e-mail: info@tkti.uz).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (408 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар, Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўч. 32. Тел.: (99871)244-79-20).

Диссертация автореферати 2026 йил «20» «04» куни тарқатилди.
(2026 йил «20» «04» даги №224 рақамли реестр баённомаси).



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

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

Н.А. Хужамшукуров
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси ўринбосари, б.ф.д., профессор

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда аҳоли сонининг ортиб бориши билан юқори сифатли озиқ-овқат маҳсулотларига ва табиий ресурсларга талаб ортиб бориб, табиий хом ашё манбаларининг чекланганлиги туфайли улардан самарали фойдаланиш ва ресурстежамкор технологияларни такомиллаштириш муҳим масалалардан ҳисобланади. Айниқса, модификацияланган ёғлар ишлаб чиқаришда сифатли мойлар билан бирга паст навли мойларни қайта ишлаш технологияларини такомиллаштириш, ёғ-мой маҳсулотларини ишлаб чиқариш, хусусан, транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғларни озиқ-овқат маҳсулотлари таркибида қўллаш, маҳсулот таркибини муҳим бўлган ёғ кислоталари билан бойитиш, импорт ёғлардан ўзининг органолептик кўрсаткичлари билан устун турадиган маҳаллий ўсимлик мойларидан олинган қаттиқ ёғларни қўллаб янги турдаги маргарин рецептларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда ҳайвон ва ўсимлик ёғларини модификациялаш, уларни турли хил ёғ маҳсулотларининг рецептларига киритиш билан принципиал жиҳатдан янги хусусиятларга эга тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқариш, амалдаги технологик жараёнларни такомиллаштиришга қаратилган чуқур тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада ёғ ва мойларни модификациялаш, транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғлар олиш, гидрогенлаш катализаторларини такомиллаштириш, уларни активлиги, селективлиги ва самарадорлигини ошириш, чуқур гидрогенланган ёғлар олиш, ёғларни металсизлантириш, ёғларнинг сифатини ошириш, қўлланиш соҳаларини кенгайтириш, ёғ ва мойларни переэтерификациялаш технологиясини такомиллаштириш, ёғларнинг ёғ кислота таркибини мақбуллаштириш ва енгил хазм бўлувчи ёғларни олиш бўйича кенг қўламли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Республикамизда ўсимлик мойларини гидрогенлашнинг ресурс тежамкор технологияларини ишлаб чиқиш, катализатор активлигини барқарорлаштириш ва сарфини камайтириш, чуқур гидрогенланган ёғлар олиш ва уларни переэтерификациялаш, импорт ўрнини босувчи қаттиқ ёғлар турлари ва қўллаш соҳаларини кенгайтириш, маҳаллий хомашёлар асосида транс кислота миқдори камайтирилган ёғ маҳсулотлари олиш технологияларини ривожлантириш бўйича салмоқли натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «саноатни сифат жиҳатдан янги босқичга кўтариш, маҳаллий хом ашё манбаларини чуқур қайта ишлаш, тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқаришни жадаллаштириш, янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ўзлаштириш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Бу борада катализаторларнинг активлигини барқарорлаштириб, чуқур гидрогенланган ёғлар олиш, улар асосида транс кислота миқдори меъёрлаштирилган, юқори сифатли ёғлар ишлаб чиқариш технологияларини яратиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб бориш долзарб ҳисобланади.

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

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 6 апрелдаги ПФ-4891-сон «Товарлар (ишлар, хизматлар) ҳажми ва таркибини танқидий таҳлил қилиш, импорт ўрнини босадиган ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш тўғрисида»ги, 2020 йил 9 сентябрдаги ПҚ-4821-сон «Республика озиқ-овқат саноатини жадал ривожлантириш ҳамда аҳолини сифатли озиқ-овқат маҳсулотлари билан тўлақонли таъминлашга доир чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2020 йил 10 ноябрдаги ПҚ-4887-сон «Аҳолининг соғлом овқатланишини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2022 йил 6 июлдаги ПҚ-307-сон «2022-2026 йилларда Ўзбекистон Республикасида инновацион ривожланиш стратегияси тўғрисида» ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2024 йил 16 февралдаги ПФ-36-сонли «Республикада озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашнинг қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида» ги фармон ва қарорлари ҳамда Вазирлар Маҳкамаси-нинг 2022 йил 37-сон «Республикада озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқарув-чиларини янада қўллаб-қувватлаш тўғрисида» қарори ҳамда, мазкур фаолият-га тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи². Ёғ ва мойларни каталитик модификациялаш технологияларини такомиллаштириш, янги катализаторларни синтез қилиш, уларнинг активлиги ва селективлигини ошириш, активлигини барқарорлаштириш, сифатли ёғлар олиш технологияларини такомиллаштириш бўйича жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Cornell University (АҚШ), American Oil Chemists' Society (АҚШ), Jiangnan University (Хитой), Ankara University (Туркия), Всероссийский научно-исследовательский институт жиров (Россия), Purdue University (Ҳиндистон), Ал-Форобий номидаги Қозоғистон миллий университети (Қозоғистон), Кубанский государственный технологический университет (Россия), Бухоро давлат техника университети, Тошкент кимё-технология институти (Ўзбекистон) да олиб борилмоқда.

Ёғларни рафинациялаш, модификациялаш ва транс кислота миқдорини камайтириш, физик-кимёвий ва реологик хусусиятларини аниқлаш, улардан озиқ-овқат маҳсулотлари ишлаб чиқариш технологиясида рационал фойдаланишга оид олиб борилган тадқиқотлар юзасидан илмий натижалар олинган, жумладан ёғ ва мойларни каталитик модификациялаш технологияларини такомиллаштирилган, янги катализаторлар синтез қилинган (Всероссийский научно-исследовательский институт жиров (Россия), Кубанский государственный технологический университет (Россия)), озиқ-овқат маҳсулотлари

²Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи: www.czu.cz, www.iitb.ac.in, www.unipage.net, www.cnr.it, www.put.poznan.pl, www.polandstudy.com, www.cextremelab.edu.rs, www.upm.es, www.umt.edu.pk, www.hotcourses.ru, www.gatech.edu, www.unist.ac.kr, www.tdtu.uz, www.tkti.uz, www.urmon.uz ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

такибида модификацияланган ёғлардан фойдаланишда тайёр маҳсулотларнинг хавфсизлиги ва сифат кўрсаткичлари аниқланган (American Oil Chemists' Society (AOCS) (АҚШ), Cornell university (АҚШ)), транс кислоталар миқдори меъёрлаштирилган ёғлар олиш ва уларни сифатини яхшилаш технологиялари яратилган (Jiangnan University (Хитой), Ankara university (Туркия)), катализатордан самарали фойдаланиб ёғларни каталитик модификациялаш технологиялари такомиллаштирилган (Purdue university (Ҳиндистон), Ал-Форобий номидаги Қозоғистон миллий университети (Қозоғистон)), маргарин, спред ва шу каби ёғли эмульсияли маҳсулотларида транс кислоталар миқдорини камайтириш мақсадида переэтерификацияланган ёғларни рецептга киритиш технологияси такомиллаштирилган (Тошкент кимё-технология институти, Бухоро давлат техника университети, Ўзбекистон).

Дунёда ёғларни гидрогенлаш катализаторларининг активлигини ошириш ва барқарорлаштириш технологияларини такомиллаштириш, саломас сифатини яхшилаш, транс кислоталар миқдорини камайтириш ва рафинациялашнинг самарадорлигини ошириш бўйича қатор устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан, ёғ ва мойларни модификациялаш жараёнларида катализатор активлигини транс кислоталар ҳосил бўлишига таъсир механизмини аниқлаш, ёғларни мисцеллада гидрогенлаш технологияларини соддалаштириш, ёғ ва мойларни переэтерификациялаш орқали мақбул кўрсаткичларга эга ёғ маҳсулотлари олиш технологияларини амалиётга жорий этиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ўсимлик мойини гидрогенлаш ва переэтерификациялаш жараёнларини тадқиқ қилиш, қўлланиладиган катализаторларнинг активлиги ва самарадорлигини ошириш, саломас ва переэтерификатларни сифатини ошириш, транс кислота миқдорини камайтириш, хом ашё сифатини катализатор активлиги ва жараён тезлигига таъсирини ўрганиш ҳамда мавжуд муаммоларни баратараф этиш бўйича G.R. List, J.W. King, L. Lloyd, F. D. Gunstone, H.N. Cheng, J. Wisniak, L.F. Albright, K. Toshtay, A.B. Auezov, J. Sanders, W. Balakos, A.E.W. Beers, A. Tekin, J. Edvardsson, S. Irandoust, K. S. Holla, A.C. Носков, A.J. Dijkstra, Д.А. Прозоров, A. Zbikowska, Л.М. Рабинович, А.П. Нечаев, В.В. Ключкин, Н.С. Арутюнян, А.Н. Лисицин, А.А. Абдурахимов, Ю.К. Кадиров, С.А. Абдурахимов, К.Х. Мажидов, И.Б. Исабаев, Д.П. Рахимов ва бошқалар илмий-тадқиқот ишлари олиб боришган.

Улар томонидан мойлар таркибидаги ҳамроҳ моддалар қолдиқларининг катализатор активлиги ва гидрогенлаш жараёнининг тезлигига ҳамда селективликка, ҳарорат, водород босими, аралаштириш тезлиги каби технологик жараён кўрсаткичларининг гидрогенлаш тезлиги, ёғ кислоталарнинг изомерланиш жараёни, транс кислоталар ҳосил бўлишига таъсирлари ҳамда катализатор табиати ва технологик жараённинг турли шароитларида олинган гидрогенланган ёғларнинг хусусиятлари ўрганилган.

Шунингдек, ёғ ва мойларнинг аралашмаларини кимёвий ва ферментатив усулларда переэтерификациялаб, транс кислота миқдори камайтирилган қаттиқ, пастасимон ва қуюқ ёғлар олиш, уларни маргарин, спред, пишлок, музқаймоқ каби ёғ ҳамда бошқа озиқ-овқат маҳсулотлари таркибида қўллаш

орқали сифатини яхшилаш йўналишларида илмий ишлар олиб борилмоқда

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институтининг илмий-тадқиқот ишлари режаларига мувофиқ АМ-ФЗ-201908159 “Маҳаллий хомашёлар асосида функционал қўшимчалар билан бойитилган парҳезли маргарин олиш технологиясини ишлаб чиқиш” (2020-2022 йй), АЛ-7823051664 “Маҳаллий хомашёлар асосида шакар миқдори камайтирилган шоколадли паста ишлаб чиқариш” (2024-2025 йй) мавзусидаги амалий ва “Ўсимлик ёғларнинг перестерификация қилиш усули билан сут ёғи ўрнини босувчи ёғларни ишлаб чиқариш технологиясини яратиш ва амалга ошириш” (2022-2023 йй) мавзусидаги инновацион лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ёғларни гидрогенлаш жараёнида катализаторни детокциялашнинг самарали усулларини қўллаб ўсимлик мойларини чуқур гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириш ва транс ёғ кислоталар миқдори меъёрлаштирилган ёғлар олишнинг илмий асосларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

маргарин маҳсулотларининг ёғли фазасини ва пахта мойини никелли дисперс катализаторларда қисман гидрогенлаш жараёнини тадқиқ қилиш;

пахта мойидан чуқур гидрогенланган саломас олиш технологиясининг мақбул шарт-шароитларини аниқлаш;

ёғларни гидрогенлаш жараёнларида катализатор активлигининг барқарорлигига таъсир этувчи омилларни ўрганиш;

катализаторни детоксикация қилишнинг самарали усулларини қўллаб ўсимлик мойларини чуқур гидрогенлаш технологиясини ишлаб чиқиш;

ўсимлик мойларини дисперс катализаторларда чуқур гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириш;

саломасни металсизлантириш технологиясини такомиллаштириш йўли билан саломас сифатини яхшилаш;

чуқур гидрогенланган ёғларни кимёвий перестерификациялаш технологиясининг мақбул шарт-шароитларини аниқлаш;

транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғлар асосида маргарин олиш ва унинг сифат кўрсаткичларини ўрганиш;

катализаторни детоксикациялаш билан ўсимлик мойларини чуқур гидрогенлаш технологиясини саноатда қўллаш бўйича синов тажрибаларини ўтказиш ва унинг мақбул шарт-шароитларини аниқлаш;

транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғ олиш ва уни маргарин саноатида қўллашда иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида маҳаллий пахта, кунгабоқар ва соя мойлари, никелли катализатор, натрий метилат, оқловчи тупроқ, активланган кўмир, натрийли ишқорлар ва бошқа қўшимчалар олинган.

Тадқиқотнинг предмети турли сифат кўрсаткичларига эга бўлган ўсимлик мойларини чуқур гидрогенлаб транс кислота миқдори камайтирилган

саломас олиш, саломасни переэтерификациялаб транс кислота миқдори меъёрлаштирилган переэтерификатлар олиш ва ушбу ёғлар асосида маргарин рецептини шакллантиришнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот ишида хомашё ва тайёр маҳсулот хоссаларини аниқлашнинг умумқабул қилинган ва махсус органолептик, физик-кимёвий таҳлил усулларида, жараёнларда кечадиган қонуниятларни асослашда назарий таҳлил усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгиликлари қуйидагилардан иборат:

ўсимлик мойларини қисман гидрогенлаб саломас олинганда таркибидаги транс ёғ кислота миқдори, катализатор активлигига қараб, белгиланган меъёрдан 10-22 баробар кўп бўлиши аниқланиб, катализатор активлиги жараён тезлигига тўғри ва транс кислота миқдorigа тескари пропорционаллиги асосланган;

N-210, N-820 ва Ni:Cu катализаторларининг селективлиги, активлиги ва транс кислота ҳосил қилиш хусусиятлари $N-210 < Ni:Cu < N-820$ тартибда ўзгариши, транс кислоталар миқдори селективликка тескари пропорционаллиги исботланган;

озиқа саломаси олиш жараёнининг технологик режимларини такомиллаштириш орқали чуқур гидрогенланган саломас олинганда водород босими 5 баробар, ҳарорат 1,2 баробар ва катализатор миқдори 3 баробарга ортиши аниқланган;

паст сифатли пахта мойларини чуқур гидрогенлаш тезлиги юқори сифатли мойга нисбатан 2 баробаргача кам бўлиши асосланган;

оқловчи тупроқ ва активланган кўмирнинг 40:60 нисбатдаги аралашмасини детоксикант сифатида қўлланганда паст сифатли мойларни чуқур гидрогенлаш жараёни давомийлиги 1,1-1,2 баробарга қисқариши исботланган;

мойларни 75-80% концентрацияли мисцеллада гидрогенлаш жараён давомийлигини 20% гача, ҳароратни 10% гача, водород босимини 50% гача камайтириши аниқланган;

чуқур гидрогенланган саломасни металсизлантиришнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилиб, ишқорий рафинациялашда саломасдаги қолдиқ никел миқдорини 1,4, дистилляцияли рафинациялашда 2 баробаргача камайиши исботланган;

паст сифатли ўсимлик мойларидан транс кислота миқдори меъёрлаштирилган юқори сифатли ёғлар олишнинг комплекс технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

катализатор ва детоксикантлар аралашмасини бир неча босқичда бўлиб бериш усули билан паст сифатли мойлардан чуқур гидрогенланган саломас олиш мақбул параметрлари аниқланган;

мойларни мисцеллада чуқур гидрогенлаш орқали жараёнининг технологик режим кўрсаткичлари аниқланган.

юқори сифатли мойларни қисман гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириб чуқур гидрогенлаш технологиясининг мақбул технологик

режимлари ишлаб чиқилган;

оқловчи тупроқ ва активланган кўмирнинг 40:60 нисбатдаги аралашмасини детоксикант сифатида қўллаб ўсимлик мойларини чуқур гидрогенлашнинг жадаллаштирилган технологияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги хом ашё ва маҳсулотларни таҳлил қилишда замонавий, содда ва тезкор усулларни қўлланилгани, детоксикантларни қўллаш ва ҚДАни бўлиб бериш билан катализаторни детоксикациялаб, ўсимлик мойларидан чуқур гидрогенланган саломас олинганлиги, саломасни переэтерификациялаб олинган ёғни қўллаб тарнс кислота миқдори меъёрлаштирилган маргарин рецептларини ишлаб чиқилгани, ҳамда мойларни модификациялашнинг такомиллаштирилган технологияларини саноатга жорий қилинганлиги билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти мойларни гидрогенлашда оқловчи тупроқ ва активланган кўмир аралашмаларини детоксикант сифатида қўшилганда мойдаги ҳамроҳ моддаларни самарали адсорбцияланиши ҳамда катализаторни бир неча босқичда бўлиб берилганда унинг активлигининг барқарорлигини таъминланиши туфайли чуқур гидрогенланган ёғ олинниши, мойни мисцеллада гидрогенлаш ва ишқорий рафинациялашда натрий силикатни қўллаш орқали олинадиган саломаснинг сифат кўрсаткичларини яхшиланиши, ҳамда саломасни переэтерификациялаш натижасида транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғ олиш имкониятларининг илмий асослангани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти катализаторни детоксикациялашнинг самарали усулларини қўллаб юқори ва паст сифатли мойларни чуқур гидрогенлаш технологиясини ишлаб чиқилганлиги, саломасни металсизлантириш технологиясини такомиллаштириш орқали юқори сифатли саломас олингани, саломасни переэтерификациялаб транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғ олинганлиги ва ушбу ёғни маргарин рецептига киритиш орқали импорт ёғ сарфини камайтиришга тавсия этилганидан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ёғларни гидрогенлаш жараёнида катализаторни детоксикациялашнинг самарали усулларини қўллаб ўсимлик мойларини чуқур гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириш, транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғлар ишлаб чиқариш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

пахта мойини чуқур гидрогенлашнинг катализаторни детоксикациялаш билан такомиллаштирилган технологияси Ўзбекистон Республикаси Ёғ-мой саноат корхоналари уюшмасининг «2025-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган ишланмалар рўйхатига киритилган» (Ўзбекистон Республикаси Ёғ-мой саноат корхоналари уюшмасининг 2025 йил 8 августдаги КС/3-257-сон маълумотномаси). Натижада гидрогенлаш жараёнининг давомийлигини мой сифатига қараб 3,15-5,00 соатдан 2,95-4,06 соатгача камайтириш, яъни 1,07-1,23 баробарга қисқартириш, йод сони 7,3-26,1% I₂ бўлган чуқур гидрогенланган саломас олиш имконини берган;

чуқур гидрогенланган пахта саломаси ва пахта мойини переэтерифика-

циялаш технологияси Ўзбекистон Республикаси Ёғ-мой саноат корхоналари уюшмасининг «2025-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган ишланмалар рўйхатига киритилган» (Ўзбекистон Республикаси Ёғ-мой саноат корхоналари уюшмасининг 2025 йил 8 августдаги КС/3-257-сон маълумотномаси). Натижада пахта саломаси ва пахта мойи 10:90, 20:80, 25:75 нисбатларида переэтерификациялаб транс кислоталар миқдори 2 % дан кам маҳсус ёғлар олиш имконини берган;

транс кислота миқдори камайтирилган ёғларни маргарин саноатида қўллаш технологияси Ўзбекистон Республикаси Ёғ-мой саноат корхоналари уюшмасининг «2025-2027 йилларда амалиётга жорий этиладиган ишланмалар рўйхатига киритилган» (Ўзбекистон Республикаси Ёғ-мой саноат корхоналари уюшмасининг 2025 йил 8 августдаги КС/3-257-сон маълумотномаси). Натижада транс кислота миқдори 2% дан ошмаган маргарин ишлаб чиқариш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари маъруза кўринишида 7 халқаро ва 13 республика илмий-техник анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 1 та патент, 6 та монография, 38 та илмий иш чоп этилган, Ўзбекистон Республикаси олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари (DSc) асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 18 та мақола, жумладан 7 та маҳаллий ва 11 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Ёғларни каталитик модификациялаш назарияси ва технологиясининг ҳозирги ҳолати**» деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича олиб борилган илмий тадқиқотларнинг натижалари, хорижий ва маҳаллий адабиётларнинг таҳлили баён этилган. Маълумотлар умумлаштирилган ва илмий таҳлил қилинган. Ёғ ва мойларни модификациялаш технологиялари ҳақида умумий тушунчалар, ёғларни гидрогенлаш технологияларида инновацион ёндошувлар, ёғларни гидрогенлаш катализаторлари ҳамда мойларни чуқур гидрогенлаш жараёнини такомиллаштириш ва транс кислота миқдорини камайтириш бўйича тадқиқотлар ҳақида маълумотлар келтирилган

ва шарҳланган. Ёғларни гидрогенлаш катализаторларини тако-миллаштириш, уларнинг активлигини ошириш ва янги турларини синтез қилиш тадқиқотчилар томонидан кенг ўрганилган. Транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғларни ишлаб чиқариш ва мойларни чуқур гидрогенлаш технологиялари бўйича муаммолар етарлича ўрганилмаганлиги келтириб ўтилган. Илмий адабиётлардаги манбалар асосидаги хулосалардан келиб чиқиб, диссертация ишининг долзарблиги ва зарурати, мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг «**Ёғ ва мойларни каталитик модификациялашда тадқиқот методикаси ва тажриба техникаси**» деб номланган иккинчи бобида тадқиқотда қўлланилган ёғ ва мойларнинг тавсифи, мойларни модификациялаш, рафинациялаш ва маргарин тайёрлаш учун лаборатория қурилмалари, тадқиқотда қўлланилган катализатор ва детоксикантларнинг тавсифи, хом ашё ва маҳсулотларни таҳлил қилиш усуллари бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Катализаторни детоксикациялашнинг самарали усуллари билан ўсимлик мойларини гидрогенлаш технологиясини тако-миллаштириш**» деб номланган учинчи боби ўсимлик мойларини гидрогенлаш жараёнининг тезлиги ва катализатор активлигига таъсир этувчи омилларни тадқиқ қилиш, ёғларни гидрогенлаш жараёнларида катализатор активлигини барқарорлаштириш, катализаторни детоксикациялашнинг самарали усуллари билан ўсимлик мойларини гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириш ва жараённи жадаллаштиришга бағишланган.

Республикамизда ишлаб чиқарилаётган қаттиқ ва қуйма маргаринлар, ҳамда қандолат ёғларининг ёғли фазалари таҳлил қилинган, физик-кимёвий кўрсаткичлари ва ёғ кислота таркиби ўрганилган (1-жадвал).

1-жадвал

Маргарин маҳсулотларининг физик-кимёвий кўрсаткичлари

№	Намуна рақами	Физик-кимёвий кўрсаткичлари					Ёғ кислота таркиби						
		Кисл, град. К	W, %	T _{эп} , °С	П.с., ммол О/кг	Ёғ %	C _{14:0} , C _{14:1}	C _{16:0} , C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	Б.ё.к.	Транс ё.к
1	М-1	0,7	22,8	33	1,2	74,4	0,7	26,6	5,1	34,5	32,3	0,8	5,2
2	М-2	0,8	34,9	35	1,6	60,8	0,5	22,2	5,8	42,8	27,8	0,9	5,8
3	М-3	0,9	20,7	32	1,7	75,0	2,6	25,3	4,0	26,2	33,8	8,1	0,4
4	М-4	0,5	35,2	36	1,4	60,6	0,4	16,9	8,7	54,7	18,7	0,6	7,6
5	М-5	0,5	42,0	36	1,6	55,0	1,1	21,1	7,5	51,6	18,0	0,7	7,7
6	М-6	0,5	37,7	35	1,4	46,5	0,9	32,4	5,6	45,4	14,3	1,4	4,3
7	М-7	0,9	35,4	34	3,4	60,0	1,1	25,7	5,4	36,3	30,4	1,1	8,5
8	ҚМ-1	1,1	15,2	36	2,1	81,4	2,4	35,8	5,1	23,5	28,4	4,9	0,4
9	ҚМ-2	1,2	16,7	35	2,4	80,8	0,7	20,4	5,8	54,1	17,8	1,3	24,2
10	ҚМ-3	1,1	17,1	37	2,8	80,1	0,6	22,5	5,8	56,2	13,8	1,2	25,1
11	ҚЁ-4	1,5	0,4	39	4,1	99,6	0,8	22,4	6,0	56,2	13,4	1,3	28,7
12	ҚЁ-5	1,9	0,3	38	3,4	99,7	0,8	22,1	6,5	54,6	14,9	1,2	22,6

1-жадвалдан кўринадики, маргарин маҳсулотларининг эриш ҳарорати 33-39 °С, кислоталилик 0,5-1,9°К, намлик ва учувчан моддалар миқдори 0,3-42,0% ни ташкил қилган. Барча намуналар кўрсаткичлари бўйича меъёр талаб-ларига

мос келади. Тўйинган ёғ кислоталарнинг масса улуши 26,0% дан 43,3% гача, тўйинмаган ёғ кислоталарнинг масса улуши 52,0% дан 73,5% гача ташкил этиб, транс кислоталарни энг кам миқдори М-3 ва ҚМ-1 намуналарида (0,4%) кузатилди. Қолган барча намуналардаги транс кислоталар миқдори 4,3-28,7% ташкил этиб, бу рухсат этилган миқдор(2%)дан бир неча марта юқори ҳисобланади. Бу озика саломаслари қўлланилганлигини билдиради. Шу сабабли саломасларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари таҳлил қилинди (2-жадвал).

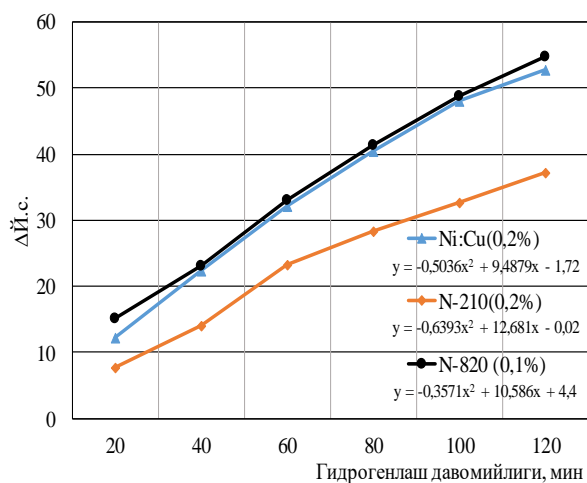
2-жадвал

Маргарин ишлаб чиқаришда қўлланилаётган саломасларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

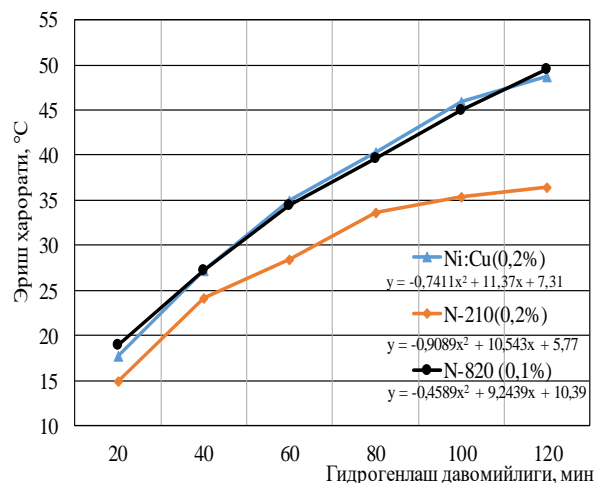
Саломас намуна рақами	К.с., мг КОН/г	W, %	T _{эп} , °C	П.с., ммол О/кг	Ni миқд., мг/кг	C _{14:0} , C _{14:1}	C _{16:0} , C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	Бошқа ё.к.	Транс ё.к.
1	0,45	0,12	36	7,4	0,81	0,7	22,6	6,2	56,3	13,2	1,0	30,5
2	0,33	0,15	34	6,5	0,85	0,8	23,2	5,9	55,9	13,1	1,1	28,6
3	0,37	0,11	38	7,3	0,73	0,9	23,3	6,2	56,5	12,2	0,9	30,8
4	0,40	0,13	39	7,0	0,69	0,7	22,9	5,8	56,6	12,9	1,1	32,5
5	0,38	0,11	33	6,9	0,92	0,8	23,1	6,4	55,4	13,3	1,0	27,9
6	0,42	0,14	36	8,3	0,95	0,1	6,3	8,3	81,6	1,9	1,8	45,4
7	0,31	0,11	38	8,1	0,83	0,1	6,2	9,5	80,7	1,7	1,8	43,7

2-жадвалдан кўринадикки, саломасларнинг кислота сони 0,31-0,75 мг КОН/г, намлик ва учувчан моддалар миқдори 0,11-0,15%, эриш ҳарорати 34-39°C, перекис сони 6,5-8,3 ммол О/кг, никел миқдори 0,69-0,95 мг/кг ни ташкил этиб, барча кўрсаткичлар белгиланган меъёр талабларига мос келади. Саломаслар таркибида тўйинган ёғ кислоталар 14,7-30,4% ни, тўйин-маган ёғ кислоталар 68,7-83,5% ни ва транс кислоталар 27,9-45,4% ни ташкил этган.

Озика саломаслари таркибидаги транс кислоталар миқдорини камайтириш учун мойларни қисман гидрогенлаш жараёнлари тадқиқ қилинди. Бунинг учун I-нав пахта мойини N-820(0,1%), N-210(0,2%), Ni:Cu(0,2%) катализаторлар иштирокида, 180°C да 120 минут давомида гидрогенланди (1- ва 2-расм).



1-расм. Пахта мойини гидрогенлаш жараёнида йод сони фарқи (ΔЙ.с.) нинг вақт бирлигида ўзгариши



2-расм. Пахта мойини гидрогенлаш жараёнида саломас эриш ҳарорати (T_{эп}) нинг вақт бирлигида ўзгариши

1-расмдан кўринадики, пахта мойининг йод сони N-210 да 108,5 % I₂ дан 71,3 % I₂ гача, Ni:Cu да 55,8 % I₂ гача ва N-820 да 53,8 % I₂ гача камайган. ДЙ.с. нинг энг катта қиймати N-820 да ва энг кичик қиймат N-210 да кузатилган.

Саломас эриш ҳароратининг вақт бирлигида ўзгариши Ni:Cu ва N-820 катализаторларида жараён давомийлигига тўғри пропорционал ўсиб борган, N-210 катализаторида аввал интенсив ўсиб, кейин ўсишда пасайиш кузатилган (2-расм). Бу транс изомерларнинг ҳосил бўлиши билан тушунтирилади.

Пахта мойини гидрогенлашда катализатор миқдорининг реакция тезлигига таъсири тадқиқ қилинди. Бунда катализатор миқдори мой массасига нисбатан N-820 да 0,05-0,15%, N-210 ва Ni:Cu ларда 0,15-0,25% оралиқларида олинди. Тажрибалар 180 °C да борди ва натижалари 3-жадвалда келтирилган.

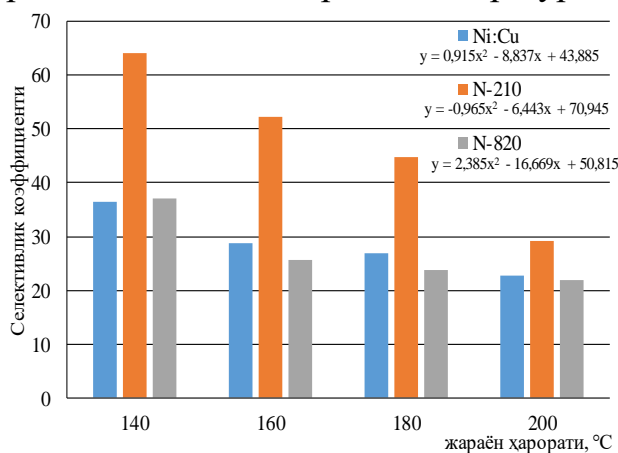
3-жадвал

Пахта мойини гидрогенлаш жараёнига катализатор миқдорининг таъсири

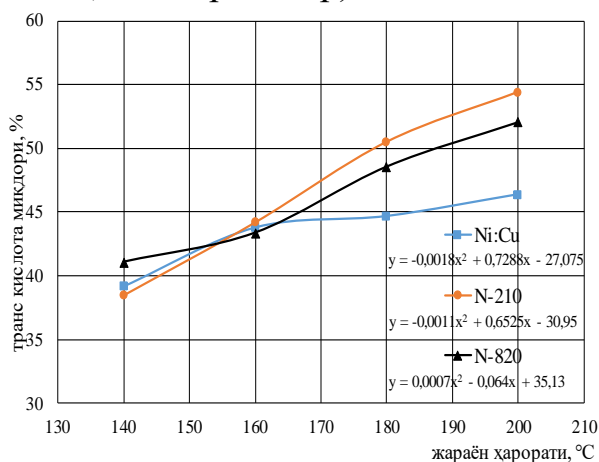
Гидрогенлаш давомийлиги, мин	Катализатор миқдори, %								
	N-820			N-210			Ni:Cu		
	0,05	0,1	0,15	0,15	0,2	0,25	0,15	0,2	0,25
20	97,4	93,3	91,9	101,4	100,8	99,4	98,5	96,2	95,7
40	88,6	85,4	82,1	96,5	94,5	93,3	89,3	85,9	84,6
60	79,2	75,5	73,9	88,7	85,3	83,9	80,8	76,4	75,7
80	72,4	67,1	65,2	83,6	80,2	79,1	71,9	67,4	66,9
100	64,5	59,7	57,8	79,5	75,8	74,9	64,4	60,5	59,4
120	58,3	53,8	52,6	74,3	71,3	70,7	57,6	55,8	55,1

3-жадвалдан кўринадики, пахта мойини 120 минут гидрогенланганда унинг йод сони катализатор миқдorigа қараб N-820 да 52,6 % I₂ гача, N-210 да 70,7% I₂ гача ва Ni:Cu да 54,6 % I₂ гача камайган. Катализаторнинг мақбул миқдори 0,1% (N-820) ва 0,2% (N-210 ва Ni:Cu) эканлиги аниқланган.

Жараён ҳарорати ва катализатор табиатининг жараён селективлиги ва транс кислота миқдorigа таъсири ўрганилди (3- ва 4-расмлар).



3-расм. Пахта мойини гидрогенлаш жараёнининг селективлигини катализатор тури ва ҳароратга боғлиқлиги



4-расм. Пахта мойини гидрогенлаш жараёнида транс кислота миқдорининг катализатор тури ва жараён ҳароратига боғлиқлиги.

3-расмдан кўринадики, жараён селективлиги катализатор табиатига бево-сита боғлиқ бўлиб, N-210 иштирокида селективлик энг юқори қийматларни

намоён этган. Ҳарорат ортганда селективлик катализатор табиатига қараб пасайган. Селективлик ёғ кислоталарнинг изомерланиш жараёнига таъсир этиб, юқори селективликда изомерланиш ортади. Бироқ тажрибаларда бу қонуният кузатилмади, аксинча транс кислоталар ҳосил бўлиши жараён ҳароратига боғлиқлиги кузатилди. Буни 4-расмдагидан ҳам кўриш мумкин.

4-расмдан кўринадики, N-210 да ҳарорат 140 °C дан 200 °C гача ортганда транс ёғ кислота 38,5% дан 54,4% гача ҳосил бўлган. Графикда эгри чизик ҳароратга пропорционал равишда ўсиб борган. N-820 катализаторида ҳам шу қонуният сақланган, бунда транс ёғ кислота 41,1% дан 52,1% гачани ташкил этган. Ni:Cu катализаторида транс кислота миқдори 39,2% дан 46,4% гачани ташкил этган. Бунда эгри чизик 140 °C дан 160 °C гача жадал ўсган, 160 °C дан 180 °C гача ўсиш пасайган ва 180 °C дан 200 °C гача яна ўсиш кузатилган.

Пахта мойини қисман гидрогенлаш бўйича тажрибалардан катализаторлар активлиги N-210 < Ni:Cu < N-820 тартибда эканлиги аниқланган ва олинган озика саломасларда транс кислота миқдори кўп ҳосил бўлиши кузатилган.

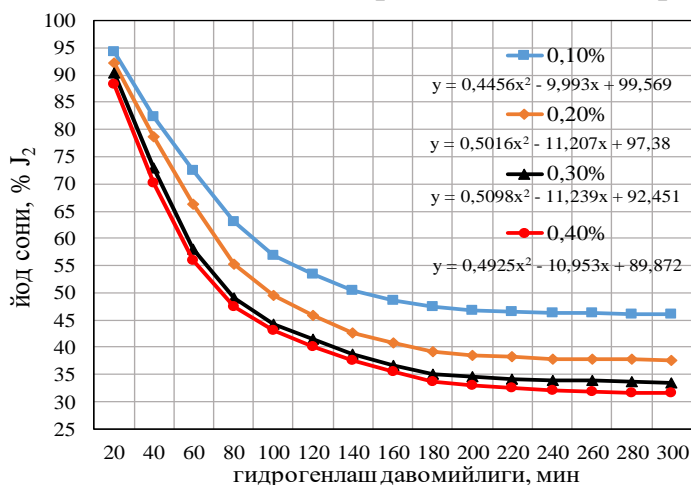
Кейинги тажрибалар пахта мойини чуқур гидрогенлаб, транс кислота миқдорини камайтириш бўйича олиб борилди. Пахта мойи 180 °C да, 0,1 % миқдорда N-820 иштирокида гидрогенланди. Гидрогенлаш давомийлиги йод сони ўзгармас бўлгунча олиб борилди. натижалар 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

Пахта мойини N-820 катализатор иштирокида гидрогенлашда транс кислота миқдорининг ўзгариши

Кўрсаткич номи	Гидрогенлаш давомийлиги, мин										
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Й.с., % I ₂	94,3	82,4	72,5	63,1	57,7	53,4	51,5	49,3	47,4	46,8	46,5
T _{эп.} , °C	28,0	32,1	34,2	36,2	37,8	39,1	40,0	41,1	41,5	41,7	41,8
Транс кис, %	28,2	32,5	34,0	34,5	33,1	31,4	28,1	25,2	24,3	23,5	22,9

4-жадвалдан кўринадики, пахта мойини N-820 иштирокида гидрогенланганда 220 минутдан кейин саломаснинг йод сони 46,5 %I₂ ўзгармас қийматгача пасайган. Саломасдаги транс ёғ кислоталар миқдори 22,9% ни ташкил этган.



5-расм. Пахта мойини N-820 катализаторида чуқур гидрогенлашда саломас йод сонининг катализатор миқдorigа қараб ўзгариши (% I₂)

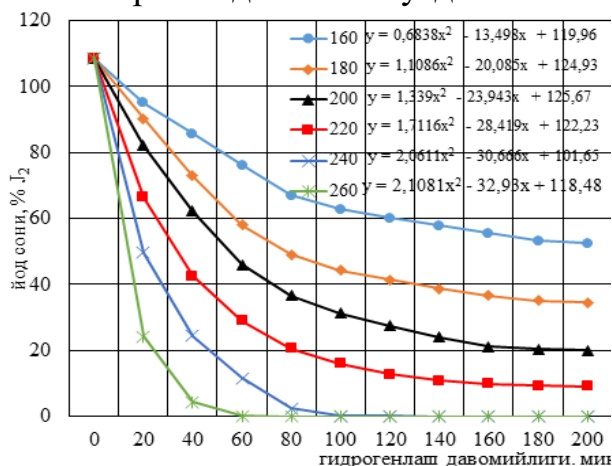
Шу сабабли кейинги тажрибаларда катализатор (N-820) миқдори оширилиб, унинг мақбул миқдори аниқланди. Натижалар 5-расмда келтирилган.

5-расмдан кўринадики, саломас йод сонининг ўзгармас қиймати катализатор миқдори 0,1% бўлганда гидрогенлашнинг 200 минутада, 0,2% бўлганда 240 минутада, 0,3% ва 0,4% бўлганда 260 минутада кузатилган.

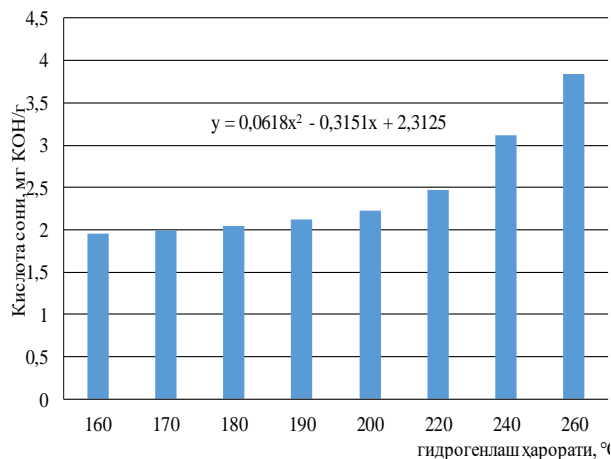
Саломаснинг йод сонини максимал даражада пасайишига қараб пахта мойини чуқур гидрогенлашда катализаторни мақбул миқдори 0,3% эканлиги аниқланди.

Пахта мойини чуқур гидрогенлашда жараён ҳароратининг таъсири ҳам ўрганилди. Бунинг учун пахта мойи 0,3% миқдоридаги N-820 катализаторида 160-260°C ҳароратларда гидрогенланди. Натижалар 6-расмда келтирилган.

6-расмдан кўринадики, пахта мойини чуқур гидрогенлашда ҳарорат гидрогенлаш тезлигига сезиларли таъсир этади. Саломас йод сони 160°C ҳароратда 52,4 % I₂ гача, 180°C ҳароратда 34,6 % I₂ гача, 200°C ҳароратда 20,9 % I₂ гача, 220°C ҳароратда 16,2 % I₂ гача тушган. 240°C ва 260°C ҳароратларда йод сони мос равишда 180 минутда ва 100 минутда 0 % I₂ гача тушган.

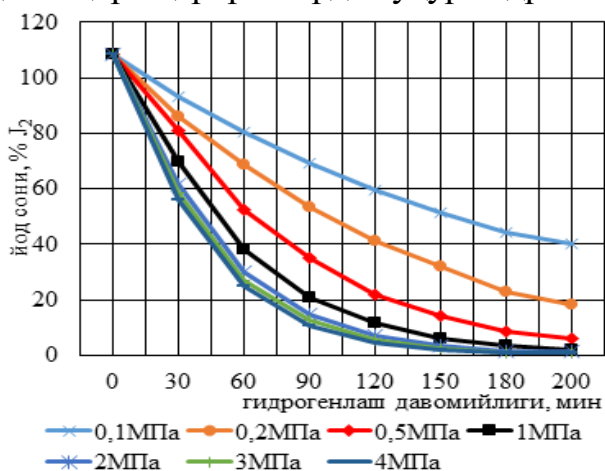


6-расм. Пахта мойини чуқур гидрогенлашда йод сонининг ўзгаришига жараён ҳароратининг таъсири



7-расм. Пахта мойини чуқур гидрогенлашда жараён ҳароратининг саломас кислота сонига таъсири

Ҳароратнинг ошиши глицидларнинг термик парчаланишини, ёғ кислота-ларнинг полимерланишини ва оксидланиш реакцияларини ҳам жадаллаштириб юборади. Буни 7-расмдан ҳам кўриш мумкин. 7-расмдан кўринадики, жараён 160-220 °C ларда олиб борилганда саломаснинг кислота сони 1,95-2,47 мг КОН/г ни, 240 °C да 3,12 мг КОН/г ва 260 °C да 3,84 мг КОН/г ни ташкил этган. Юқори ҳароратларда саломаснинг кислота сони баланд чиққан. Бу пахта мойини 220 °C дан юқори ҳароратларда чуқур гидрогенлаш самарасиз эканлигини билдиради.



8-расм. Пахта мойини чуқур гидрогенлашда водород босимининг таъсири

Пахта мойини тўлиқ гидрогенлашда водород босимининг таъсири ҳам ўрганилди. Бунинг учун пахта мойи 220 °C да, 0,1-5,0 МПа босимда интенсив аралаштирган ҳолатда олиб борилди. Натижалар 8-расмда.

8-расмдан кўринадики, водород босимининг 0.1 МПа дан 0.2 МПа га ортиши саломас йод сони 40,2 % I₂ дан 19,5 % I₂ гача пасайишига олиб келган. 0,5 МПа босимда 13,6 % I₂, 1 МПа да 6.1 % I₂ ва 2 МПа да 4,5 % I₂ ни ташкил этган. 2 МПа дан юқори

босимда гидрогенлаш сезиларли таъсир этмаган. Бу юқори босимларда катализатор юзасида водород концентрацияси ошиб кетиши сабабли, ёғ молекулаларини сорбцияланиши қийин бўлиши билан изоҳланади.

Рафинацияланган мойлар таркибида жуда оз миқдорда ҳамроҳ моддалар қолади. Бу моддалар гидрогенлашда катализаторнинг актив юзасига сорбцияланиб, активлигини пасайтиради, яъни уни захарлайди. Мойларни сифат кўрсаткичларини уларнинг гидрогенланиш хусусиятига таъсирини ўрганиш учун сифати турли хил бўлган пахта мойлари 0,3% N-820 иштирокида, 220⁰С да, 2 МПа водород билан 3 соат гидрогенланди. Натижалар 5-жадвалда келтирилган.

5- жадвал

Мойларнинг сифат кўрсаткичларини уларнинг гидрогенланиш хусусиятига таъсири

Мой кўрсаткичлари					Саломас кўрсаткичлари		
Мой намунаси	Ранги,қ.б.	W,%	Й.с.,% I ₂	К.с., мг КОН	Й.с., % I ₂	Дй.с.	Т _{эр.} °С
1	7	0,15	108,5	0,21	4,6	103,9	65,1
2	9	0,30	108,6	0,41	24,5	84,1	57,9
3	16	0,22	109,8	0,37	24,9	84,9	57,6
4	16	0,34	110,7	0,56	34,8	75,9	54,8
5	22	0,36	108,8	0,58	49,7	59,1	50,7
6	28	0,34	110,3	0,61	56,9	53,4	48,5
7	35	0,58	110,4	0,64	58,5	51,9	47,9

5-жадвалдан кўринадики, мой сифатининг пасайиб бориши билан унинг гидрогенланиш тезлиги(Дй.с.) ҳам камайиб боради. Мой рангининг 7 қ.б.дан 35 қ.б.гача, намлик ва учувчан моддалар миқдорини 0,15 дан 0,58% гача ва кислота сонини 0,22 дан 0,61 мг КОНгача ортиши гидрогенланиш тезлигини 104,9 дан 51,9 гача, яъни 2 баробар пасайишига олиб келди. Мойнинг сифати пасайиши билан гидрогенланиш жараёнининг секинлашиши катализатор юзасига ҳамроҳ моддаларни сорбцияланиши ва активлигини пасайиши билан тушунтирилади.

Оқловчи тупроқ ва активланган кўмирнинг индивидуал хоссалари ва селектив сорбциялаш хусусиятларидан унумли фойдаланиш мақсадида улардан детоксикантлар аралашмалари(ДА) тайёрланган. Пахта мойини ДА иштирокида 220 °С ва 0,3% катализатор билан 3 соат гидрогенлаб, ДА нинг жараёнга ва саломас сифат кўрсаткичларига таъсири ўрганилган (6-ва 7-жадваллар).

6-жадвал

Пахта мойини гидрогенлаш жараёнида ДА таркибининг саломас йод сонининг ўзгаришига таъсири

Гидрогенлаш давомийлиги	Детоксикантлар аралашмасининг таркиби (оқловчи тупроқ : активланган кўмир)									
	ДА-1 100:0	ДА-2 80:20	ДА-3 70:30	ДА-4 60:40	ДА-5 50:50	ДА-6 40:60	ДА-7 30:70	ДА-8 20:80	ДА-9 0:100	
30	86,9	86,2	85,5	85,0	84,5	84,0	83,4	82,7	81,5	
60	66,1	65,1	64,0	63,1	62,2	61,2	60,5	59,6	58,7	
90	48,9	47,8	46,5	45,3	44,0	43,0	42,3	41,6	40,5	
120	34,5	33,4	32,3	31,3	30,2	29,5	29,0	28,6	27,9	
150	23,9	22,9	21,8	20,9	19,8	20,5	21,9	21,0	21,3	
180	16,1	15,2	14,5	13,5	13,3	14,0	14,8	15,4	16,2	
210	12,0	11,3	10,7	10,3	10,1	10,6	11,3	12,1	12,7	

6-жадвалдан кўринадики, жараён бошида ДА таркибида активланган кўмирнинг масса улуши ортиб бориши билан йод сонини камайиши тезлашиб боради. 150 минутдан кейин активланган кўмирнинг ортиши сезиларли таъсир этмаган. ДА-5 қўлланилганда йод сони 10,1% гача камайган. Бу ушбу нисбатдаги аралашмада мойдаги каталитик захарли моддаларнинг миқдори камайиб, катализатор активлигининг барқарорлигининг ортиши билан изоҳланади.

7-жадвал

Детоксикантлар таркибининг саломас сифат кўрсаткичларига таъсири

Саломас кўрсаткичлари	Детоксикантлар аралашмасининг таркиби (оқловчи тупрок : активланган кўмир)								
	ДА-1 100:0	ДА-2 80:20	ДА-3 70:30	ДА-4 60:40	ДА-5 50:50	ДА-6 40:60	ДА-7 30:70	ДА-8 20:80	ДА-9 0:100
Йод сони, I ₂ %	12,0	11,3	10,7	10,3	10,1	10,6	11,3	12,1	12,7
Ранги, I ₂ мг	6	6	5	5	5	5	6	6	7
Кислота сони, мгКОН	4,0	3,8	3,6	3,3	3,2	3,2	3,4	3,5	3,6
Никель миқдори, мг/кг	13,6	13,7	13,8	14,0	14,2	14,3	14,7	15,0	15,2
Саломас унуми, %	95,13	95,25	95,31	95,37	95,43	95,49	95,55	95,61	95,73

7-жадвалдан кўринадики, ДА таркиби саломаснинг ранги, кислота сони, никель миқдори ва унумига ҳам таъсир этиб, энг яхши натижаларга ДА-4, ДА-5 ва ДА-6 да эришилган. Саломас рангини пасайиши оқловчи тупрокни филтрловчи қўшимча сифатида никел миқдорини камайтириши билан изоҳланади.

ДА нинг мақбул миқдорини аниқлаш учун 0,1-1,0 % миқдоридаги ДА-5 иштирокида пахта мойи гидрогенланди. Натижалар 8-жавалда келтирилган.

8-жадвал

Детоксикантлар миқдорининг гидрогенлаш жараёни ва саломас сифат кўрсаткичларига таъсири

Саломас кўрсаткичлари	Детоксикантлар аралашмаси(ДА-5)нинг миқдори										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Йод сони, I ₂ %	25,0	20,2	14,1	12,3	10,4	9,1	9,08	9,06	9,04	9,02	9,0
Ранги, I ₂ мг	11	9	7	6	6	5	5	5	5	5	5
Кислота сони, мгКОН	4,0	3,8	3,6	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
Никель миқдори, мг/кг	17,8	17,0	16,1	15,3	14,2	13,8	13,6	13,5	13,3	13,2	13,1
Саломас унуми, %	99,3	98,4	97,4	96,4	95,4	94,5	93,5	92,5	91,5	90,6	89,6

8-жадвалдан кўринадики, ДА миқдори ортганда саломаснинг барча кўрсаткичлари яхшиланган. ДА миқдори 0,5% бўлганда энг яхши натижалар олинган ва йод сони 9,1 %I₂ гача тушган. Бу детоксикантсиз гидрогенлашга нисбатан тезлик 1,23 марта ошганини кўрсатади. Бошқа қийматларда унум пасайган.

Сифати паст мойларда юқори сифатли мойларга нисбатан ҳамроҳ моддалар миқдори анча кўп бўлади. Шу сабабли сифати паст мойларни гидрогенлашда катализатор активлигини барқарорлштириш учун уни токсик моддалар билан тўқнашув вақтини камайтириш лозим. Бунга реакция муҳитига киритилаётган катализаторни маълум вақт ораллиғида бўлиб бериш орқали эришиш мумкин.

Сифати паст мойларни гидрогенлаш жараёнини жадаллаштириш ва катализатор активлигини барқарорлаштириш учун 1-7 мой намуналари катализатор ва детоксикантлар аралашмаси(КДА)ни икки босқичда бўлиб бериш йўли билан гидрогенланди. КДАнинг ярми жараён бошланишида, қолган қисми эса 1

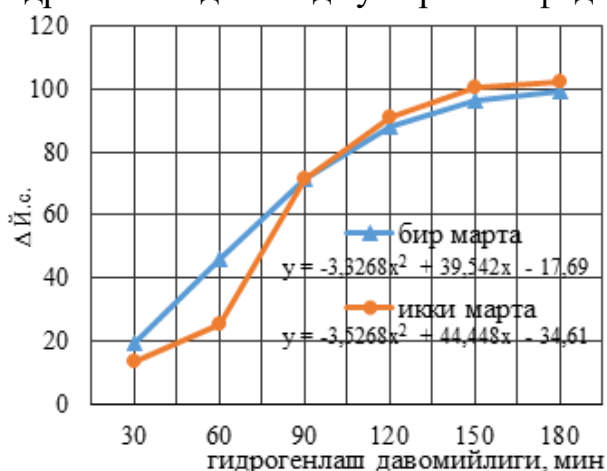
соатдан сўнг кўшилди. Натижалар 9- жадвалда келтирилган.

9- жадвал

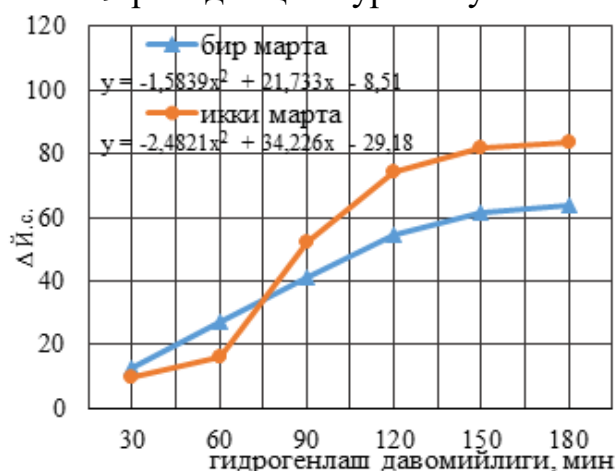
Пахта мойини гидрогенланиш тезлигининг катализатор ва детоксикантлар аралашмасини бериш усулига қараб ўзгариши

Мой намунаси	КДАни бериш усули											
	бир босқичли						икки босқичли					
	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180
1	19,4	46,1	71,8	88,0	96,5	99,7	13,3	25,5	71,5	91,4	100,4	102,7
2	17,3	41,7	60,4	75,5	84,2	86,5	12,6	22,4	66,9	86,8	95,7	98,4
3	17,1	41,4	60,8	75,1	83,4	85,4	12,4	22,3	65,4	85,4	93,9	96,3
4	15,7	35,4	52,3	65,7	71,0	73,5	11,1	20,5	61,4	82,4	90,8	91,9
5	14,7	33,5	50,6	63,9	69,0	71,5	10,6	19,6	56,8	79	87,2	88,9
6	13,7	28,8	42,9	56,5	63,5	66,2	9,8	16,8	53,5	76,1	84,2	85,6
7	12,8	27,0	41,3	54,6	61,6	63,9	9,5	16,3	52	74,4	82,1	83,5

9-жадвалдан кўринадикки, КДАни реакция муҳитига бўлиб киритиш, гидрогенланиш тезлиги(ΔЙ.с.)га, мой сифатига қараб таъсир этади. 1-намунада КДАни бир марта(95,9) ва бўлиб киритиш(97,5) гидрогенланиш тезлигига кам таъсир этган. 2 ва 3-намуналарда эса жараён камрок, яъни мос равишда 84,8 дан 89,0 гача ва 83,1 дан 88,6 гача тезлашган. Сифати паст мойларда эса тезликнинг кескин ўзгариши яққол намоён бўлди: 4- намунада 72,9 дан 81,2 га; 5-намунада 59,1 дан 73,1 га; 6-намунада 53,48 дан 68,9 га ва 7-намунада 49,9 дан 65,6 га ортган. КДАни бўлиб берилганда тезликнинг 60 ва 90 минутлар оралиғида мос равишда 11,8-25,5 дан 35,3-51,5 гача кескин ўзгариши ҳамма намуналарда катализатор концентрациясининг ортиши билан бирга янги кўшилган катализатор активлиги ҳисобига содир бўлади. Демак КДАни бўлиб бериш билан гидрогенлаш сифати паст мойларда яхши самара бериши маълум бўлди, яъни 1-мой намунасини гидрогенлаш тезлигини ошириши 1,87% бўлса, 7-мой намунасини гидрогенлашда бу 31,5%га тенг бўлди. Буни, ΔЙ.с. қийматининг гидрогенлаш давомида ўзгариши ифодаланган 9-расмдан ҳам кўриш мумкин.



(1-мой намунаси учун)



(7-мой намунаси учун)

9-расм. Реакция муҳитига катализаторни бериш усулини ΔЙ.с. қийматининг ўзгаришига таъсири

9-расмдан кўринадикки, 1-намунани гидрогенлашда КДА ни бир босқичда берганда ΔЙ.с. қиймати вақт ўтган сари аста ошиб борган, икки босқичда бўлиб берганда эса, кичикроқ қийматда аста кўтарилиб борган ва жараён сўнгида хар

икки график қиймати бўйича бир бирига яқин нуқталарга эга бўлган. Гидрогенлашнинг 180 минутада ҚДА ни бир босқичда берилганда саломаснинг йод сони 12,6 га тенг бўлса, ҚДА ни икки босқичда берилганда 10,3 га тенг бўлган.

7-намунани гидрогенлашда ҚДА ни бир босқичда берганда ДЙ.с. қиймати вақт ўтган сари пасайиб борган, икки босқичли берганда 60 минутгача пасаяди, сўнг кескин кўтарилиб боради. Бу жараённинг 60 минутгача катализатор миқдорини камлиги ва реакциядаги катализаторнинг заҳарланиши натижасида активлигини пасайиши билан тушунтирилади. 60 минутдан сўнг реакция муҳитига юқори активликдаги катализатор киритилгач унинг умумий активлиги ва концентрацияси ошиб, реакция тезлиги кескин ортади. Оқибатда жараён сўнггида реакциянинг ўртача тезлиги бир босқичли беришдагидан юқори бўлади.

ҚДАни бўлиб беришнинг самарали нисбатини ва неча босқичда бўлиб беришни аниқлаш, унинг жараён давомийлигига таъсирини ўрганиш ва меъёрий сифат кўрсаткичларига эга саломас олиш мақсадида 4-7 мой намуналари ҚДАни турли нисбатларда бўлиб бериш йўли билан гидрогенлаш йод сони ўзгармас қийматга етгунча гидрогенланди. Натижалар 10-жадвалда келтирилган.

10-жадвал

ҚДАни бўлиб беришнинг пахта мойини гидрогенлаш жараёнига таъсири

Тажриба рақами	Бериш миқдори, %			Гидрогенлаш давомийлиги, соат			
	жараён бошида	1 соатдан кейин	саломас й.с. 50-55 % I ₂ бўлганда	мой намунаси			
				4	5	6	7
1	100	-	-	4,18	4,42	5,2	5,78
2	90	10	-	4,08	4,30	5,05	5,58
3	80	20	-	4,0	4,16	4,91	5,38
4	80	10	10	3,86	4,02	4,78	5,25
5	70	30	-	3,75	3,91	4,68	5,19
6	70	15	15	3,62	3,83	4,50	5,08
7	60	40	-	3,38	3,57	4,19	4,64
8	60	20	20	3,34	3,53	4,15	4,60
9	50	50	-	3,40	3,58	4,25	4,71
10	50	25	25	3,38	3,56	4,12	4,58
11	50	30	20	3,32	3,47	3,94	4,23
12	40	60	-	3,64	3,82	4,38	4,81
13	40	30	30	3,84	4,02	4,70	5,13
14	30	30	40	4,02	4,19	4,94	5,4

10-жадвалдан кўринадики, ҚДАни икки босқичда бериб гидрогенланганда ҚДАнинг дастлабки порцияси миқдорини 100 %дан 60 %гача камайиб бориши билан жараён давомийлиги ҳам камайиб боради: 4-намунада 4,18 дан 3,38 гача; 5-намунада 4,42 дан 3,57 гача; 6-намунада 5,2 дан 4,19 гача ва 7-намунада 5,78 дан 4,64 гача камайган. Бироқ дастлабки порциянинг кейинги камайиши эса (9-ва 12-тажрибалар) гидрогенлаш вақтининг ортишига олиб келади. Бу гидрогенлашнинг дастлабки даврида катализатор концентрациясининг пастлиги ва кейинги порциянинг кўпроқ заҳарланиши натижасида активликнинг камайиши ва реакция тезлигининг пасайиши билан изоҳланади.

ҚДА ни уч босқичда бўлиб бериш икки босқичда бўлиб беришга нисбатан гидрогенлаш давомийлигини камайтирган. Буни 4,6,8,10,11-тажрибаларнинг

натижаларидан кўриш мумкин. Бунда гидрогенлаш давомийлиги ўртача 1,1-3,6% гача камайган. 9 ва 11-тажрибаларга қаралса, гидрогенлаш давомийлиги КДАни уч босқичда бўлиб берганда, икки босқичда бўлиб бергандагига нисбатан сезиларли даражада камаяди: 4- намунада 3,40 дан 3,32 гача; 5-намунада 3,58 дан 3,47 гача; 6-намунада 4,25 дан 3,94 гача ва 7-намунада 4,71 дан 4,23 гача камайган. Натижаларга кўра КДАни бўлиб беришнинг оптимал нисбати барча мой намуналарида икки босқичда 60:40 ва уч босқичда 50:30:20 бўлиб, бунда реакция тезлиги энг юқори қийматга эга бўлган ва КДАни уч босқичда бўлиб бериш самаралироқ таъсир этиши 6 ва 7-намуналарда яққолроқ намоён бўлган.

Демак, КДАни 2 ёки 3 босқичда бўлиб бериш пахта мойини гидрогенлаш давомийлигини, мой сифатига қараб, 4,18-5,78 соатдан 3,32-4,23 соатгача, яъни 1,25-1,37 марта камайтириши маълум бўлди.

КДАни бўлиб беришнинг оптимал қийматларида олинган саломасларни физик-кимёвий кўрсаткичлари аниқланди. Натижалар 11-жадвалда берилган.

11-жадвал

Олинган саломасларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

Тажриба рақами	Мой намунаси рақами	Й.с. % I ₂	К.с., мг КОН	Т _{эп.} , °С	Ni миқдори, мг/кг
7	4	5,6	3,40	57,5	11,7
7	5	7,4	3,50	56,4	13,3
7	6	9,6	3,75	56,6	12,9
7	7	8,3	4,10	56,2	15,1
11	4	5,4	3,35	57,0	12,4
11	5	7,1	3,43	56,3	13,1
11	6	8,8	3,58	56,7	14,3
11	7	8,1	3,85	56,6	14,9

11-жадвалдан кўриниб турибдики, тажрибаларда олинган саломаслар йод сони ва эриш ҳароратига кўра O'zDSt бўйича стеарин ишлаб чиқариш учун мўлжалланган саломасга қўйиладиган талабларга мувофиқ келади.

1-7 мой намуналарини детоксикантсиз, детоксикант иштирокида ва КДА ни бўлиб бериш билан гидрогенлаб олинган саломасларнинг транс кислота миқдори таҳлил қилинди. Натижалар 12-жадвалда келтирилган.

12-жадвал

Мой сифати ва гидрогенлаш усулини транс кислота миқдорига таъсири

Мой намунаси	Детоксикантсиз		Детоксикант билан		КДАни бўлиб бериш	
	Саломас йод сони, % I ₂	Транс кислота миқдори, %	Саломас йод сони, % I ₂	Транс кислота миқдори, %	Саломас йод сони, % I ₂	Транс кислота миқдори, %
1	4,6	3,8	4,5	3,6	4,5	3,2
2	19,2	10,1	9,2	4,8	6,1	3,6
3	22,3	14,2	10,3	6,5	6,5	3,7
4	22,6	14,3	10,8	7,2	6,4	3,7
5	23,1	14,6	10,1	7,4	7,1	4,2
6	24,9	14,3	11,3	8,7	8,8	4,3
7	26,7	15,8	12,7	8,9	8,1	4,5

12-жадвалдан кўринадики, пахта мойини детоксикантсиз гидрогенланганда саломаснинг йод сони (й.с.) мой сифатига мос равишда 4,6 % I₂ дан 26,7 % I₂ гача,

транс кислота миқдори (т.к.м.) 3,8% дан 15,8% гача ташкил этган. Детоксикант иштирокида гидрогенланганда эса й.с. мой сифатига мос равишда 4,5 % I₂ дан 12,7 % I₂ гача, т.к.м. 3,6% дан 8,9% гача етган. Катализаторни бўлиб бериш билан гидрогенланганда эса й.с. 4,5-8,8 % I₂ ва т.к.м. 3,2-4,5% ни ташкил этган.

Диссертациянинг «Маргарин саноати учун юқори сифатли модификацияланган ўсимлик ёғларини ишлаб чиқариш технологияларини такомиллаштириш» деб номланган тўртинчи бобида мойларни дисперс катализаторларда чуқур гидрогенлаш технологиясини такомиллаштириш, мойларни паст ҳароратларда юқори критик эритувчиларда, мисцеллада гидрогенлаш, саломасни рафинациялаш ва металсизлантириш технологиясини такомиллаштириш, чуқур гидрогенланган ёғларни кимёвий переэтерификациялаш ва транс кислота миқдори меъёрланган ёғлар олиш ҳамда уларни маргарин рецептларида қўллаш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

Чуқур гидрогенланган саломас ишлаб чиқаришда эритувчилардан фойдаланиш самарадорлигини аниқлаш мақсадида пахта мойи эритувчи (гексан, экстракция бензини) иштирокида гидрогенланди. Бунинг учун 9-намунадаги пахта мойи ва экстракция бензинининг 50:50 нисбатдаги аралашмаларини 0,3 % катализатор, 0,5% детоксикант аралашмасини 3 босқичда бўлиб бериш билан ҳарорат 140-180°C, водород босими 0,5-2,0 МПа бўлган шароитларда 3 соат давомида гидрогенланди. Натижалар 13-жадвалда келтирилган.

13-жадвал

Пахта мойини мисцеллада чуқур гидрогенлаш жараёнида ҳарорат ва водород босимининг олинadиган саломас кўрсаткичларига таъсири

Ҳарорат, °C	Босим, МПа	Й.с., % I ₂	Транс кисл-р миқ., %	Т _{эр.} , °C	К.с., мг/КОН
140	0,5	10,8	5,0	53,5	2,3
160	0,5	10,2	5,8	55,3	2,5
180	0,5	10,0	6,0	56,1	3,0
140	1,0	10,0	4,2	54,3	2,2
160	1,0	9,5	4,8	54,9	2,8
180	1,0	9,2	5,2	56,2	3,2
140	2,0	9,8	4,0	54,6	2,4
160	2,0	9,3	4,7	55,2	2,4
180	2,0	8,7	5,0	56,4	2,6

13-жадвалдан кўринадики, ҳароратнинг 140 °C дан 180 °C гача ва босимнинг 0,5 МПа дан 2,0 МПа гача ортиши олинган саломаснинг йод сонини 10,8 % I₂ дан 8,7 % I₂ гача ва транс кислота миқдорини 6,0% дан 4,0% гача камайишига, эриш ҳароратини 53,5 °Cдан 56,4 °Cгача ва кислота сонини 2,2 мг КОН дан 3,6 мг КОН гача ортишига олиб келган. Ҳарорат 160 °C дан ва водород босими 1 МПа дан юқори бўлганда мойнинг қовушқоқлиги камаяди, водороднинг эрувчанлиги ва диффузияланиши ортади, реагентларнинг активланиш энергияси камаяди. Натижада реакция тезлиги ортиб, мой тўлиқ гидрогенланишга яқинлашади.

Пахта мойини N-820 катализаторида гидрогенлаб олинган тозаланмаган саломасларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари 12-жадвалда келтирилган. Гидрогенлаш давомийлигини ошириш билан мойларнинг ҳамроҳ моддалари миқдори термик парчаланиш (эркин ёғ кислоталарининг ҳосил бўлиши,

бирламчи ва иккиламчи оксидланиш маҳсулотлари, полимерланиш ва бошқалар) туфайли ортади. Ушбу моддаларни тозалаш мақсадида 60 г/л концентрацияли анъанавий каустик сода (NaOH) ва таклиф қилинган натрий силикат эритмаси ($m\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) ёрдамида пахта ва соя саломасларини рафинациялаш бўйича тажрибалар ўтказилди. Олинган натижалар 14-жадвалда келтирилган.

14-жадвал

Каустик сода ва натрий силикатнинг сувли эритмаларида рафинацияланган саломасларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари

Саломас кўрсаткичлари номи	Каустик соданинг сувли эритмасида (назорат)		Натрий силикатнинг сувли эритмасида	
	Пахта саломаси	Соя саломаси	Пахта саломаси	Соя саломаси
Кислота сони, мг КОН/г	0,35	0,25	0,31	0,20
Перекис сони, ммоль/кг	7,5	8,5	7,1	8,2
Ранги, ш.б.	4	3	3	2
Анизидин сони, ш.б.	2,0	2,3	1,8	2,1
Қолдиқ никел миқдори, мг/кг	0,65	0,63	0,47	0,41
Қолдиқ темир миқдори, мг/кг	0,7	0,6	0,42	0,38
Ёғнинг чиқиши, %	94,6	95,3	97,2	98,1

14-жадвалдан кўринадикки, анъанавий каустик сода ўрнига натрий силикат эритмасидан фойдаланиш рафинацияланган пахта ва соя саломасларининг сифатини яхшилайтиди ва уларнинг чиқиш унумини мос равишда 2,6% ва 2,8% га оширади. Натрий силикатни қўлланилиши қолдиқ никел метали миқдорини 0,63-0,65 мг/кг дан 0,41-0,47 мг/кг гача яъни 1,5 баробаргача камайтирган.

Ишқорий рафинациялашдаги йўқотишларни камайтириш учун оч рангли мойлар ва саломасни рафинациялашда физик усулдан фойдаланилади. Бироқ саломасда оч рангли мойлардан фарқли катализаторнинг қолдиқ металлари бўлади. Саломасдаги метал қолдиқларини йўқотиш ва жараён самарадорлиги ошириш мақсадида ёғнинг массасига нисбатан 4-5% миқдорида рН қиймати 1-3 бўлган электроактив сув билан ишлов берилди. Таққослаш учун саломас юқоридаги шароитларда 0,5 % миқдоридаги 20% ли лимон кислота билан 30 минут қайта ишланди. Олинган натижалар 15-жадвалда келтирилган.

15-жадвал

Саломасни электроактивланган сув билан қайта ишлаш натижалари

Номи	Тажриба рақами			Назорат (лимон кислота)
	1	2	3	
Қолдиқ никел металининг масса улуши, мг/кг	0,3	0,4	0,5	0,6
Металлнинг ажралиш даражаси, %	96,9	96,4	95,8	93,1
Сув фазасидаги ёғсимон моддаларнинг масса улуши, %	0,1	0,09	0,08	0,3

15-жадвалдан кўринадикки электроактивланган сувнинг рН қиймати 1 дан 3 гача ошганда саломасдаги никел метали 0,3 дан 0,5 мг/кг гача ошиб борган. Бу эса металлнинг ажралиш даражасини 96,9 % дан 95,8 % гача камайтишига олиб келган. Назорат тажрибада саломасдаги қолдиқ никел метали 0,6 мг/кг ни ва металлнинг ажралиш даражаси 93,1% ни ташкил этган.

Олинган чуқур гидрогенланган саломаснинг эриш ҳарорати (56,1 °С) жуда

юқори бўлганлиги учун уни тўғридан-тўғри озика мақсадида ишлатиш мақсадга мувофиқ эмас. Аммо уни перээтерификацияланган ёғнинг қаттиқ компоненти сифатида ишлатиш мумкин. Кейинги тажрибаларда кунгабоқар мойи ва чуқур гидрогенланган саломасни ўзаро перээтерификацияси амалга оширилди. Хом ашё учун олинган чуқур гидрогенланган саломас кўрсаткичлари: К.с. – 0,8 мг КОН/г, Й.с. – 6,8 % I₂ T_{эп.} – 56,1 °С қаттиқлиги - 660 г/см, кунгабоқар мойининг кўрсаткичлари: К.с. – 0,2 мг КОН/г, Й.с. – 124,3 % I₂, T_{эп.} - 0 дан паст.

Дастлаб кунгабоқар мойига 10% дан 90% гача чуқур гидрогенланган пахта саломасини аралаштириб, омихталар олинди. Омихталар 75-80 °С да, натрий метилат иштирокида перээтерификация қилинди. Омихталар ва перээтерификацияларнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари 16-жадвалда келтирилган.

16-жадвал

Чуқур гидрогенланган пахта саломаси ва кунгабоқар мойи омихталарининг перээтерификациядан олдинги ва кейинги кўрсаткичлари

№	Саломас, %	Мой, %	Омихталарнинг кўрсаткичлари				Перээтерификацияларнинг кўрсаткичлари			
			К.с. мг КОН/г	Й.с., % I ₂	T _{эп.} , °С	Қаттиқлик, г/см	К.с. мг КОН/г	Й.с., % I ₂	T _{эп.} , °С	Қаттиқлик, г/см
1	10	90	0,29	113,3	24,3	78	0,25	114,5	18,3	65
2	20	80	0,33	105,5	38,2	132	0,32	105,2	23,2	86
3	30	70	0,38	92,8	42,5	200	0,36	93,1	27,8	130
4	40	60	0,43	80,2	44,9	267	0,42	81,4	32,5	188
5	50	50	0,49	71,7	46,1	333	0,48	70,2	34,3	214
6	60	40	0,54	64,5	48,5	390	0,56	67,8	37,9	260
7	70	30	0,61	58,3	50,4	461	0,59	56,5	41,4	294
8	80	20	0,67	42,8	52,7	530	0,68	41,2	44,2	340

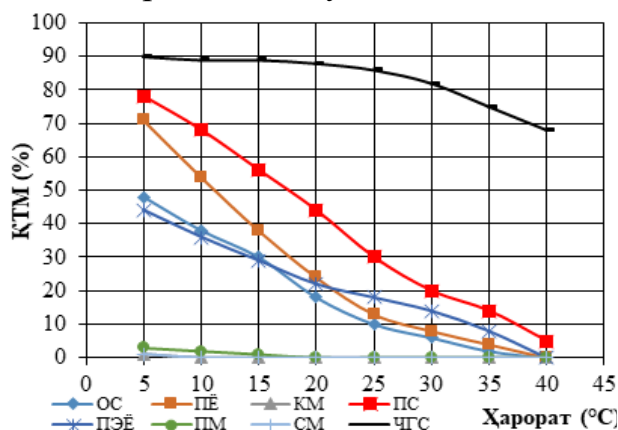
16-жадвалдан кўринадикки, омихтадаги саломаснинг масса улуши 10%дан 80% гача ортганда унинг йод сони 113,3 %I₂ дан 42,8 %I₂ гача пасайган, эриш ҳарорати ва қаттиқлиги мос равишда 24,3 °С дан 52,7 °С гача ва 78 г/см дан 530 г/см гача ортган. Омихталарни перээтерификация қилинганда уларнинг йод сони 114,5 %I₂ дан 41,2 %I₂ гача пасайган. Эриш ҳарорати мос равишда 18,3 °С дан 44,2 °С гача ва қаттиқлиги эса 65 г/см дан 340 г/см гача ортган.

Перээтерификация жараёнида кимёвий катализаторнинг (натрий метилат) мақбул миқдори ўрганилган. Кунгабоқар мойи ва саломаснинг 40:60 нисбатдаги аралашмаси перээтерификацияланганда катализаторнинг мақбул миқдори 1% бўлиши, бунда эриш ҳарорати 44,9 °С ва қаттиқлиги 267 г/см бўлган омихтанинг перээтерификациядан кейин мос равишда 32,5 °С ва 188 г/см ни ташкил этиши аниқланган. Перээтерификациялаш жараёнининг мақбул ҳароратини аниқлаш учун ёғ ва мойлар аралашмаси 40-120 °С ҳароратда 1 соат давомида перээтерификацияланган ва бунда оптимал ҳарорат 80 °С бўлиши аниқланган.

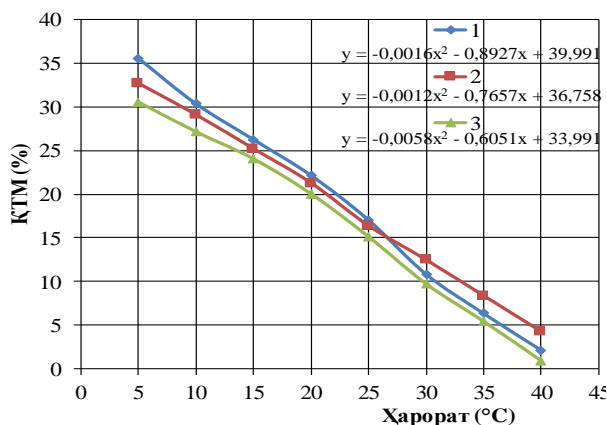
Транс кислота миқдори меъёрлаштирилган маргарин рецептини тузиш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Дастлаб маргаринларнинг ёғли асосида қўлланиладиган ёғларнинг ҚТМ кўрсаткичлари таҳлил қилинди. Натижалар 10-расмда келтирилган.

10-расмдан кўринадикки, кунгабоқар ва соя мойлари бошланғич ҳарорати 5

°C дан 0% ҚТМ бўлган текис чизикқа эга, бу эса уларнинг суяқ агрегат ҳолатида бўлишини билдиради ва бу маргаринга юмшоқ структурани беради. Переэтерификацияланган ёғ ва озиқа саломасларнинг эгри чизиклари 5°C дан 15°C гача деярли текис (51% -30%) чизикқа эга, ундан кейин у 40°C да 0% гача кескин пасаяди. Улар паст ҳароратларда (5°C - 15°C) маргарин консистенциясини сақлаб туради ва қўлланиш ҳарорати (25°C-30°C) да маргарин юмшоқлигини таъминлаб беради. Пальма ёғи, пальма стеарини ва чуқур гидрогенланган саломасларнинг ҚТМ кўрсаткичлари юқори қийматларга эга. Бу уларнинг таркибида тўйинган ёғ кислоталарнинг мавжудлиги билан изоҳланади.



10-расм –Ёғ ва мойларнинг қаттиқ триглицерид миқдори эгри чизиклари



11-расм. Маргаринларнинг қаттиқ триглицерид миқдори эгри чизиклари

Ўрганилган ёғ ва мойлар асосида оптималлаштирилган хусусиятларга эга маргаринларнинг ёғли асослари шакллантирилди (17-жадвал).

17-жадвал

Анъанавий ва таклиф этилаётган маргаринларнинг ёғли асослари

Маргариннинг ёғли компонентлари	Мавжуд		Таклиф этилаётган
	1	2	3
Саломас, $T_{пл}$ 31-34°C, қаттиқлиги 160-320 г/см	45	-	-
Саломас, $T_{пл}$ 35-36°C, қаттиқлиги 350-410 г/см	30	-	-
Пальма стеарини, $T_{эр}=43$ °C	-	63	
Пальма ёғи, $T_{эр}=39$ °C	-	17	-
Переэтерификацияланган ёғ	-	-	72
Ўсимлик мойи(соя, кунгабоқар)	25	20	26
Чуқур гидрогенланган саломас	-	-	2,0
Жами	100	100	100

17-жадвалдан кўринадики, анъанавий рецептдаги саломас, пальма стеарини, пальма ёғи, переэтерификацияланган ёғ ва чуқур гидрогенланган саломас билан алмаштирилди. Суяқ мойлар маргарин таркибида эссенциал ёғ кислоталарнинг кўпайишига, эриш ҳарорати ва қаттиқлигини пасайишига олиб келади. Аммо ёғли асосга чуқур гидрогенланган саломасни киритиш унинг эриш нуқтасини ва қаттиқлигини оширади.

Маргариннинг ёғли асосларидаги ёғларнинг ёғ кислота таркиби таҳлил қилинди. 18-жадвалда ёғли асосларнинг ёғ кислота таркиби кўрсатилган.

18-жадвалдан кўринадики, 1-маргарин ёғли асосида транс ёғ кислоталар

миқдори 17,81% ни ташкил этди. Бошқа маргаринларда транс изомерлар 1,08 ва 1,41% мавжуд. Бу маргаринлар кўпроқ тўйинган ёғ кислоталарини, асосан пальмитин ва стеарин кислоталарини ўз ичига олади. Соя мойи, кунгабоқар мойи ва переэтерификатларнинг мавжудлиги туфайли ёғли асослардаги тўйинмаган кислоталарни миқдори мос равишда 57,53%, 54,51% ва 62,47% ни ташкил этди.

18-жадвал

Тайёрланган маргарин ёғли асосларининг ёғ кислоталари таркиби

Ёғли асос т.р.	Ёғ кислоталари%								
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1Т	C18:1	C18:2	C18:3	Бошқа
1	излари	0,82	18,04	5,18	17,81	35,82	21,54	0,17	0,61
2	0,1	0,93	38,57	5,44	1,08	36,53	16,75	0,15	0,42
3	излари	0,65	13,37	23,01	1,41	19,62	40,25	1,19	0,46

Ёғ кислота таркиби маргарин ёғли асосларининг ҚТМ кўрсаткичига таъсир қилади (11-расм). Маргарин ёғли асосларининг ҚТМ кўрсаткичлари 20 °С да 22,2%, 21,3% 20,1% бўлди. 40 °С да эрийдиган ҚТМ 2-намунда бўлиб, бу унда палма стеарини борлиги билан изоҳланади.

Танланган ёғли хомашёлар асосида маргарин рецептлари шакллантирилди. Тузилган рецептлар 19-жадвалда келтирилган.

19-жадвал

Тажрибаларда фойдаланилган маргарин рецептлари

Маргарин компонентлари, %	Маргарин рецептлари		
	1	2	3
Саломас, $T_{пл}$ 31-34°C, қаттиқлиги 160-320 г/см	36,45	0	0
Саломас, $T_{пл}$ 35-36°C, қаттиқлиги 350-410 г/см	24,30	0	0
Пальма стеарини, $T_{эр}=43$ °С	0	51,03	0
Пальма ёғи, $T_{эр}=39$ °С	0	13,77	0
Переэтерификацияланган ёғ	0	0	58,32
Ўсимлик мойи (соя, кунгабоқар)	20,25	16,20	21,06
Чуқур гидрогенланган саломас $T_{эр}=59,9$ °С	0	0	1,62
Бўёқ	0,10		
Эмульгатор	0,20		
Фосфатид концентрати	0,70		
Туз	0,40		
Қанд	0,40		
Антиоксидант	0,05		
Сув	17,15		
Жами	100	100	100

19-жадвалдан кўришиб турибдики, барча рецептларда компонентларнинг тури ва миқдори бир хил бўлиб, фақат ёғли асос таркиби билан фарқ қилади.

Рецептлар асосида олинган маргаринлар таҳлил қилинди. Таҳлил натижалари 20-жадвалда келтирилган. 20-жадвалдан кўринадик, барча маргаринлар сифат кўрсаткичлари бўйича О'zDSt 3317-2018 талабларига мос келади.

Диссертациянинг «Тадқиқот натижаларини саноатга жорий этилганлик даражаси ва иқтисодий самарадорлиги» деб номланган бешинчи бобида катализаторни детоксикациялаш билан ўсимлик мойларини гидрогенлаш технологиясининг мақбул шарт-шароитларини аниқлаш, ўсимлик мойларини модификациялаш ва олинган маҳсулотларни маргарин саноатида қўллаш бўйича

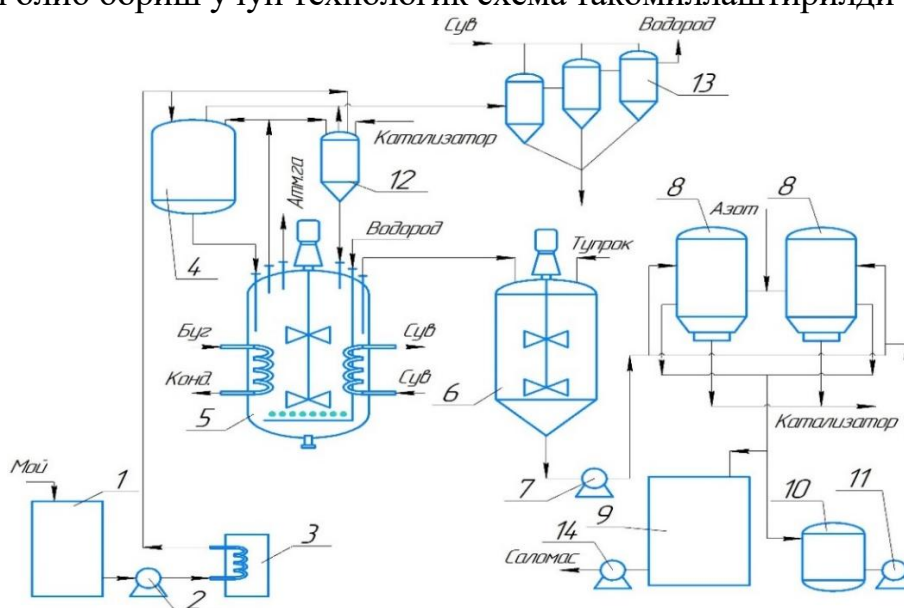
саноат-синов тажрибалари, Транс кислота миқдори меъёрлаштирилган ёғ олиш ва уни маргарин саноатида қўллашда иқтисодий самарадорликни ҳисоблаш натижалари ҳамда уларнинг таҳлили келтирилган.

20-жадвал

Тажрибаларда олинган маргаринларнинг қиёсий кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар номи	Маргаринлар		
	1	2	3
Ранги	Бутун массаси бўйича бир хил таркибли оч сариқ ранг		
Консистенцияси	Пластик, зич, бир жинсли, осон суртиладиган, кесим юзаси ялтироқ		
Маргариндан ажратиб олинган ёғнинг эриш ҳарорати, °С	34,1	34,3	33,9
Намлик ва учувчан моддаларнинг массавий улуши, %	17,18	17,16	17,17
Тузнинг массавий улуши, %	0,4	0,4	0,4
Кислоталилиги, °К (Кетгосорфера) бўйича	2,3	2,2	2,2
Ёғнинг массавий улуши, %	82,15	82,21	82,18
Ёғ массасига нисбатан транс кислота миқдори, %	17,8	1,1	1,4

ҚДА ни бир неча босқичда бўлиб бериш усули билан гидрогенлаш жараёнини олиб бориш учун технологик схема такомиллаштирилди (12-расм).



12-расм. Катализаторни бўлиб бериш билан ўсимлик мойларини даврий усулда гидрогенлаш технологик схемаси

1,9-мой ва саломас учун сиғимлар, 2,7,10,11,14-мой ва саломас учун насослар, 3-иссиқлик алмаштиргич, 4-мой учун ишчи сиғим, 5-автоклави, 6-саломас тиндиргич, 8-фильтр, 12-катализатор учун ишчи сиғим, 13-сепаратор

Саноат шароитида такомиллаштирилган технология бўйича пахта мойини чуқур гидрогенлаш ва переэтерификациялаш билан транс кислоталар миқдори меъёрлаштирилган ёғ ишлаб чиқарилганда импорт қилинаётган 1 т маҳсулотга нисбатан 10 млн сўм/т иқтисодий самарадорликка эришиш мумкинлиги аниқланди.

ХУЛОСАЛАР

1. Республикамизда ишлаб чиқарилаётган маргарин, қандолат ёғлари ва саломасларнинг физик-кимёвий кўрсаткичларини таҳлил қилиниб, уларнинг таркибидаги транс кислота миқдори: маргаринларда 0,4-25,1%, қандолат ёғларида 22,6-28,7% ва саломасларда 27,9-45,4% ни ташкил этиши аниқланган;

2. Пахта мойини N-210, Ni:Cu ва N-820 никелли катализаторлар иштирокида қисман гидрогенлаш жараёни тадқиқ қилиниб, жараён кинети-каси, селективлиги ва уларга таъсир этувчи омиллар ўрганилди ҳамда катали-заторларнинг активлиги N-210<Ni:Cu<N-820 тартибда эканлиги аниқланган;

3. Пахта мойини никелли катализатор билан чуқур гидрогенлаш асосида транс кислота миқдори меъёрлаштирилган саломас олишга эришилган. Бунда N-820 катализатори миқдори мой массасига нисбатан 0,3%, ҳарорат 220 °C водороднинг босими 2 МПа бўлиши аниқланган ва саломаснинг йод сонини 4,5 % I₂ гача пасайтиришга эришилган;

4. Мойларнинг сифат кўрсаткичлари уларнинг гидрогенланиш хусусиятига таъсир этиши ўрганилиб, мой сифати пасайганда гидрогенлаш тезлиги 2 баробаргача камайиб кетиши аниқланган;

5. Оқловчи тупроқ ва активланган кўмир аралашмалари асосида самарали детоксикант тайёрланди, бунда аралашманинг мақбул нисбати 60:40, мақбул миқдори мой массасига нисбатан 0,5% бўлиши аниқланган ва гидрогенлаш тезлигини 1,23 мартагача оширишга эришилган;

6. Катализатор ва детоксикантлар аралашмасини гидрогенлаш жараёнида 60:40 нисбатда икки босқичда ва 50:30:20 нисбатда уч босқичда бўлиб бериш катализатор активлигининг барқарорлигини таъминлаши ва гидроген-лаш жараёнини мой сифатига қараб 1,25-1,37 марта тезлаштириши аниқланган;

7. Ўсимлик мойларини эритувчилар иштирокида чуқур гидрогенлаш жараёни паст ҳароратларда олиб бориш имконини бериши аниқланган. Бунда мисцеллада гидрогенлашда 180-200 °C ни ташкил этади;

8. Саломасни ишқорий рафинациялашда натрий гидроксид ўрнига натрий силикатдан фойдаланиш қолдиқ никел метали миқдорини 1,5 баробаргача камайтириши, саломасни физик рафинациялашда саломасни металсизлан-тириш учун лимон кислота ўрнига электроактивланган сувдан фойдаланиш қолдиқ никел миқдорини 2 баробарга камайтириши аниқланган;

9. Чуқур гидрогенланган пахта саломаси ва кунгабоқар мойи аралашмасини переэтерификациялашнинг мақбул технологик режимлари тадқиқ қилиниб, аралашма нисбати 60:40, жараён ҳарорати 80 °C, катализатор миқдори 1% ва жараён давомийлиги 80 мин эканлиги аниқланган;

10. Чуқур гидрогенланган саломас, переэтерификацияланган ёғ ва кунгабоқар мойини маргарин рецептига киритиш орқали транс кислота миқдорини 17,8 % дан 1,4 % гача камайтиришга эришилган;

11. Пахта мойини чуқур гидрогенлаш ва олинган саломасни пахта мойи билан переэтерификациялаб транс кислоталар миқдори меъёрлаштирилган 1 т ёғ ишлаб чиқаришда 10 млн сўм/т иқтисодий самарадорликка эришилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/2025.27.12.T.42.01
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РУЗИБАЕВ АКБАРАЛИ ТУРСУНБОВЕВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ С ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕТОКСИКАЦИЕЙ
КАТАЛИЗАТОРА**

**02.00.17 – Технологии и биотехнологии обработки, хранения и переработки
сельскохозяйственных и пищевых продуктов**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора технических наук (DSc)

Ташкент – 2026

Тема докторской диссертации (Doctor of Science) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2025.3.DSc/T167.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.
Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекском, русском, английском(резюме)) на сайте Научного совета (www.tkti.uz) и на информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный консультант:

Серкаев Камар Пардаевич
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Исабаев Исмонд Бабаджанович
доктор технических наук, профессор

Ахмедов Азимжон Нормуминович
доктор технических наук, профессор

Сагдуллаева Дилафруз Саидакбаровна
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

**Гулистанский Государственный
Университет**

Защита диссертации состоится «12» 05 2026 году в 9⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/2025.27.12.T.42.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтохурский район, ул. А.Навои, 32. Тел.: (99871)244-79-20, факс: (99871)244-79-17, e-mail: info@tkti.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института (зарегистрирован за номером 408). (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтохурский район, улица А.Навои, 32. Тел.: (99871)244-79-20).

Автореферат диссертации разослан «20» 04 2026 года.
(Реестр за номером 224 от «20» 04 2026 года).



С.М.Турабжанов
Председатель научного совета
по присуждению ученой степени,
д.т.н., профессор, академик

Х.Н.Кадилов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученой степени,
д.т.н., профессор

Н.А. Хужамшукуров
Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученой степени,
д.б.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (DSc))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире с увеличением численности населения возрастает спрос на высококачественные пищевые продукты и природные ресурсы, а в условиях ограниченности источников природного сырья вопросы их эффективного использования и совершенствования ресурсосберегающих технологий приобретают особую актуальность. Особое значение имеет совершенствование технологий переработки низкосортных масел наряду с использованием высококачественных масел при производстве модифицированных жиров, развитие производства масложировой продукции, в частности применение в составе пищевых продуктов жиров с нормированным содержанием трансжирных кислот, обогащение продукции незаменимыми жирными кислотами, а также разработка новых рецептов маргарина с использованием твердых жиров, полученных из местных растительных масел, превосходящих импортные аналоги по своим органолептическим показателям.

В мире ведутся глубокие научные исследования, направленные на модификацию животных и растительных жиров, их включение в рецептуры различных жировых продуктов с целью получения готовой продукции с принципиально новыми свойствами, а также на совершенствование существующих технологических процессов. В этом направлении особое внимание уделяется модификации жиров и масел, получению жиров с нормированным содержанием трансжирных кислот, совершенствованию катализаторов гидрогенизации, повышению их активности, селективности и эффективности, получению глубоко гидрированных жиров, деметаллизации жиров, повышению их качества и расширению областей применения, совершенствованию технологии переэтерификации жиров и масел, оптимизации жирнокислотного состава и получению легкоусвояемых жиров.

В нашей Республике достигнуты значительные результаты в области разработки ресурсосберегающих технологий гидрогенизации растительных масел, стабилизации активности и снижения расхода катализаторов, получения глубоко гидрогенизированных жиров и их переэтерификации, расширения ассортимента и областей применения импортозамещающих твердых жиров, а также развития технологий производства жировых продуктов с пониженным содержанием транс-жирных кислот на основе местного сырья. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан поставлены задачи «поднятия промышленности на новый уровень качества, глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, ускорения производства готовой продукции, освоения новых видов продукции и технологии»¹. В этой связи актуальными являются научные исследования, направленные на стабилизацию активности катализаторов, получение глубоко гидрогенизированных жиров и разработку на их основе технологий производства высококачественных жиров с нормированным содержанием транс-жирных кислот.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению указанных задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № ПФ-4891 от 6 апреля 2017 года «О критическом анализе

объема и состава товаров (работ, услуг), углублении локализации импортозамещающего производства», № ПП-4821 от 9 сентября 2020 года «О мерах по ускоренному развитию пищевой промышленности республики и полному обеспечению населения качественными продуктами питания», № ПП-4887 от 10 ноября 2020 года «О дополнительных мерах по обеспечению здорового питания населения», № ПП-307 от 6 июля 2022 года «О Стратегии инновационного развития в Республике Узбекистан на 2022-2026 годы», № ПФ-36 от 16 февраля 2024 года «О дополнительных мерах по обеспечению продовольственной безопасности Республики», и Постановлении Кабинета Министров № 37 от 2022 года «О мерах по дальнейшей поддержке новых перспективных проектов производителей продуктов питания в Республике» и других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в Республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.

Научные исследования по совершенствованию технологий каталитической модификации жиров и масел, синтезу новых катализаторов, повышению их активности и селективности, стабилизации активности катализаторов, улучшению качества жиров проводятся в престижных научных центрах и высших учебных заведениях мира, среди которых Cornell university (США), American Oil Chemists' Society (США), Jiangnan University (Китай), Ankara University (Турция), Всероссийский научно-исследовательский институт жиров (Россия), Кубанский государственный технологический университет (Россия), Purdue University (Индия), Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Казахстан), Бухарский государственный технический университет, Ташкентский химико-технологический институт (Узбекистан).

Получен научных результатов по проведенным исследованиям, касающимся рафинации, модификации и снижения содержания транскислот в жирах, определения их физико-химических и реологических свойств, а также их рационального использования в технологии производства пищевых продуктов, в частности: усовершенствованы технологии каталитической модификации жиров и масел, синтезированы новые катализаторы (Всероссийский научно-исследовательский институт жиров (Россия), Кубанский государственный технологический университет (Россия)), определены показатели безопасности и качества продукции при использовании модифицированных жиров в составе пищевых продуктов (American Oil Chemists' Society (AOCS) (США), Cornell university (США)), созданы технологии получения жиров с нормированным содержанием транскислот и улучшения их качества (Jiangnan University (Китай), Ankara university (Турция)), усовершенствованы технологии каталитической модификации жиров с эффективным использованием катализатора (Purdue university (Индия), Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Казахстан)), усовершенствована технология введения перэтерификатов в рецептуру с целью

снижения количества трансжирных кислот в маргаринах, спредах и аналогичных жиромulsionных продуктах (Ташкентский химико-технологический институт, Бухарский государственный технический университет, Узбекистан).

В мире проводятся исследования по ряду приоритетных направлений в области совершенствования технологий повышения активности и стабилизации катализаторов гидрирования жиров, улучшения качества саломаса, снижения содержания трансжирных кислот и повышения эффективности рафинации, в том числе: определение механизма влияния активности катализатора на образование трансжирных кислот в процессах модификации жиров, упрощение технологий гидрирования жиров в мисцелле, внедрение в практику технологий получения жировых продуктов с оптимальными показателями путем переэтерификации жиров и масел.

Степень изученности проблемы. Научно-исследовательские работы по изучению процессов гидрирования и переэтерификации растительных масел, повышению активности и эффективности применяемых катализаторов, улучшению качества саломаса и переэтерификатов, снижению содержания трансжирных кислот, изучению влияния качества сырья на активность катализатора и скорость процесса, а также по устранению существующих проблем проводили G.R. List, J.W. King, L. Lloyd, F.D. Gunstone, H.N. Cheng, J. Wisniak, L.F. Albright, K. Toshtay, A.B. Auevov, J. Sanders, W. Balakos, A.E.W. Beers, A. Tekin, J. Edvardsson, S. Irandoust, K.S. Holla, A.C. Носков, Д.А. Прозоров, A. Zbikowska, A.J. Dijkstra, Л.М. Рабинович, А.П. Нечаев, В.В. Ключкин, Н.С. Арутюнян, А.Н. Лисицин, А.А. Абдурахимов, Ю.К. Кадилов, С.А. Абдурахимов, К.Х. Мажидов, И.Б. Исабаев, Д.П. Рахимов и другие.

Ими изучено влияние остатков сопутствующих веществ в составе масел на активность катализатора, скорость и селективность процесса гидрирования; влияние параметров технологического процесса, таких как температура, давление водорода и интенсивность перемешивания, процесс изомеризации жирных кислот и образование трансжирных кислот, а также свойства гидрированных жиров, полученных в зависимости от природы катализатора и при различных условиях технологического процесса.

Кроме того, ведутся научные работы по направлениям получения твердых, пастообразных и густых жиров со сниженным содержанием трансжирных кислот путем переэтерификации смесей жиров и масел химическими и ферментативными методами, а также улучшения их качества за счет применения в составе маргарина, спредов, сыра, мороженого и других жировых и пищевых продуктов.

Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института в рамках прикладных проектов АМ-ФЗ-201908159 «Разработка технологии получения диетического маргарина, обогащенного функциональными добавками на основе местного сырья» (2020-2022 гг.), АЛ-7823051664 «Производство шоколадной пасты с пониженным содержанием сахара на основе местного сырья» (2024-2025 гг.) и инновационного проекта «Создание и внедрение технологии

производства заменителей молочного жира методом переэтерификации растительных жиров» (2022-2023 гг.).

Целью диссертационного исследования является совершенствование технологии глубокой гидрогенизации растительных масел с применением эффективных методов детоксикации катализаторов и разработка научных основ получения жиров с нормированным содержанием транс-жирных кислот.

Задачи исследования:

исследование жировой фазы маргариновых продуктов и процесса частичного гидрирования хлопкового масла на никелевых дисперсных катализаторах;
определение оптимальных условий технологии получения глубокогидрированных саломасов из хлопкового масла;

изучение факторов, влияющих на стабильность активности катализаторов в процессах гидрирования жиров;

разработка технологии глубокого гидрирования растительных масел с применением эффективных методов детоксикации катализаторов;

совершенствование технологии глубокого гидрирования растительных масел на дисперсных катализаторах;

повышение качества саломасов за счет совершенствования технологии их деметаллизации;

определение оптимальных условий технологии химической переэтерификации глубокогидрированных жиров;

исследование процесса получения маргаринов на основе жиров с нормированным содержанием трансизомеров и его качественных показателей;

проведение пилотных экспериментов по промышленному внедрению технологии глубокого гидрирования растительных масел с детоксикацией катализаторов и определение ее оптимальных условий;

расчет экономической эффективности получения масел с нормированным содержанием трансжирных кислот и его использования в маргариновой промышленности.

Объектами исследования являлись местные хлопковое, подсолнечное и соевое масла, никелевые катализаторы, метилат натрия, отбелная глина, активированный уголь, натриевая щёлочь и другие добавки.

Предметом исследования является разработка научных основ получения саломасов с минимизированным содержанием транскислот путём глубокой гидрогенизации растительных масел различных качественных показателей, переэтерификации саломасов с получением переэтерификатов с нормированным содержанием транс-кислот и разработка рецептуры маргарина на их основе.

Методы исследования. В работе использованы общепринятые и специальные органолептические, физико-химические методы анализа для определения свойств сырья и готовой продукции, а также методы теоретического анализа для обоснования закономерностей, происходящих в процессах.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено, что при получении саломаса путем частичной гидрогенизации растительных масел содержание в нем транс-жирных кислот превышает

установленную норму в 10-22 раза в зависимости от активности катализатора, и обосновано, что активность катализатора прямо пропорциональна скорости процесса и обратно пропорциональна количеству транскислот;

доказано, что селективность, активность и способность образования транскислот катализаторов N-210, N-820 и Ni:Cu изменяются в ряду $N-210 < Ni:Cu < N-820$, а количество транскислот обратно пропорционально селективности;

выявлено повышение давления водорода в 5 раз, температуры в 1,2 раза и количества катализатора в 3 раза при получении глубоко гидрогенизированного пищевого саломаса путем совершенствования технологических режимов процесса;

обосновано снижение скорости в 2 раза при глубокой гидрогенизации низкосортных хлопковых масел в сравнении с высококачественными;

доказано, что применение в качестве детоксиканта смеси отбелочной глины и активированного угля в соотношении 40:60 сокращает продолжительности процесса глубокой гидрогенизации низкосортных масел в 1,1-1,2 раза;

установлено, что гидрогенизация масел в мисцелле при концентрации 75-80% снижает продолжительность процесса до 20%, температуру до 10%, давление водорода до 50%;

разработана усовершенствованная технология деметаллизации глубоко гидрированного саломаса и доказано снижение количества остаточного никеля в саломасе 1,4 раза - при щелочной рафинации и до 2 раз - при дистилляционной рафинации;

разработана комплексная технология получения высококачественных жиров с нормированным содержанием транскислот из низкосортных растительных масел.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные параметры получения глубоко гидрированного саломаса из низкосортных масел методом дробной подачи смеси катализатора и детоксикантов;

определены показатели технологического режима процесса глубокой гидрогенизации масел в мисцелле;

разработаны оптимальные режимы технологии глубокой гидрогенизации путем совершенствования технологии частичной гидрогенизации высококачественных масел;

разработана ускоренная технология глубокой гидрогенизации растительных масел с применением в качестве детоксиканта смеси отбелочной глины и активированного угля в соотношении 40:60.

Достоверность результатов исследований обоснована применением современных, простых и экспресс-методов при анализе сырья и продуктов, получением глубоко гидрированного саломаса из масел путем детоксикации катализатора с использованием детоксикантов и дробной подачей СКД, разработкой рецептур маргарина с нормированным содержанием транскислот с использованием жира, полученного переэтерификацией саломаса, а также внедрением в промышленность усовершенствованных технологий модификации масел.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в научном обосновании получения глубоко гидрированного жира благодаря эффективной адсорбции сопутствующих веществ в масле при добавлении смесей отбелочной глины и активированного угля в качестве детоксиканта при гидрогенизации масел, а также обеспечению стабильности активности катализатора при его дробной подаче, улучшением показателей качества саломаса, получаемого путем гидрогенизации масла в мисцелле и применения силиката натрия при щелочной рафинации, а также возможностей получения жира с нормированным содержанием трансжирных кислот в результате переэтерификации саломаса.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии глубокой гидрогенизации как высококачественных, так и низкокачественных масел с применением эффективных методов детоксикации катализатора, совершенствовании технологии деметаллизации саломаса с получением высококачественного продукта, получении жиров с нормированным содержанием трансжирных кислот путём переэтерификации саломаса, а также в рекомендации использования данных жиров в рецептурах маргарина с целью снижения потребления импортных жиров.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по совершенствованию технологии глубокой гидрогенизации растительных масел с применением эффективных методов детоксикации катализатора, а также по производству жиров с нормированным содержанием трансжирных кислот:

усовершенствованная технология глубокой гидрогенизации хлопкового масла с применением детоксикации катализатора включена в «Перечень разработок, подлежащих внедрению в 2025–2027 годах» Ассоциации предприятий масложировой промышленности Республики Узбекистан (справка № КС/3-257 от 8 августа 2025 года). В результате обеспечено сокращение продолжительности процесса гидрогенизации в зависимости от качества масла с 3,15–5,00 часов до 2,95–4,06 часов, то есть в 1,07–1,23 раза, а также получена возможность получения глубоко гидрогенизированного саломаса с йодным числом 7,3–26,1% I₂;

технология переэтерификации глубоко гидрированного хлопкового саломаса и хлопкового масла включена в «Перечень разработок, подлежащих внедрению в 2025–2027 годах» Ассоциации предприятий масложировой промышленности Республики Узбекистан (справка № КС/3-257 от 8 августа 2025 года). В результате при соотношениях хлопкового саломаса и хлопкового масла 10:90, 20:80, 25:75 обеспечена возможность получения специальных жиров с содержанием трансжирных кислот менее 2%;

технология применения жиров с пониженным содержанием трансжирных кислот в маргариновой промышленности включена в «Перечень разработок, подлежащих внедрению в 2025–2027 годах» Ассоциации предприятий масложировой промышленности Республики Узбекистан (справка № КС/3-257 от 8 августа 2025 года). В результате обеспечена возможность производства маргарина с содержанием трансжирных кислот не более 2%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований обсуждались в виде докладов на 7 международных и 13 республиканских научно-технических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертационного исследования опубликовано 1 патент, 6 монографий и 38 научных работ. В научных изданиях, рекомендованных ВАК при МВОНИ РУз для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (DSc), опубликовано 18 статей, в том числе 7 в отечественных и 11 в зарубежных научных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость проведенных 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 практическая значимость результатов исследования, раскрыта научная и практическая значимость результатов, представлены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованные работы и структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние теории и технологии каталитической модификации жиров»** изложены результаты научных исследований по теме, а также проведен анализ зарубежной и отечественной литературы. Представленные данные обобщены и подвергнуты научному анализу. Приведены и рассмотрены общие сведения о технологиях модификации жиров и масел, инновационные подходы в технологиях гидрогенизации жиров, катализаторы гидрогенизации, а также исследования по совершенствованию процесса глубокой гидрогенизации масел и снижению содержания трансжирных кислот. Отмечено, что вопросы совершенствования катализаторов гидрогенизации жиров, повышения их активности и синтеза новых видов широко изучаются исследователями. Вместе с тем указано, что проблемы производства жиров с нормированным содержанием трансжирных кислот и технологии глубокой гидрогенизации масел изучены недостаточно. На основе выводов, сделанных по результатам анализа научной литературы, определены актуальность и необходимость диссертационной работы, а также её цель и задачи.

Во второй главе диссертации под названием **«Методология исследований и экспериментальные методики каталитической модификации жиров и масел»** представлена информация о характеристиках жиров и масел, использованных в исследовании, лабораторном оборудовании для модификации, рафинации масел и приготовления маргарина, характеристиках катализаторов и детоксикантов, использованных в исследовании, а методах анализа исследуемого сырья и продуктов.

В третья глава диссертации, названная **«Совершенствование технологии гидрогенизации растительных масел с применением эффективных методов**

детоксикации катализатора», посвящена исследованию факторов, влияющих на скорость процесса гидрогенизации масел и активность катализатора, стабилизации активности катализатора в процессах гидрогенизации жиров, а также совершенствованию технологии гидрогенизации масел с использованием эффективных методов детоксикации катализатора и интенсификации процесса.

Проведён анализ жировых фаз твёрдых и наливных маргаринов, а также кондитерских жиров, производимых в нашей Республике; изучены их физико-химические показатели и жирнокислотный состав (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели маргариновой продукции

№	Образцы	Физико-химические показатели					Содержание жирных кислот						
		Кисл, °К	W, %	T _{пл} , °С	П.ч., ммоль О /кг	Жирность %	C _{14:0} , C _{14:1}	C _{16:0} , C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	Др. ж.к	Транс ж.к.
1	М - 1	0,7	22,8	33	1,2	74,4	0,7	26,6	5,1	34,5	32,3	0,8	5,2
2	М - 2	0,8	34,9	35	1,6	60,8	0,5	22,2	5,8	42,8	27,8	0,9	5,8
3	М - 3	0,9	20,7	32	1,7	75,0	2,6	25,3	4,0	26,2	33,8	8,1	0,4
4	М - 4	0,5	35,2	36	1,4	60,6	0,4	16,9	8,7	54,7	18,7	0,6	7,6
5	М - 5	0,5	42,0	36	1,6	55,0	1,1	21,1	7,5	51,6	18,0	0,7	7,7
6	М - 6	0,5	37,7	35	1,4	46,5	0,9	32,4	5,6	45,4	14,3	1,4	4,3
7	М - 7	0,9	35,4	34	3,4	60,0	1,1	25,7	5,4	36,3	30,4	1,1	8,5
8	НМ -1	1,1	15,2	36	2,1	81,4	2,4	35,8	5,1	23,5	28,4	4,9	0,4
9	НМ -2	1,2	16,7	35	2,4	80,8	0,7	20,4	5,8	54,1	17,8	1,3	24,2
10	НМ -3	1,1	17,1	37	2,8	80,1	0,6	22,5	5,8	56,2	13,8	1,2	25,1
11	КЖ-4	1,5	0,4	39	4,1	99,6	0,8	22,4	6,0	56,2	13,4	1,3	28,7
12	КЖ-5	1,9	0,3	38	3,4	99,7	0,8	22,1	6,5	54,6	14,9	1,2	22,6

В табл. 1 показано, что температура плавления маргариновых продуктов составляла 33-39 °С, кислотность - 0,5-1,9 °К, содержание влаги и летучих веществ - 0,3-42,0%. Все образцы соответствовали стандартным параметрам. Массовая доля насыщенных жирных кислот составляла от 26,0% до 43,3%, массовая доля ненасыщенных жирных кислот - от 52,0% до 73,5%, а наименьшее содержание транс-кислот наблюдалось в образцах М-3 и НМ-1 (0,4%). Содержание транс-кислот во всех остальных образцах составляло 4,3-28,7%, что в несколько раз выше допустимого уровня (2%). Это свидетельствует об использовании пищевых саломасов. Поэтому были проанализированы физико-химические показатели саломасов (табл. 2).

Таблица 2

Физико-химические показатели саломасов для производства маргарина

Номер образца	К.ч., мг КОН/г	W, %	T _{пл} , °С	П.ч., ммоль О /кг	Содерж. Ni, мг/кг	C _{14:0} , C _{14:1}	C _{16:0} , C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	др. ж.к.	Транс ж.к.
1	0,45	0,12	36	7,4	0,81	0,7	22,6	6,2	56,3	13,2	1,0	30,5
2	0,33	0,15	34	6,5	0,85	0,8	23,2	5,9	55,9	13,1	1,1	28,6
3	0,37	0,11	38	7,3	0,73	0,9	23,3	6,2	56,5	12,2	0,9	30,8
4	0,40	0,13	39	7,0	0,69	0,7	22,9	5,8	56,6	12,9	1,1	32,5
5	0,38	0,11	33	6,9	0,92	0,8	23,1	6,4	55,4	13,3	1,0	27,9
6	0,42	0,14	36	8,3	0,95	0,1	6,3	8,3	81,6	1,9	1,8	45,4
7	0,31	0,11	38	8,1	0,83	0,1	6,2	9,5	80,7	1,7	1,8	43,7

Из табл. 2 видно, что саломас имеет кислотное число 0,31–0,75 мг КОН/г, содержание влаги и летучих веществ 0,11–0,15%, температуру плавления 34–39°C, перекисное число 6,5–8,3 ммоль О/кг, содержание никеля 0,69–0,95 мг/кг, и все показатели соответствуют требованиям стандарта. Содержание насыщенных жирных кислот составляет 14,7–30,4%, ненасыщенных жирных кислот – 68,7–83,5%, транс-кислот – 27,9–45,4%.

Изучены процессы частичного гидрирования масел с целью снижения содержания транс-кислот в пищевых саломасах. Для этого хлопковое масло I сорта гидрировали при температуре 180 °С в течение 120 минут в присутствии катализаторов N-820(0,1%), N-210(0,2%) и Ni:Cu(0,2%). Рисунки 1 и 2.

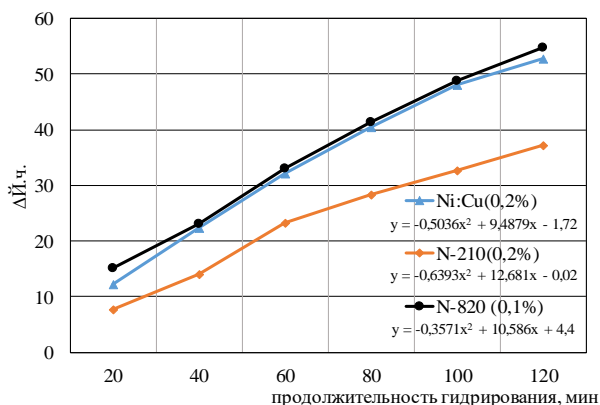


Рис. 1. Изменение разницы йодного числа (ΔЙ.ч.) в единицу времени при гидрировании хлопкового масла

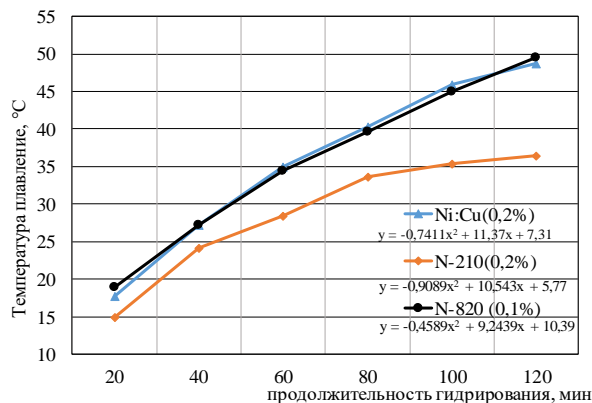


Рис. 2. Изменение температуры плавления (Т_{рп}) в единицу времени при гидрировании хлопкового масла

На рис. 1 показано, что йодное число хлопкового масла снизилось со 108,5% I₂ до 71,3% I₂ в N-210, до 55,8% I₂ в Ni:Cu и до 53,8% I₂ в N-820. Наибольшее значение ΔЙ.ч. наблюдалось в N-820, а наименьшее - в N-210.

Изменение температуры плавления за единицу времени для катализаторов Ni:Cu и N-820 увеличивалось пропорционально длительности процесса, для N-210 сначала наблюдалось интенсивное увеличение, а затем снижение темпов роста (рис. 2). Это объясняется образованием транс-изомеров.

Изучено влияние количества катализатора на скорость реакции при гидрировании хлопкового масла. Количество катализатора составляло 0,05-0,15% для N-820 и 0,15-0,25% для N-210 и Ni:Cu относительно массы масла. Эксперименты проводились при 180 °С, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние количества катализатора на гидрирования хлопкового масла

Продолжительность гидрирования, мин	Количество катализатора, %								
	N-820			N-210			Ni:Cu		
	0,05	0,1	0,15	0,15	0,2	0,25	0,15	0,2	0,25
20	97.4	93.3	91.9	101.4	100,8	99.4	98,5	96.2	95.7
40	88.6	85.4	82.1	96,5	94,5	93.3	89.3	85.9	84.6
60	79.2	75,5	73.9	88.7	85.3	83.9	80,8	76.4	75.7
80	72.4	67.1	65.2	83,6	80.2	79.1	71.9	67.4	66.9
100	64,5	59.7	57.8	79,5	75.8	74.9	64.4	60,5	59.4
120	58.3	53.8	52.6	74.3	71.3	70.7	57.6	55.8	55.1

Из табл. 3 видно, что при гидрировании хлопкового масла в течение 120 минут его йодное число в зависимости от количества катализатора снизилось до 52,6-58,3 %I₂ в N-820, до 70,7-74,3 %I₂ в N-210 и до 54,6-57,6 %I₂ в Ni:Cu. Оптимальное количество катализатора составило 0,1% (N-820) и 0,2% (N-210 и Ni:Cu).

Исследовано влияние температуры процесса и природы катализатора на селективность процесса и содержание транс-кислот (рис. 3 и 4).

На рис. 3 показано, что селективность процесса напрямую зависит от природы катализатора, и в присутствии N-210 селективность достигала максимальных значений. С повышением температуры селективность снижалась в зависимости от природы катализатора. Селективность влияет на процесс изомеризации жирных кислот, и изомеризация усиливается при высокой селективности. Однако в экспериментах эта закономерность не наблюдалась, напротив, было установлено, что образование транс-кислот зависит от температуры процесса. Это также видно на рис. 4.

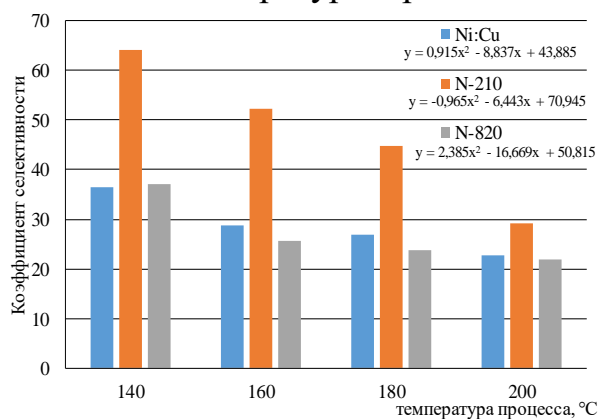


Рис. 3. Зависимость селективности гидрирования хлопкового масла от типа катализатора и температуры

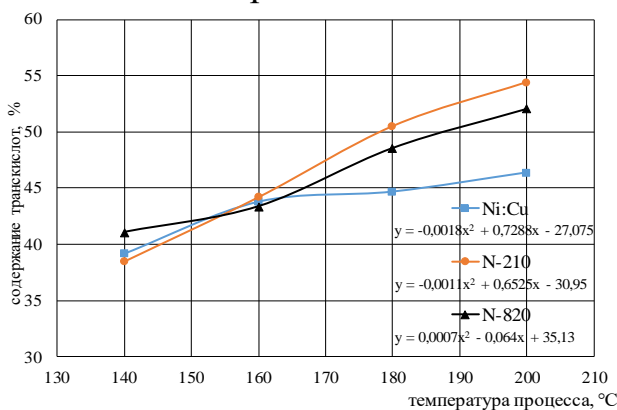


Рис. 4. Зависимость типа катализатора и температуры процесса на образование транс-кислот при гидрировании хлопкового масла

На рис. 4 показано, что в катализаторе N-210 при повышении температуры от 140 °C до 200 °C содержание транс-жирных кислот увеличилось с 38,5% до 54,4%. Кривая на графике возрастала пропорционально температуре. Аналогичная закономерность наблюдалась и в катализаторе N-820, где содержание транс-кислот составляло от 41,1% до 52,1%. В катализаторе Ni:Cu содержание транс-кислот составляло от 39,2% до 46,4%. В этом случае кривая быстро росла от 140 °C до 160 °C, рост немного замедлился от 160 °C до 180 °C, наблюдалось дальнейшее увеличение от 180 °C до 200 °C.

Эксперименты по частичному гидрированию хлопкового масла показали, что каталитическая активность располагалась в порядке N-210 < Ni:Cu < N-820, и в полученном саломасе наблюдался высокий уровень транс-кислоты.

В последующих экспериментах было проведено исследование по снижению содержания транс-кислот путем глубокого гидрирования хлопкового масла. Гидрирование хлопкового масла проводили при температуре 180 °C в присутствии 0,1% N-820. Гидрирования продолжалось до тех пор, пока йодное

число не оставалось неизменным. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Изменение содержания транс-кислоты в процессе гидрогенизации хлопкового масла при катализаторе N-820.

Наименование показателей	Продолжительность гидрирования, мин.										
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Й.ч., % I ₂	94,3	82,4	72,5	63,1	57,7	53,4	51,5	49,3	47,4	46,8	46,5
T _{пл} , °C	28,0	32,1	34,2	36,2	37,8	39,1	40,0	41,1	41,5	41,7	41,8
Транс кис., %	28,2	32,5	34,0	34,5	33,1	31,4	28,1	25,2	24,3	23,5	22,9

В табл. 4 показано, что при гидрогенизации хлопкового масла в N-820 йодное число масла снизилось до постоянного значения 46,5% через 220 минут. Содержание транс-кислот в полученном саломасе составило 22,9%.

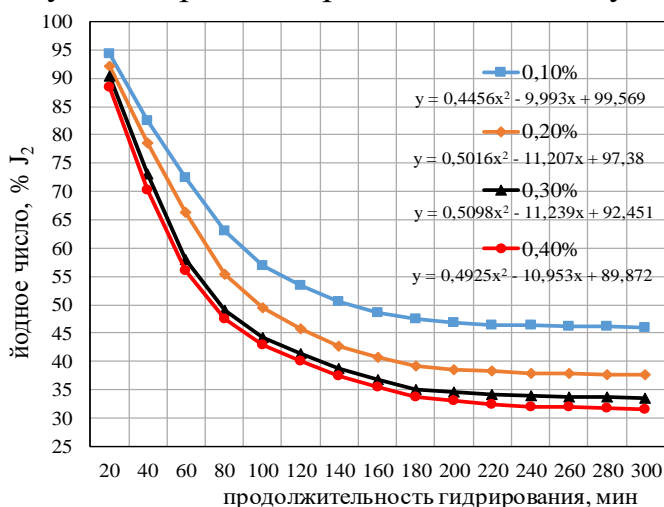


Рис 5. Изменение йодного числа саломаса при глубоком гидрировании хлопкового масла с катализатором N-820 в зависимости от количества катализатора (% I₂).

хлопкового масла составляет 0,3%, в зависимости от максимального снижения йодного числа саломаса.

Также было изучено влияние температуры процесса на глубокое гидрирование хлопкового масла. Для этого хлопковое масло гидрировали при температурах 160-260°C в присутствии 0,3% катализатора N-820. Результаты представлены на рисунке 6.

На рисунке 6 показано, что температура оказывает существенное влияние на скорость гидрогенизации при глубокой гидрогенизации хлопкового масла. Йодное число саломаса снизилось до 52,4% I₂ при 160 °C, 34,6% I₂ при 180 °C, 20,9% I₂ при 200 °C и 16,2% I₂ при 220 °C. При 240 °C и 260 °C йодное число снизилось до 0% I₂ за 180 и 100 мин соответственно.

Повышение температуры также ускоряет термическое разложение глицеридов, полимеризацию жирных кислот и реакции окисления. Это также видно из данных на рис. 7. На рис. 7 показано, что при проведении процесса при 160-220 °C кислотное число хлопкового масла составляло 1,95-2,47 мг КОН/г, тогда как при 240 °C оно составляло 3,12 мг КОН/г, а при 260 °C - 3,84 мг КОН/г. При высоких температурах у саломасов наблюдается повышенное

Поэтому в последующих экспериментах количество катализатора (N-820) было увеличено, и было определено его оптимальное количество (рис 5).

Из рисунка 5 видно, что постоянное значение йодного числа саломаса наблюдалось через 200 мин гидрирования при содержании катализатора 0,1%, через 240 мин при 0,2%, и через 260 минут при 0,3% и 0,4%. Было установлено, что оптимальное количество катализатора при глубокой гидрировании

значение кислотного числа. Это указывает на неэффективность глубокого гидрирования хлопкового масла при температурах выше 220 °С.

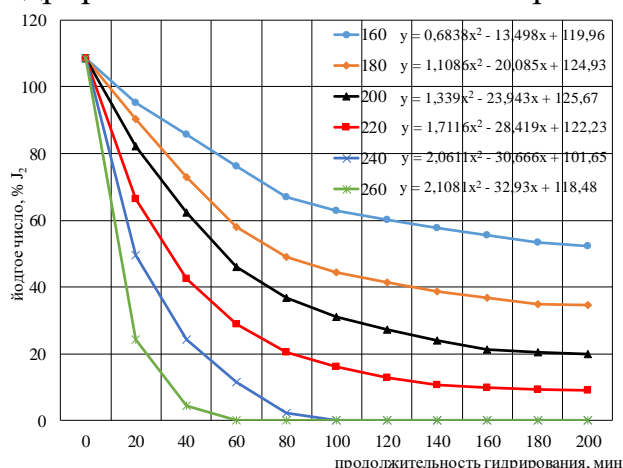


Рис 6. Влияние температуры процесса на изменение йодного числа при глубокой гидрогенизации хлопкового масла

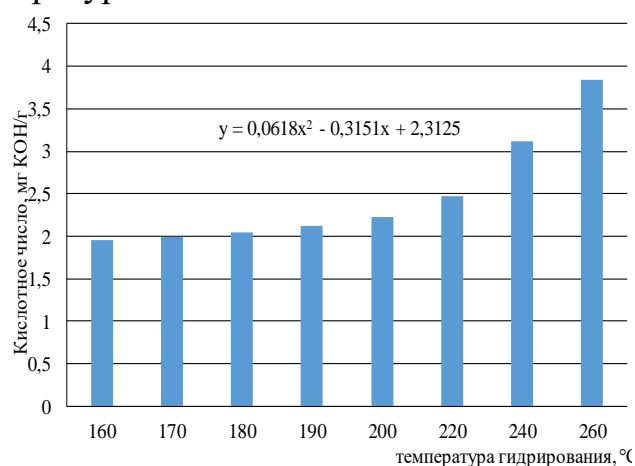


Рис 7. Влияние температуры процесса на кислотное число саломасов при глубокой гидрогенизации хлопк. масла

Изучено также влияние давления водорода при глубокой гидрогенизации хлопкового масла. Для этого процесс проводили при температуре 220 °С и давлении 0,1–5,0 МПа при интенсивном перемешивании. Результаты на рис. 8.

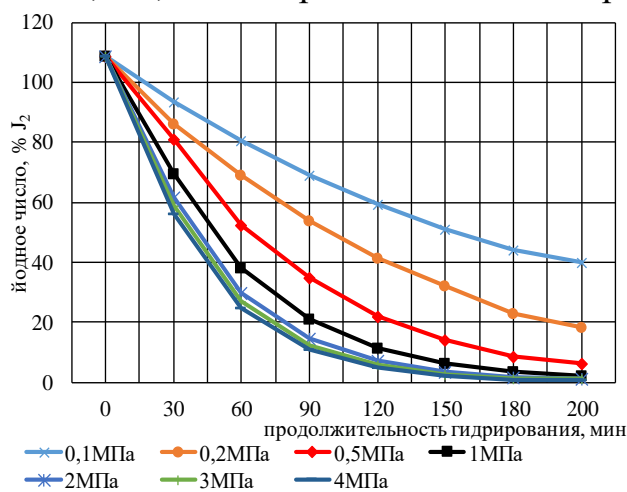


Рис. 8. Влияние давления водорода на глубокую гидрогенизацию хлопкового масла

Как видно из рис. 8, увеличение давления водорода с 0,1 МПа до 0,2 МПа привело к снижению йодного числа саломаса с 40,2% I₂ до 19,5% I₂. При давлении водорода 0,5 МПа оно составило 13,6% I₂, при 1 МПа - 6,1% I₂, а при 2 МПа - 4,5% I₂. При давлениях выше 2 МПа существенного влияния на процесс не наблюдалось. Это объясняется тем, что при высоких давлениях, из-за увеличения концентрации водорода на поверхности

катализатора, сорбция молекул масла становится затруднена.

Рафинированные масла содержат небольшое количество сопутствующих веществ. Эти вещества адсорбируются на активной поверхности катализатора в процессе гидрирования, что приводит к снижению активности, то есть, к его отравлению. Для изучения влияния качественных показателей масел на их свойства гидрирования хлопковые масла различного качества гидрировали в присутствии 0,3% катализатора N-820 при температуре 220 °С, давлении водорода 2 МПа в течение 3 часов. Результаты в табл. 5.

В табл. 5 показано, что с уменьшением качества масла снижается и скорость его гидрирования (Дй.ч.). Увеличение цветность масла с 7 к.е до 35

к.е, увеличение содержания влаги и летучих веществ с 0,15 до 0,58%, а также кислотного числа с 0,22 до 0,61 мг КОН привели к снижению скорости гидрирования со 104,9 до 51,9, то есть в 2 раза. Замедление процесса гидрирования с снижением качества масла объясняется сорбцией сопутствующих веществ на поверхности катализатора и снижением его активности.

Таблица 5

Влияние показателей качества масел на их гидрогенизационные свойства

Образец масла	Показатели масла				Показатели саломаса		
	Цвет к.е.	W,%	й.ч. ,% I ₂	К.ч., мг КОН	й.ч., % I ₂	Δй.ч.	T _{пл.} , °С
1	7	0,15	108,5	0,21	4,6	103,9	65,1
2	9	0,30	108,6	0,41	24,5	84,1	57,9
3	16	0,22	109,8	0,37	24,9	84,9	57,6
4	16	0,34	110,7	0,56	34,8	75,9	54,8
5	22	0,36	108,8	0,58	49,7	59,1	50,7
6	28	0,34	110,3	0,61	56,9	53,4	48,5
7	35	0,58	110,4	0,64	58,5	51,9	47,9

Для эффективного использования индивидуальных и селективных сорбционных свойств отбеленной глины и активированного угля были приготовлены смеси детоксикантов (СД). Хлопковое масло гидрировали в присутствии СД при 220 °С и 0,3% катализатора в течение 3 часов, после изучали влияние СД на технологический процесс и параметры качества саломаса (табл. 6 и 7).

Таблица 6

Влияние содержания ДА на изменение йодного числа саломаса при гидрогенизации хлопкового масла

Продолжительность гидрирования	Состав смеси детоксикантов (отбеленная глина : активированный уголь)								
	ДА-1	ДА-2	ДА-3	ДА-4	ДА-5	ДА-6	ДА-7	ДА-8	ДА-9
	100:0	80:20	70:30	60:40	50:50	40:60	30:70	20:80	0:100
30	86,9	86,2	85,5	85,0	84,5	84,0	83,4	82,7	81,5
60	66,1	65,1	64,0	63,1	62,2	61,2	60,5	59,6	58,7
90	48,9	47,8	46,5	45,3	44,0	43,0	42,3	41,6	40,5
120	34,5	33,4	32,3	31,3	30,2	29,5	29,0	28,6	27,9
150	23,9	22,9	21,8	20,9	19,8	20,5	21,9	21,0	21,3
180	16,1	15,2	14,5	13,5	13,3	14,0	14,8	15,4	16,2
210	12,0	11,3	10,7	10,3	10,1	10,6	11,3	12,1	12,7

В табл. 6 показано, что в начале процесса с увеличением массовой доли активированного угля в составе СД снижение йодного числа ускоряется. После 150 минут дальнейшее увеличение количества активированного угля не оказывало существенного влияния. При использовании СД-5 йодное число снизилось до 10,1%. Это объясняется тем, что в данной смеси с таким соотношением уменьшилось количество каталитически токсичных веществ в масле, а стабильность каталитической активности повысилась.

В таблице 7 показано, что состав СД влияет не только на йодное число саломаса, но и на его цвет, кислотное число, содержание никеля и выход продукта. Наилучшие результаты были достигнуты с СД-4, СД-5 и СД-6.

Снижение цветность саломаса объясняется уменьшением содержания никеля за счёт использования отбеленной глины в качестве фильтрующей добавки.

Таблица 7

Влияние состава детоксикантов на показатели качества саломаса

Показатели саломаса	Состав смеси детоксикантов (отбеленная глина : активированный уголь)								
	ДА-1 100:0	ДА-2 80:20	ДА-3 70:30	ДА-4 60:40	ДА-5 50:50	ДА-6 40:60	ДА-7 30:70	ДА-8 20:80	ДА-9 0:100
Йодное число, I ₂ %	12,0	11,3	10,7	10,3	10,1	10,6	11,3	12,1	12,7
Цветность, I ₂ мг	6	6	5	5	5	5	6	6	7
Кислот. число, мг КОН	4,0	3,8	3,6	3,3	3,2	3,2	3,4	3,5	3,6
Содерж. никеля, мг/кг	13,6	13,7	13,8	14,0	14,2	14,3	14,7	15,0	15,2
Выход саломаса, %	95,13	95,25	95,31	95,37	95,43	95,49	95,55	95,61	95,73

Для определения оптимального количества СД хлопковое масло гидрировали в присутствии 0,1-1,0% СД-5 от веса масла. Результаты в табл. 8.

Таблица 8

Влияние количества детоксикантов на процесс гидрогенизации и на показатели качества саломаса

Показатели	Количество смеси детоксикантов (СД-5).										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Йодное число, I ₂ %	25,0	20,2	14,1	12,3	10,4	9,1	9,08	9,06	9,04	9,02	9,0
Цвет, I ₂ мг	11	9	7	6	6	5	5	5	5	5	5
Кислот. число, мг КОН	4,0	3,8	3,6	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
Содерж. никеля, мг/кг	17,8	17,0	16,1	15,3	14,2	13,8	13,6	13,5	13,3	13,2	13,1
Выход, %	99,3	98,4	97,4	96,4	95,4	94,5	93,5	92,5	91,5	90,6	89,6

Из табл. 8 видно, что с увеличением содержания ДА улучшаются все показатели саломаса. При содержании ДА 0,5% получены наилучшие результаты, при этом йодное число снизилось до 9,1 % I₂. Это свидетельствует о том, что скорость процесса по сравнению с гидрогенизацией без детоксиканта увеличилась в 1,23 раза. При других значениях выход саломаса снижался.

Таблица 9

Изменение скорости гидрирования хлопкового масла в зависимости от способа подачи смеси катализатора и детоксиканта

Образец масла	Способ подачи СКД											
	однократная						двукратная					
	30	60	90	120	150	180	30	60	90	120	150	180
1	19,4	46,1	71,8	88,0	96,5	99,7	13,3	25,5	71,5	91,4	100,4	102,7
2	17,3	41,7	60,4	75,5	84,2	86,5	12,6	22,4	66,9	86,8	95,7	98,4
3	17,1	41,4	60,8	75,1	83,4	85,4	12,4	22,3	65,4	85,4	93,9	96,3
4	15,7	35,4	52,3	65,7	71,0	73,5	11,1	20,5	61,4	82,4	90,8	91,9
5	14,7	33,5	50,6	63,9	69,0	71,5	10,6	19,6	56,8	79	87,2	88,9
6	13,7	28,8	42,9	56,5	63,5	66,2	9,8	16,8	53,5	76,1	84,2	85,6
7	12,8	27,0	41,3	54,6	61,6	63,9	9,5	16,3	52	74,4	82,1	83,5

Низкокачественные масла содержат значительно больше сопутствующие вещества, чем высококачественные. Поэтому для стабилизации активности катализатора при гидрировании низкокачественных масел необходимо сократить время его контакта с токсичными веществами. Этого можно достичь путем дроб-

ной подачи катализатора, вводимого в реакцию, через определенные интервалы.

Для ускорения процесса гидрогенизации низкокачественных масел и стабилизации активности катализатора образцы масел 1-7 подвергали гидрогенизации путем дробной подачи смеси катализатора и детоксикантов (СКД) в два этапа процесса. Половину СКД добавляли в начале процесса, а остальную часть - через 1 час. Результаты представлены в табл. 9.

В табл. 9 показано, что дробная подача СКД в реакционную среду оказывает влияние на скорость гидрирования (Дй.ч.) в зависимости от качества масла. В образце 1 однократное (95,9) и двухкратное (97,5) введение СКД оказало незначительное влияние на скорость гидрирования. В образцах 2 и 3 процесс ускоряется меньше, а именно с 84,8 до 89,0 и с 83,1 до 88,6 соответственно.

В маслах низкого качества наблюдалось резкое изменение скорости гидрирования: в образце 4 - с 72,9 до 81,2; в образце 5 - с 59,1 до 73,1; в образце 6 - с 53,48 до 68,9, а в образце 7 - с 49,9 до 65,6 значение увеличилось. При дробной подаче СКД во всех образцах наблюдалось резкое изменение скорости гидрирования с 11,8–25,5 до 35,3–51,5 соответственно, что обусловлено увеличением концентрации катализатора и активностью вновь добавленного катализатора. Таким образом, было установлено, что гидрирование с дробной подачей СКД дает наилучшие результаты в маслах низкого качества, т.е. если увеличение скорости гидрирования образца масла 1 составило 1,87%, то для образца масла 7 достигло 31,5%. Это также видно из рис. 9, на котором показано изменение значения Дй.ч. в процессе гидрирования.

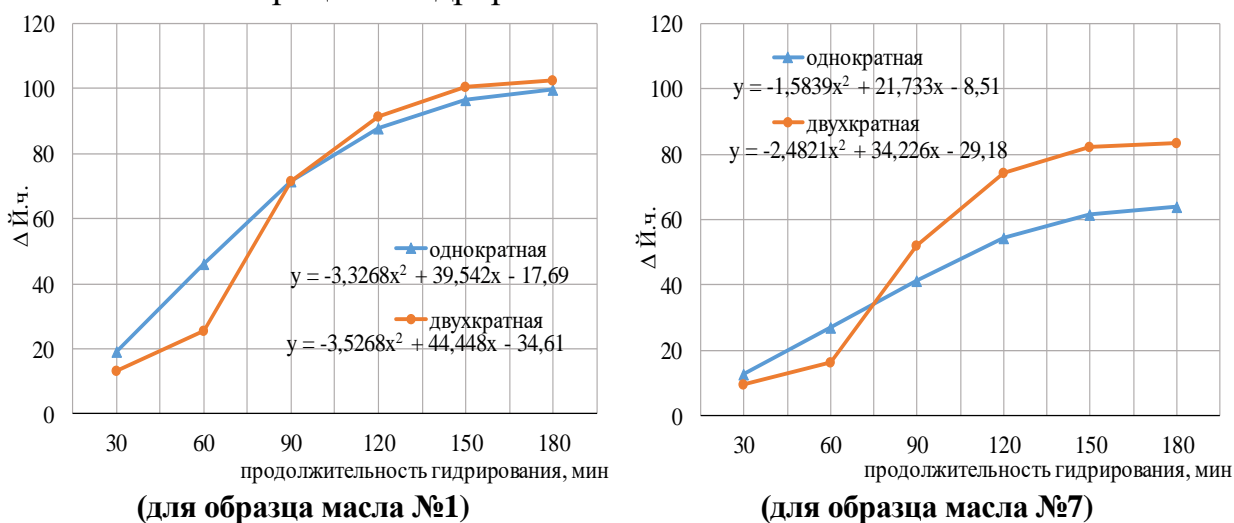


Рис. 9. Влияние способа введения катализатора в реакционную среду на изменение значения Дй.ч.

Из рис. 9 видно, что при гидрогенизации образца №1, при однократной подаче СКД, значение Дй.ч. постепенно увеличивается с течением времени, тогда как при двухкратной подаче СКД рост данного показателя происходит более плавно и на более низком уровне. В конце процесса значения Дй.ч. для обоих режимов сближаются и достигают близких величин. При продолжительности гидрогенизации 180 мин й. число саломаса, полученного при одно-кратной подаче СКД, составило 12,6, тогда как при двухкратной подаче СКД - 10,3.

При гидрировании образца 7, когда СКД добавляли в один этап, значение

Дй.ч. уменьшалось со временем, тогда как при двухкратной подачи оно уменьшалось до 60 минут, а затем резко возрастало. Это объясняется низким количеством катализатора в процессе до 60 минут и снижением активности в результате отравления катализатора в реакции. После 60 минут, когда в реакцию был введен высокоактивный катализатор, его общая активность и концентрация увеличились, а скорость реакции резко возросла. В результате средняя скорость реакции в конце процесса оказалась выше, чем в случае одноэтапного добавления.

С целью определения оптимального соотношения дробной подачи СКД и количества стадий его введения, а также изучения их влияния на продолжительность процесса и получения саломаса с нормативными показателями качества, 4–7 образцов масел гидрировали путем дробной подачи СКД в различных соотношениях. Гидрогенизацию проводили в вышеуказанных условиях до достижения постоянного значения йодного числа гидрогенизата. Результаты в табл. 10.

Таблица 10

**Влияние дробной подачи СКД на процесс гидрогенизации
хлопкового масла**

Номер опыта	Доля загрузки, %			Продолжительность гидрирования, час.			
	в начале процесса	Через 1 час	при й.ч. саломаса 50 - 55 % I ₂	образец масла			
				4	5	6	7
1	100	-	-	4,18	4,42	5,2	5,78
2	90	10	-	4,08	4,30	5,05	5,58
3	80	20	-	4,0	4,16	4,91	5,38
4	80	10	10	3,86	4,02	4,78	5,25
5	70	30	-	3,75	3,91	4,68	5,19
6	70	15	15	3,62	3,83	4,50	5,08
7	60	40	-	3,38	3,57	4,19	4,64
8	60	20	20	3,34	3,53	4,15	4,60
9	50	50	-	3,40	3,58	4,25	4,71
10	50	25	25	3,38	3,56	4,12	4,58
11	50	30	20	3,32	3,47	3,94	4,23
12	40	60	-	3,64	3,82	4,38	4,81
13	40	30	30	3,84	4,02	4,70	5,13
14	30	30	40	4,02	4,19	4,94	5,4

В табл. 10 показано, что при гидрировании при двухкратной подачей СКД продолжительность процесса уменьшается с уменьшением начальной доли СКД со 100% до 60%: в образце 4 - с 4,18 до 3,38; в образце 5 - с 4,42 до 3,57; в образце 6 - с 5,2 до 4,19 и в образце 7 - с 5,78 до 4,64. Однако последующее уменьшение начальной доли (эксперименты 9 и 12) приводит к увеличению времени гидрирования. Это объясняется снижением активности и уменьшением скорости реакции в результате более низкой концентрации катализатора в начальный период гидрирования и большего отравления последующей доли.

Трехкратная подача СКД сократила продолжительность гидрирования по сравнению с двухкратной подачей. Это видно из результатов экспериментов 4, 6, 8, 10, 11. В этом случае продолжительность гидрирования уменьшилась в среднем на 1,1-3,6%. Если обратить внимание на эксперименты 9 и 11, то продолжительность гидрирования при трехкратной подаче СКД значительно сократилась

по сравнению с двухкратной подачей: в образце 4 с 3,40 до 3,32; в образце 5 с 3,58 до 3,47; в образце 6 с 4,25 до 3,94 и в образце 7 с 4,71 до 4,23. Согласно результатам, оптимальное соотношение подачи СКД для всех образцов масла составило 60:40 в два этапа и 50:30:20 в три этапа, при этом скорость реакции достигла максимального значения, а наиболее эффективное действие подачи СКД в три этапа наиболее отчетливо проявилось в образцах 6 и 7.

Таким образом, установлено, что дробной подачи СКД на 2 или 3 стадии сокращает продолжительность гидрогенизации хлопкового масла в зависимости от его качества с 4,18-5,78 часов до 3,32-4,23 часов, то есть в 1,25-1,37 раза.

Были определены физико-химические параметры саломаса, полученные при оптимальных значениях дробной подачи СКД. Результаты в табл. 11.

Таблица 11

Физико-химические показатели полученных саломасов

Номер опыта	Номер образца масла	й.ч. % I ₂	К.ч., мг КОН	T _{пл.} , °C	Содержание Ni, мг/кг
7	4	5,6	3,40	57,5	11,7
7	5	7,4	3,50	56,4	13,3
7	6	9,6	3,75	56,6	12,9
7	7	8,3	4,10	56,2	15,1
11	4	5,4	3,35	57,0	12,4
11	5	7,1	3,43	56,3	13,1
11	6	8,8	3,58	56,7	14,3
11	7	8,1	3,85	56,6	14,9

В табл. 11 показано, что саломасы, полученные в экспериментах, по йодному числу и температуре плавления соответствуют требованиям к саломасам, предназначенным для производства стеарина, согласно O'zDSt.

Проведен анализ содержания транс-кислот в саломасах, полученных путем гидрогенизации образцов масел 1-7 без детоксиканта, с детоксикантом и с методом дробной подачи СКД. Результаты представлены в табл. 12.

Таблица 12

Влияние качества масла и метода гидрогенизации на содержание транс-кислот

Образец масла	Без детоксиканта		С детоксикантом		Методом дробной подачи СКД	
	й.ч., % I ₂	сод. транс кислот, %	й.ч., % I ₂	сод. транс кислот, %	й.ч., % I ₂	сод. транс кислот, %
1	4,6	3,8	4,5	3,6	4,5	3,2
2	19,2	10,1	9,2	4,8	6,1	3,6
3	22,3	14,2	10,3	6,5	6,5	3,7
4	22,6	14,3	10,8	7,2	6,4	3,7
5	23,1	14,6	10,1	7,4	7,1	4,2
6	24,9	14,3	11,3	8,7	8,8	4,3
7	26,7	15,8	12,7	8,9	8,1	4,5

Из табл. 12 видно, что при гидрогенизации масла без детоксиканта йодное число (й.ч.) саломаса, в зависимости от качества масла, составляло от 4,6 % I₂ до 26,7 % I₂, а содержание транс-кислот (с.т.к.) - от 3,8% до 15,8%. При гидрогенизации с участием детоксиканта й.ч., в соответствии с качеством масла,

составляло от 4,5 % I₂ до 12,7 % I₂, а с.т.к. - от 3,6% до 8,9%. При гидрогенизации с методом дробной подачи СКД й.ч. составляло 4,5–8,8 % I₂, а с.т.к. - 3,2–4,5%.

В четвертой главе диссертации под названием «**Совершенствование технологий производства высококачественных модифицированных растительных масел для маргариновой промышленности**» представлены результаты исследований по совершенствованию технологии глубокого гидрирования масел в дисперсных катализаторах, гидрирования масел при низких температурах в сверхкритических растворителях, в мисцеллах, совершенствованию технологии рафинации и деметаллизации жиров, химической переэтерификации глубоко-гидрированных жиров и получению масел с оптимизированным содержанием транс-кислот, а также применению этих масел в рецептурах маргаринов.

Для определения эффективности использования растворителей при производстве глубоко гидрированных саломасов, хлопковое масло гидрировали в присутствии растворителей (гексана, экстра. бензина). Для этого смесь хлопкового масла и экстракционного бензина в соотношении 50:50 из образца 9 гидрировали в трехкратной подачей СКД с использованием смеси 0,3% катализатора и 0,5% детоксиканта при температуре 120-160°C и давлении водорода 0,5-2,0 МПа в течение 3 часов. Результаты представлены в табл. 13.

Таблица 13

Влияние температуры и давления водорода на саломасы, полученных при глубокой гидрогенизации хлопкового масла в мисцеллах

Температура, °С	Давление, МПа	Й.ч., % I ₂	Количество транс-кислот, %	T _{пл.} , °С	К.ч., мг КОН
140	0,5	10,8	5,0	53,5	2,3
160	0,5	10,2	5,8	55,3	2,5
180	0,5	10,0	6,0	56,1	3,0
140	1,0	10,0	4,2	54,3	2,2
160	1,0	9,5	4,8	54,9	2,8
180	1,0	9,2	5,2	56,2	3,2
140	2,0	9,8	4,0	54,6	2,4
160	2,0	9,3	4,7	55,2	2,4
180	2,0	8,7	5,0	56,4	2,6

В табл. 13 показано, что повышение температуры от 140 °С до 180 °С и давления от 0,5 МПа до 2,0 МПа привело к снижению йодного числа саломасов с 10,8% I₂ до 8,7% I₂ и содержания транс-кислоты с 6,0% до 4,0%, повышению температуры плавления с 53,5 °С до 56,4 °С и повышению кислотного числа с 2,2 мг КОН до 3,6 мг КОН. При температуре выше 160 °С и давлении водорода выше 1 МПа вязкость масла уменьшается, растворимость и диффузия водорода увеличиваются, а энергия активации реагентов снижается. В результате скорость реакции возрастает, и масло приближается к полному гидрогенизации.

Физико-химические показатели нерафинированных саломасов, полученных при гидрогенизации хлопкового масла на катализаторе N-820, приведены в табл. 12. С увеличением продолжительности гидрогенизации содержа-

ние сопутствующих веществ в маслах возрастает вследствие термического разложения (образование свободных жирных кислот, продуктов первичного и вторичного окисления, полимеризации и др.). С целью удаления указанных веществ были проведены эксперименты по рафинации хлопковых и соевых саломасов с использованием традиционного раствора каустической соды (NaOH) концентрацией 60 г/л и предложенного раствора силиката натрия ($m\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Результаты приведены в табл. 14.

Таблица 14

Физико-химические показатели саломасов, очищенных в водных растворах едкого натрия и силиката натрия

Наименование показателей саломаса	Водном растворе едкого натра (контроль)		Водном растворе силиката натрия	
	Хлопковый саломас	Соевый саломас	Хлопковый саломас	Соевый саломас
Кислотное число, мг КОН/г	0,35	0,25	0,31	0,20
Перекисное число, ммоль/кг	7,5	8,5	7,1	8,2
Цветность, у.е.	4	3	3	2
Анизидиновое число, у.е.	2,0	2,3	1,8	2,1
Количество ост. никеля, мг/кг	0,65	0,63	0,47	0,41
Количество ост. железа, мг/кг	0,7	0,6	0,42	0,38
Выход масла, %	94,6	95,3	97,2	98,1

В табл. 14 показано, что использование раствора силиката натрия вместо NaOH улучшает качество рафинированного хлопкового и соевого саломаса и увеличивает их выход на 2,6% и 2,8% соответственно. Использование силиката натрия снизило количество остаточного никеля с 0,63-0,65 мг/кг до 0,41-0,47 мг/кг, то есть в 1,5 раз.

Для снижения потерь при щелочной рафинации светлые масла и саломасы очищаются физическими методами. Однако саломасы, в отличие от светлых масел, содержат остаточные каталитические металлы. Для удаления металлических остатков из саломасов и повышения эффективности процесса их обрабатывали электроактивной водой с pH 1-3 в количестве 4-5% от массы саломаса. Для сравнения саломасы обрабатывали 0,5% с 20%-ной лимонной кислотой в течение 30 минут в вышеуказанных условиях (табл. 15).

Табл. 15

Результаты обработки саломаса электроактивированной водой

Наименование показателя	Номер опыта			Контроль (лимонная кис-та)
	1	2	3	
Массовая доля остаточного никеля, мг/кг	0,3	0,4	0,5	0,6
Степень разделения металлов, %	96,9	96,4	95,8	93,1
Масс. доля жировых веществ в водной фазе, %	0,1	0,09	0,08	0,3

В табл. 15 показано, что при увеличении pH электроактивированной воды с 1 до 3 содержание металлического никеля в растворе увеличилось с 0,3 до 0,5 мг/кг. Это привело к снижению степени отделения металла с 96,9% до 95,8%. В контрольном эксперименте остаточное содержание металлического никеля в растворе составляло 0,6 мг/кг, а степень отделения металла - 93,1%.

Следует отметить, что температура плавления полученных глубоко гидрированных саломасов (56,1 °С) очень высока, и их прямое использование в пищевой промышленности нецелесообразно. Однако их можно использовать в качестве твердого компонента переэтерифицируемых жиров. В последующих экспериментах была проведена взаимная переэтерификация подсолнечного масла и глубоко гидрогенизированных саломасов. Показатели глубоко гидрированных саломасов, полученных в качестве сырья: К.ч.-0,8 мг КОН/г, Й.ч.-6,8 % I₂ T_{пл.}-56,1 °С, твердость-660 г/см³, параметры подсолнечного масла: К.ч.-0,2 мг КОН/г, Й.ч.-124,3 % I₂, T_{пл.}-менее 0.

Первоначально смеси готовили путем смешивания 10–90% глубоко гидрированного хлопкового саломаса с подсолнечным маслом. Переэтерификацию смесей проводили при 75–80 °С в присутствии метилата натрия. Физико-химические характеристики смесей и переэтерификатов приведены в табл. 16.

Таблица 16

Показатели смесей глубокогидрированного хлопкового саломаса и подсолнечного масла до и после переэтерификации

№	Саломас, %	Масло, %	Смеси				Переэтерифицированных жиры			
			К.ч. мг КОН/г	Й.ч., % I ₂	T _{пл.} , °С	Твердость, г/см ³	К.ч. мг КОН/г	Й.ч., % I ₂	T _{пл.} , °С	Твердость, г/см ³
1	10	90	0,29	113,3	24,3	78	0,25	114,5	18,3	65
2	20	80	0,33	105,5	38,2	132	0,32	105,2	23,2	86
3	30	70	0,38	92,8	42,5	200	0,36	93,1	27,8	130
4	40	60	0,43	80,2	44,9	267	0,42	81,4	32,5	188
5	50	50	0,49	71,7	46,1	333	0,48	70,2	34,3	214
6	60	40	0,54	64,5	48,5	390	0,56	67,8	37,9	260
7	70	30	0,61	58,3	50,4	461	0,59	56,5	41,4	294
8	80	20	0,67	42,8	52,7	530	0,68	41,2	44,2	340

Из табл. 16 видно, что при увеличении массовой доли саломаса в смеси с 10% до 80% его йодное число снижалось с 113,3 % I₂ до 42,8 % I₂, при этом температура плавления и твердость возрастали соответственно с 24,3 °С до 52,7 °С и с 78 г/см до 530 г/см. При переэтерификации смесей их йодное число снизилось с 114,5 % I₂ до 41,2 % I₂. Температура плавления соответственно повысилась с 18,3 °С до 44,2 °С, а твердость - с 65 г/см до 340 г/см.

Изучено оптимальное количество катализатора (метилата натрия) в процессе переэтерификации. Установлено, что при предварительной переэтерификации смеси подсолнечного масла и саломаса в соотношении 40:60 оптимальное количество катализатора составило 1%, в этом случае смесь с температурой плавления 44,9 °С и твердостью 267 г/см³ после переэтерификации а температура плавления смеси составила 32,5 °С и 188 г/см³ соответственно. Для определения оптимальной температуры процесса переэтерификации смесь жиров и масел подвергали переэтерификации при температуре 40-120 °С в течение 1 часа, и оптимальная температура оказалась равной 80 °С.

Проведены исследования по разработке рецептуры маргарина с нормированным содержанием транс-кислот. Первоначально были проанализированы показатели ТТГ масел и жиров, используемых в жировой основе маргаринов.

Результаты приведены на рис. 10.

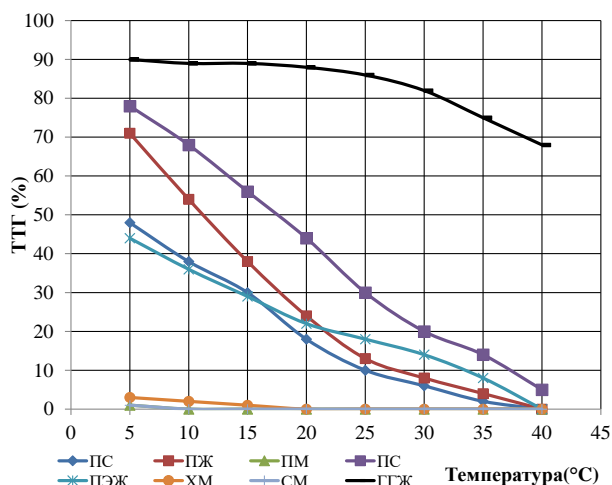


Рис 10 – Кривые содержания твердых триглицеридов в маслах и жирах

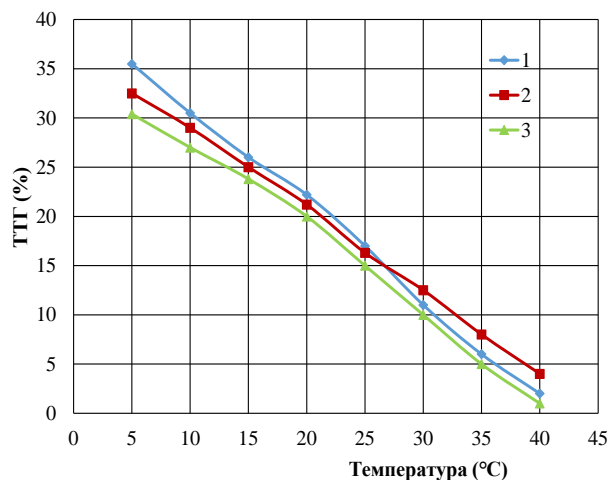


Рис 11. Кривые содержания твердых триглицеридов в маргаринах

На рис. 10 показано, что подсолнечное и соевое масло имеют плоскую кривую при начальной температуре 5 °С до 0% ТТГ, что означает, что они находятся в жидком агрегатном состоянии, придающем маргарину мягкую структуру. Кривые переэтерифицированных жиров и пищевых саломасов имеют почти плоскую кривую (51 - 30%) от 5 °С до 15 °С, после чего резко падают до 0% при 40 °С. Они поддерживают консистенцию маргарина при относительно низких температурах (5-15 °С) и обеспечивают мягкость маргарина при температурах применения (25-30 °С). Пальмовое масло, пальмовый стеарин и глубоко гидриро-ванные жиры имеют высокие значения ТТГ. Это объясняется наличием в их составе насыщенных жирных кислот.

На основе изученных жиров и масел были сформированы жировые основы маргарина с оптимизированными свойствами (табл. 17).

Таблица 17

Жировые основы традиционных и предлагаемых маргаринов

Жировые компоненты маргарина	Традиционный		Предложенный
	1	2	3
Саломас, $T_{пл}$ 31-34 °С, твердость 160-320 г/см	45	-	-
Саломас, $T_{пл}$ 35-36 °С, твердость 350-410 г/см	30	-	-
Пальмовый стеарин, T_{er} =43 °С	-	63	-
Пальмовое масло, T_{er} =39 °С	-	17	-
Переэтерифицированное масло	-	-	72
Растительное масло (соевое, подсолнечное)	25	20	26
Глубоко гидрированный саломас	-	-	2,0
Итого	100	100	100

В табл. 17 показано, что саломасы в традиционных рецептах были заменены пальмовым стеарином, пальмовым маслом, переэтерифицированным жиром и глубоко гидрированными жирами. Жидких жиров приводит к увеличению содержания незаменимых жирных кислот в составе маргарина, снижению его температуры плавления и твердости. Однако введение глубоко гидрированных жиров в жировую основу повышает ее температуру плавления и твердость.

Проведен анализ жирнокислотного состава жиров в жировых основах маргарина. В табл. 18 представлен жирнокислотный состав жировых основ.

Таблица 18

Жирнокислотный состав жировых основ готовых маргаринов

П.п жировая основа	Содержание жирных кислот %								
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1Т	C18:1	C18:2	C18:3	др
1	следы	0,82	18,04	5,18	17,81	35,82	21,54	0,17	0,61
2	0,1	0,93	38,57	5,44	1,08	36,53	16,75	0,15	0,42
3	следы	0,65	13,37	23,01	1,41	19,62	40,25	1,19	0,46

Из табл. 18 видно, что содержание транс-кислот на маргарине 1 составило 17,81%. Другие маргарины содержат транс-кислот в количестве 1,08 и 1,41%. Эти маргарины содержат больше насыщенных жирных кислот, в основном пальмитиновой и стеариновой. Благодаря наличию соевого масла, подсолнечного масла и переэтерификатов, содержание ненасыщенных кислот в жировых основах составило 57,53%, 54,51% и 62,47% соответственно.

Состав жирных кислот влияет на ТТГ в жировой основы маргарина (рис. 11). ТТГ в жировых основах маргарина составляло 22,2%, 21,3% и 20,1% при 20 °С. В образце 2 обнаружен ТТГ, плавящийся при 40 °С, что объясняется наличием в нем пальмового стеарина.

Разработаны рецептуры маргарина на основе выбранного жирового сырья. Состав рецептур представлен в табл. 19.

Таблица 19

Рецепты маргарина, использованные в экспериментах

Компоненты маргарина, %	Рецепты маргаринов		
	1	2	3
Саломас, T _{пл} 31-34 °С, твердость 160-320 г/см	36,45	0	0
Саломас, T _{пл} 35-36 °С, твердость 350-410 г/см	24,30	0	0
Пальмовый стеарин, T _{пл} =43 °С	0	51,03	0
Пальмовое масло, T _{пл} =39 °С	0	13,77	0
Переэтерифицированное масло	0	0	58,32
Растительное масло (соевое, подсолнечное)	20,25	16,20	21,06
Глубоко гидрированная саломаса T _{пл} =59,9 °С	0	0	1,62
Краска	0,10		
Эмульгатор	0,20		
Фосфатидный концентрат	0,70		
Соль	0,40		
Сахар	0,40		
Антиоксидант	0,05		
Вода	17,15		
Общий	100	100	100

Как видно из табл. 19, вид и количество ингредиентов во всех рецептах одинаковы, отличается только составом жировой основы.

Проведен анализ маргаринов, выработанных по рецептурам. Результаты анализа представлены в табл. 20. Из табл. 20 видно, что все исследованные маргарины по показателям качества соответствуют требованиям О'zDSt 3317.

В пятой главе диссертации под названием «**Степень внедрения результатов исследований в промышленность и экономическая эффективность**»

представлены результаты опытно-промышленных экспериментов по определению оптимальных условий технологии гидрирования растительных масел с детоксикацией катализатора, модификации растительных масел и использования полученных продуктов в маргариновой промышленности, а также результаты расчета экономической эффективности получения жира с нормируемым количеством транс-кислот и его использования в маргаринов, а также их анализ.

Таблица 20

Сравнительные показатели маргаринов, полученные в экспериментах

Наименование показателей	Маргарины		
	1	2	3
Цвет	Светло-желтого цвета, однородного состава по всей массе		
Консистенция	Пластичный, плотный, однородный, легко наносится, поверхность среза блестит.		
Температура плавления масла выделенного из маргарина, °С	34,1	34,3	33,9
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	17,18	17,16	17,17
Массовая доля соли, %	0,4	0,4	0,4
Кислотность, °К (Кеттосорфера).	2,3	2,2	2,2
Массовая доля жира, %	82,15	82,21	82,18
Количество транс-кислот по отношению к массе жира, %	17,8	1,1	1,4

Усовершенствована технологическая схема процесса гидрирования путем дробной подачи СКД на несколько стадий (рис 12).

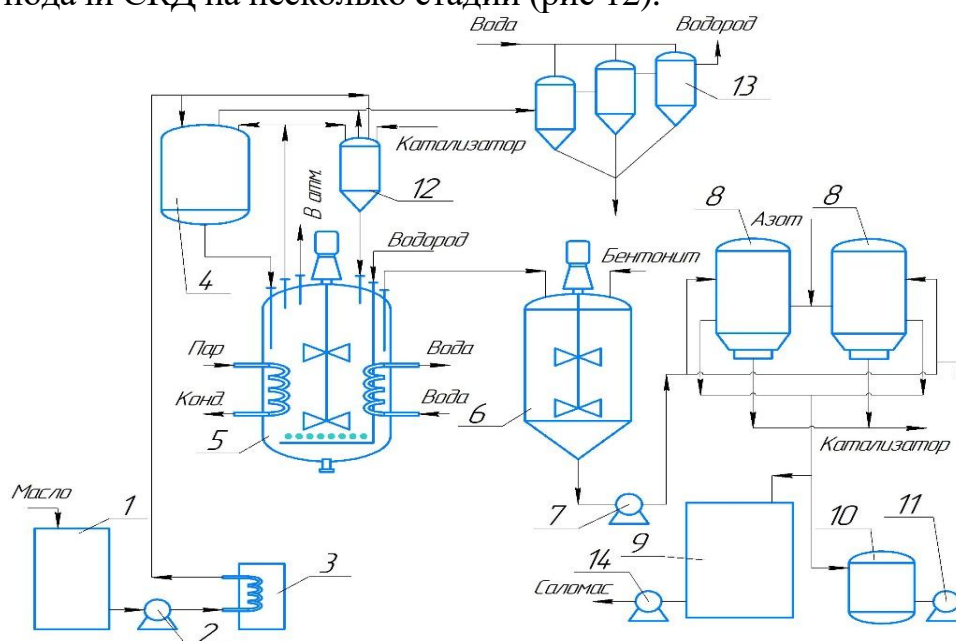


Рис 12. Технологическая схема периодического гидрирования растительных масел с дробной подачей катализатора

1, 9 бак для масел, 2, 7, 10, 11, 14 насосы, 3 теплообменник, 4 емкость для масла, 5 автоклав, 6 охладитель для масла, 8 фильтр, 12 каталитическая емкость, 13 сепаратор

Подсчитано, что при получении масла со стандартизированным содержанием транс-кислот путем глубокой гидрогенизации и переэтерификации хлопкового масла по усовершенствованной технологии можно достичь экономической эффективности 10 млн сум/т по сравнению с импортным маслом.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

1. Анализ физико-химических показателей маргарина, кондитерских жиров и саломасов, производимых в нашей республике показал, что содержание трансизомеров составляет: 0,4–25,1% в твердых маргаринах, 22,6–28,7% в кондитерских жирах и 27,9–45,4% в саломасах;

2. Изучены кинетика, селективность и факторы, влияющие на процесс частичного гидрирования хлопкового масла с участием никелевых катализаторов N-210, Ni:Cu и N-820, и установлено, что активность катализаторов находится в порядке $N-210 < Ni:Cu < N-820$;

3. Получен саломас со нормализованным содержанием трансизомеров на основе глубокого гидрирования хлопкового масла с использованием никелевого катализатора. При этом, применение катализатора N-820 в количестве 0,3% от массы масла, температуры – 220 °С, давления водорода – 2 МПа обеспечивает снижение йодного числа до 4,5% I₂;

4. Изучено влияние качественных показателей масел на их гидрогенизационные свойства и установлено снижение скорости гидрогенизации до 2 раза при снижении качества масла;

5. Получен эффективный детоксикант на основе смеси отбеленной глины и активированного угля. При этом, оптимальное соотношение компонентов смеси составило 60:40, что при расходе 0,5% от массы масла обеспечил увеличение скорости гидрогенизации до 1,23 раз;

6. Установлено, что в процессе гидрирования, распределение смеси катализатора и детоксиканта в две стадии в соотношении 60:40 и в три стадии в соотношении 50:30:20 обеспечивает стабильность активности катализатора и ускоряет процесс гидрирования в 1,25–1,37 раза в зависимости от качества масла;

7. Установлено, что глубокое гидрирование растительных масел с участием растворителей позволяет проводить процесс при низких температурах, тогда как при гидрировании в мисцеллах она составляет 180–200 °С;

8. Установлено, что при щелочной рафинации саломасов, использование силиката натрия вместо каустической соды снижает количество остаточного металлического никеля до 1,5 раза, а использование электроактивированной воды вместо лимонной кислоты для деметаллизации саломасов при физической рафинации снижает количество остаточного никеля более чем в 2 раза;

9. Исследованы оптимальные технологические режимы переэтерификации смеси глубокогидрированного хлопкового саломаса и подсолнечного масла. Установлено, что соотношение компонентов смеси составляет 60:40, температура процесса – 80 °С, содержание катализатора – 1%, продолжительность процесса – 80 мин.

10. Введение в рецептуру маргарина глубокогидрированного хлопкового саломаса, переэтерифицированного жира и подсолнечного масла обеспечивает снижение содержания транс-жирных кислот с 17,8% до 1,4%;

11. Экомонический эффект от производства 1 т жира с нормированным содержанием транс жирных кислот составляет 10 млн сум/т.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES DSc.03/2025.27.12.T.42.01 UNDER
TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY

RUZIBAYEV AKBARALI TURSUNBOYEVICH

**IMPROVING THE TECHNOLOGY OF HYDROGENATION OF
VEGETABLE OILS WITH EFFECTIVE CATALYST DETOXIFICATION**

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

ABSTRACT

of the dissertation of Doctor of Technical Sciences (DSc)

The theme of the doctoral dissertation (Doctor of Science) was registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2025.3.DSc/T167.

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

The abstract of the dissertation was posted in three languages (uzbek, russian, english(resume)) on the website of the Scientific Council (www.tkti.uz) and on the information and educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant:

Serkev Kamar Pardaevich
doctor of technical science, dotsent

Official opponents:

Isabaev Ismail Babadjanovich
doctor of technical science, professor

Akhmedov Azimjon Normominovich
doctor of technical science, professor

Sagdullaeva Dilafruz Saidakbarovna
doctor of technical science, professor

Leading organization:

Gulistan State University

The dissertation defense will take place on «12» 05 2026 at 9⁰⁰ during the meeting of the Scientific Council DSc.03/2025 27.12.T.42.01 under Tashkent Institute of Chemical Technology. (Address: 100011, 32, A.Navoi street, Shaykhontokhur district, Tashkent city. Tel.: (99871)244-79-20, Fax: (99871)244-79-17, email: info@tkti.uz).

The dissertation is available for review at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Chemical Technology (registered under number 408). (Address: 100011, 32, A.Navoi street, Shaykhontokhur district, Tashkent city. Tel.: (99871)244-79-20).

The dissertation abstract was distributed on «20» 04 2026.
(Mailing report № 224 on «20» 04 2026).



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

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

N.A.Khujamshukurov
Chairman of the scientific seminar under
Scientific Council for awarding the scientific degrees.
Doctor of Technical Sciences, Docent

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the research work is to improve the technology of fully hydrogenation of vegetable oils by applying effective methods for catalyst detoxification during the hydrogenation process, and to develop the scientific basis for producing fats with regulated levels of trans fatty acids.

The objects of the research work are the Local cottonseed, sunflower, and soybean oils, nickel catalyst, sodium methylate, bleaching earth, activated carbon, sodium-based alkalis, and other additives.

The scientific novelty of the research work:

It was established that during the production of salomas by partial hydrogenation of vegetable oils, the content of trans fatty acids can exceed the permissible level by 10–22 times depending on the catalyst activity, and it was substantiated that catalyst activity is directly proportional to the process rate and inversely proportional to the trans fatty acid content;

it was proven that the selectivity, activity, and trans fatty acid formation capacity of N-210, N-820, and Ni:Cu catalysts change in the order $N-210 < Ni:Cu < N-820$, and that the trans fatty acid content is inversely proportional to catalyst selectivity;

it was determined that, as a result of improving the technological regimes of edible salomas production, the production of deeply hydrogenated salomas requires an increase in hydrogen pressure by 5 times, temperature by 1.2 times, and catalyst dosage by 3 times;

it was substantiated that the rate of fully hydrogenation of low-quality cottonseed oils is up to 2 times lower compared to high-quality oils;

it was proven that the use of a mixture of bleaching earth and activated carbon in a 40:60 ratio as a detoxifying agent reduces the duration of fully hydrogenation of low-quality oils by 1.1–1.2 times;

it was found that hydrogenation of oils in a micelle with a concentration of 75–80% reduces the process duration by up to 20%, temperature by up to 10%, and hydrogen pressure by up to 50%;

an improved technology for demetallization of fully hydrogenated salomas was developed, and it was demonstrated that the residual nickel content in salomas decreases by 1.4 times during alkaline refining and by up to 2 times during distillation refining;

a comprehensive technology was developed for obtaining high-quality fats with regulated trans fatty acid content from low-quality vegetable oils.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained on improving the technology of deep hydrogenation of vegetable oils through the application of effective methods for catalyst detoxification during the hydrogenation process, as well as on the production of fats with regulated trans fatty acid content:

the improved technology for deep hydrogenation of cottonseed oil with catalyst detoxification has been included in the “List of developments to be implemented in 2025–2027” of the Association of Oil and Fat Industry Enterprises of the Republic of Uzbekistan (reference No. KS/3-257 dated August 8, 2025). As a result, the

duration of the hydrogenation process, depending on oil quality, was reduced from 3.15–5.00 hours to 2.95–4.06 hours, i.e., by 1.07–1.23 times, and it became possible to obtain deeply hydrogenated salomas with an iodine value of 7.3–26.1% I₂;

the technology of interesterification of deeply hydrogenated cottonseed salomas and cottonseed oil has been included in the “List of developments to be implemented in 2025–2027” of the Association of Oil and Fat Industry Enterprises of the Republic of Uzbekistan (reference No. KS/3-257 dated August 8, 2025). As a result, it became possible to obtain specialty fats with a trans fatty acid content of less than 2% by interesterifying cottonseed salomas and cottonseed oil in ratios of 10:90, 20:80, and 25:75;

the technology for applying fats with reduced trans fatty acid content in the margarine industry has been included in the “List of developments to be implemented in 2025–2027” of the Association of Oil and Fat Industry Enterprises of the Republic of Uzbekistan (reference No. KS/3-257 dated August 8, 2025). As a result, it became possible to produce margarine with a trans fatty acid content not exceeding 2%.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation is 200 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Ruzibayev A.T., Salijonova Sh.D., Abdurahimov A.A., Gaipova Sh.S., Hakimova Z.A., Xodjayev S.F., Salijanov G.K., Fayzullayev A.Z. Topinambur tunganagi ekstrakti qo'shilgan parhezbor margarin. Patent № IAP 07408. – Toshkent, O'zbekiston Respublikasi Ixtirolar davlat reyestrída 17.05.2023-yilda ro'yxatdan o'tkazilgan. -2023. – 1 b.

2. Ruzibayev A.T. Dispers katalizatodan samarali foydalanish usullarini qo'llab margarin sanoati uchun chuqur gidrogenlangan salomas olish texnologiyasini takomillashtirish. Monografiya - Toshkent: Poytaxt exclusive nashriyoti. -2022. – 94b.

3. Рузибаев А.Т., Абдурахимов С.А., Ачилова С.С. Современная технология процесса рафинации саломаса с получением конкурентоспособных маргаринов. Монография, Т.: Издательство «Poytaxt exculisive». -2022. -107с.

4. Ruzibayev A.T., Salijonova Sh.D., Raximov D.P. Diabetik margarin retsepti va texnologiyasi // Monografiya. – Toshkent.: “Poytaxt exclusive”. -2022. –116b.

5. Ruzibayev A.T., Salijanov Sh.D., Rahimov D.P., Fayzullayev A.Z., Ochilova S.S. Mahalliy yog'li hom ashyolarni samarali qayta ishlash va ular asosida margarin ishlab chiqarish. Monografiya – Т.: “O'zbekiston halqaro islom akademiyasi” nashriyot-matbaa birlashmasi. -2020. -114 bet.

6. Ruziboyev A.T., Ollaberganova A.M. Yog'larni gidrogenlashda ishlatilgan katalizatorni qayta tiklash texnologiyasini takomillashtirish. Monografiya – Urganch: Kharezem publication. -2025. -120 b.

7. Рузибоев А.Т., Рахимов Д.П., Абдурахимов А.А., Салижанова Ш.Д., Калво Гомез О.А. Совершенствование технологии производства жиров маргари-новой и кондитерской промышленности на основе процесса модификации растительных масел. Монография, Т.: Издательство «Afzalzoda books». -2025. -118 с.

8. Ruzibayev A., Qi X., Mao J., Chang W., Fayzullaev A., Meng Z. Enhancing heat stability and bloom resistance in low-fat chocolates using bigels. // Food chemistry. 146214. -2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.146214 (Scopus Q1)

9. Ruzibayev A.T., RahimovD.P., Salijanov Sh.D. Cottonseed oil as a valuable raw material to obtain trans-free margarine. //Journal of Critical Reviews. -2020. -Vol 7. -Iss. 9, -P.572-577. ISSN- 2394-5125. (Scopus Q4)

10. Ruzibayev A.T., Kadirov Y. K., Rahimov D. P. Intensification of the hydrogenation process of vegetable oils with effective methods of detoxication of catalyst. //European Applied Sciences. -2015, -№5. -P.58-61. (02.00.00.№4)

11. Ruzibayev A.T., Rakhimov D.P., Abdullaev U.S., Rakhimov P.H., Getting a modified interesterification using the combination of liquid oils and solid fat. //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. -2020, -№4 (02.00.00.№2)

12. Ruzibayev A.T. Study of the process of efficient use of a catalyst in the production of fully hydrogenated oil for the margarine industry. //Scientific and technical journal Namangan institute of engineering and technology. -2022. -Vol. 7, Iss. 1. –P.92-97. ISSN2/8/-8622. (ОАК Rayosatining 2021 yil 31 martdagi 295/6-son qarori)

13. Рузибаев А.Т., Қодиров Й.Қ. Ўсимлик мойларини гидрогенлаш жараёни-ни жадаллаштириш. //Кимё ва кимё технологияси. -2015. -№4.73-75 б. (02.00.00, №3)

14. Рузибаев А.Т., Ачилова С.С., Абдурахимов С.А., Ходжаев С.Ф. Рафинация пищевых саломасов, полученных из темного и светлого растительных масел водным раствором силиката натрия. //Universum: химия и биология. -2020. – № 10(76). Часть 2., -С.25-28. (02.00.00, №2)

15. Рузибаев А.Т., Ачилова С.С., Абдурахимов С.А., Ходжаев С.Ф. Нетрадиционный подход к деметаллизации саломаса для маргариновой промышленности. //Universum: Технические науки. –2021. –№5. -Ч.2. –С.83-86 (02.00.00, №1)

16. Ruzibayev A.T., Serkayev Q.P., Fayzullayev A.Z., Xodjayev S.F., Zong Meng. O'zbekiston respublikasining savdo rastalaridagi margarin mahsulotlarining yog'li fazasini tadqiq qilish. //Central Asian food engineering and technology. -2025. -3. -11. 205-213 б. (02.00.00. ОАК Rayosatining 2023 yil 28 fevraldagi 333/5-son qarori)

17. Ruzibayev A.T., Serkayev Q.P., Fayzullayev A.Z., Xodjayev S.F., Zong Meng. Paxta moyini qisman gidrogenlashda katalizator aktivligi va jarayon haroratining trans yog' kislotalar hosil bo'lishiga ta'siri. //Central Asian food engineering and technology. -2025. -3. -11. -б.205-213. (02.00.00. ОАК Rayosatining 2023 yil 28 fevraldagi 333/5-son qarori)

18. Рузибаев А.Т., Салиджанова Ш.Д. Исследование процесса получения маргарина на основе местных жировых сырья. //Universum: технические науки. –2017, -№10. -С.9-11(02.00.00, №1)

19. Рузибаев А.Т., Рахимов Д.П., Ачилова С.С., Ашурматова Г.И. Сравнительное гидрирование хлопкового и подсолнечного масел с целью выявления особенностей получаемых саломасов. //Узбекский химический журнал. -2020, №4. (02.00.00, №3)

20. Ruzibayev A.T., Salijanova Sh.D., Khakimova Z.A., Akbarov M., Rakhimova G. Comparison of the Physicochemical Characteristics of commercial margarines in Uzbekistan and formulate trans-free margarine recipe based on local raw materials. //International Journal of Early Childhood Special Education (INT-JECSE). -2022.-Vol. 14, Iss. 05. -P.7119-7125 (SJIF (23)–IF – 6,425).

21. Ruzibayev A.T., Yunusov O.Q., Meliyeva N.F. O'simlik moylarining superkritik suyuqlik holatida gidrogenlash texnologiyasini tadqiq qilish. //Central Asian food engineering and technology. -2023. -1. 40-50 б. (02.00.00. ОАК Rayosatining 2023 yil 28 fevraldagi 333/5-son qarori)

22. Рузибаев А.Т., Ачилова С.С., Хусанова М.У., Абдурахимов С.А., Ходжаев С.Ф. Системное исследование процессов получения

рафинированного пищевого саломаса для производства маргарина. //Universum: Технические науки. – 2021. – №5(86). -Ч.2. – С.61-64 (02.00.00, №1)

23. Ruziboyev A.T., Akbarov M.M., Salijonova Sh.D., Gaipova Sh.S, Raximov D. P. Shokoladli pasta uchun yog‘ olish jarayonini tadqiq qilish. //Central Asian food engineering and technology. -2024. -2. -7. -b.61-67. (02.00.00. OAK Rayosatining 2023 yil 28 fevraldagi 333/5-son qarori)

24. Рузибаев А.Т., Салиджанова Ш.Д., Ботирова М.Н., Шавкатов С.Ж. Исследование переработки соевого масла и использование его при производстве маргарина. //Universum: технические науки. -2018. –№12/ -С.67-72 (02.00.00, №1)

25. Рузибоев А.Т. Оллаберганова А.М, Юнусов О.К, Ачилова С.С. Гидрирование растительных масел эффективным использованием регенерированного катализатора. //Universum:Технические науки. -2023. - №11. -С.53-57 (02.00.00, №1)

II бўлим (II часть; II part)

26. Рузибоев А.Т., Салижонова Ш.Д., Ботирова М.Н. Получение глубокогидрированного жира для производства маргарина. Современные технологии: Актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXX Международной научно-практической конференции. Пенза. -2019. - С.13-16.

27. Рузибаев А.Т., Ачилова С.С., Оллаберганова А.М., Хамраев О.О. “Деметаллизация саломаса и повешение ее пищевой безопасности”. Актуальные вопросы современной науки и образования. Сборник статей XIX международной научно-пракгический конференции. 20.05.2022г.в г.Пенза. - 2022. -С.67-69.

28. Ruzibayev A.T., Qahramonov F.O., Muyassarov Z.R., Achilova S., Alimova N.K. Sifati past moylarni gidrogenlash va salomasni metalsizlantirish jarayonlarining tadqiqoti. Сборник научных трудов республиканской научно-технической конференции «Нетрадиционные тенденции в производстве пищевых продуктов питания и кормов». -Ташкент. -2021. -С.67.

29. Рузибаев А.Т., Акбаров М.М., Рахимова Г.Х., Ниёзова М.У., Маматсабиров Ф.О. Изучение жирнокислотного состава маргаринов, реализуемых на потребительском рынке Узбекистане. Современная наука и молодые учёные: сборник статей X международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «наука и просвещение». – 2022. – 308 с.

30. Рузибаев А.Т., Ачилова С.С., Рахимов Д.П., Дадамухамедов Х.А. Относительное гидрирование хлопкового и подсолнечного масел с целью вскрыванье особенностей получаемых саломасов. Научные исследования молодых учёных. Сборник статей V Международной научно-практической конференции состоявшейся 27 июля 2020 г. в г. Пенза. -2020. -С.13-15.

31. Рузибаев А.Т., Акбаров М.М., Рахимова Г.Х., Касимова Д.К., Абдуллаева Н.Ф. Сравнительный анализ физико-химических и микробиологических показателей маргаринов, реализуемых на потребительском рынке Узбекистане. Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: сборник статей XXXIX международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «наука и просвещение». – 2022. –284 с.

32. Рузибаев А.Т., Рахимов Д.П., Дадамухамедов Х.А., Шарифджанова К.Ш., Ташмуратов А. Н. Получение модифицированных переэтерификатов с помощью комбинации жидких масел и твердых жиров. Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей IV Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». -2020. -188 с.

33. Рузибаев А.Т., Ачилова С. С., Ахмедова Ш. И., Хамраев О. О., Холманова Ш. Т. Разработка технологии щелочной рафинации саломаса с использованием водного раствора силиката натрия и его фильтрации. “Студенческие научные исследования” сборник статей XII Международной научно-практической конференции, Пенза, МЦНС «НАУКА и просвещение». -2022. -С.32-35

34. Рузибоев А.Т., Салижонова Ш.Д., Нормуродова У.У., Рахимов Д.П. Маҳаллий хомашёлар асосида стандарт талабларига мос маргарин рецептурасини ишлаб чиқиш. «Умидли кимёгарлар-2020» ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини XXIX - илмий-техникавий анжумани. 2020 йил 12 май. -2020. -Б.253-254.

35. Рузибоев А.Т., Салижонова Ш.Д., Илхомжонов П., Принципы составления рецептур диетического маргарина. Кимё ва озиқ-овқат саноатлари ҳамда нефт-газ қайта ишлашнинг инновацион технологияларини долзарб муаммолари. -Тошкент 2014. -2014. –С.221-222.

36. Рузибоев А.Т., Салижонова Ш.Д., Кузибеков С. Получение маргарина для слоеного теста. Умидли кимёгарлар-2018 Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриятталабаларини XXV - илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. -Тошкент. -2018. – Б.433-434.

37. Рузибоев А.Т., Салижонова Ш.Д., Шавкатов С.Ж. Получение маргарина обогащенного омега-3 и омега-6 жирными кислотами. Умидли кимёгарлар-2018. Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалавриятталабаларини XXV - илмий-техникавийанжуманининг мақолалар тўплами. -Тошкент. -2018. -Б. 460-461.

38. Рузибоев А.Т., Рахимов Д.П., Атаматова С.А., Зокиров М.М., Акрамова Р.Р. Переэтерификациялаш орқали транс кислоталар микдорини камайтириш масалалари(ТКТИ). Умидли кимёгарлар-2020 Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини XXIX - илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. -Тошкент. -2020. –Б.277-279.

39. Рузибоев А.Т., Зокиров М.М., Акрамова Р.Р., Рахимов Д.П., Гофуржонов М.Ф. Чуқур гидрогенланган пахта саломаси ва пахта мойлари

аралашмасини переэтерификациялаш жараёнининг тадқиқоти(ТКТИ). Умидли кимёгарлар-2020 Ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини ХХІХ - илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. - Тошкент. -2020. -Б.190-192.

40. Рузибаев А.Т., Ачилова С.С., Кахраманов Ф.О., Муяссаров З.Р. О необходимости рафинации саломаса для маргариновой промышленности. Махаллий хом ашёлар ва иккиламчи ресурслар асосида инновацион технологиялар. Урганч. -2021. -С.406-408.

41. Рузибаев А.Т., Рахимов Д.П., Шарифджанова К.Ш., Исроилова М.С. Исследование переэтерификации саломас из хлопкового масла с хлопковым маслом на катализаторе метилат натрия. Сборник научных трудов республиканской научно-технической конференции «Нетрадиционные тенденции в производстве пищевых продуктов питания и кормов». -Ташкент. -2021. -С.132-133.

42. Ruzibayev A.T., Berdiqulova Sh., Ashurmatova G.I. Paxta Moyini yangi avlod nikelli katalizatorlarda ginrogenlash jarayonining tadqiqoti. “Умидли кимёгарлар-2016” ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини ХХV-илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. -Тошкент. -2016. -б. 227-228.

43. Рузибаев А.Т., Ботирова М.Н., Кузибеков С. Соя мойини гидрогенлаш жараёнининг тадқиқоти. “Умидли кимёгарлар-2018” ёш олимлар, магистрантлар ва бакалаврият талабаларини ХХVI-илмий-техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. -Тошкент, ТКТИ. -2018. -Б.359-360.

44. Рузибоев А.Т., Умаров С., Юнусов О.Қ. Кунгабоқар мойини гидрогенлаш жараёнининг тадқиқоти. Сборник научных трудов республиканской научно-технической конференции “Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук”. -Ташкент. -2015. - С.292-293

45. Рузибаев А.Т., Алимова Н.К., Султонова С.М. Разработка технологии получения улучшенных хлебопекарных жиров. Сборник научных трудов республиканской научно-технической конференции «Нетрадиционные тенденции в производстве пищевых продуктов питания и кормов». -Ташкент. -2021. -С.53-54

Автореферат «Кимё ва кимё технологиялари» журнари тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.

Рақамли босма усулда босилди.

Шартли босма табағи: 4. Адади 100 дона. Буюртма № 31/26.

Гувоҳнома № 851684.

«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Алишер Навоий кўчаси, 36-уй.

Тел: +99894-600-44-07