

**TOSHKENT DAVLAT AGRAR UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 RAQAMLI ILMIY
KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

**QOZON FEDERAL UNIVERSITETI
TOSHKENT DAVLAT AGRAR UNIVERSITETI**

DJAMALOV ZOHID ZAFAROVICH

**UZUM KEKI ASOSIDA IKKINCHI AVLOD BIOETANOL ISHLAB
CHIQRISH UCHUN EKOLOGIK XAVFSIZ KOMPLEKS
TEXNOLOGIYANI ISHLAB CHIQRISH**

06.01.11 – Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

TOSHKENT – 2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contes of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Djamalov Zohid Zafarovich

Uzum keki asosida ikkinchi avlod bioetanol ishlab chiqarish uchun ekologik
xavfsiz kompleks texnologiyani ishlab chiqish.....3

Джамалов Зоҳид Зафарович

Разработка экологически безопасной комплексной технологии получения
биоэтанола второго поколения на основе виноградного жмыха21

Djamalov Zokhid Zafarovich

Development of an environmentally safe integrated technology for the production
of second-generation bioethanol based on grape pomace.....39

E'lon qilingan ishlari ro'uxati

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

**TOSHKENT DAVLAT AGRAR UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 RAQAMLI ILMIY
KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

**QOZON FEDERAL UNIVERSITETI
TOSHKENT DAVLAT AGRAR UNIVERSITETI**

DJAMALOV ZOHID ZAFAROVICH

**UZUM KEKI ASOSIDA IKKINCHI AVLOD BIOETANOL ISHLAB
CHIQRISH UCHUN EKOLOGIK XAVFSIZ KOMPLEKS
TEXNOLOGIYANI ISHLAB CHIQRISH**

06.01.11 – Qishloq xo‘jaligi mahsulotlari saqlash va qayta ishlash

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Dissertatsiya mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/T4060 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya O'zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Davlat xizmatlarini rivojlantirish Agentligi qoshidagi Mutaxassislarni xorijda tayyorlash va vatandoshlar bilan muloqot qilish bo'yicha "El-yurt umidi" jamg'armasi dasturi doirasida, Qozon Federal universitetida Toshkent davlat agrar universiteti bilan hamkorlikda bajarilgan.

Dissertatsiyasi avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (резюме)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tdau.uz) va "ZiyoNet" Axborot ta'lim portal (www.ziynet.uz) manziliga joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Islamov Soxib Yaxshibekovich,**
qishloq xo'jaligi fanlari doktori, professor.

Rasmiy opponentlar: **Azizov Aktam Sharipovich,**
qishloq xo'jaligi fanlari doktori, professor.

Sagdullayeva Dilafruz Saidakbarovna,
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim.

Yetakchi tashkilot: **Samarqand agroinnovatsiyalar va tadqiqotlar instituti.**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat agrar universiteti huzuridagi DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 raqamli Ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengashning 19 aprel 2024 yil soat 14⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tdi. (manzil: 100164, Toshkent viloyati, Qibray tumani, Universitet ko'chasi 2-uy. Tel.: (+ 998) 71 260-38-60; e-mail: tuag_info@edu.uz).

Dissertatsiyasi bilan Toshkent davlat agrar universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 550574 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 1000164, Toshkent viloyati, Qibray tumani, Universitet ko'chasi, 2-uy, Toshkent davlat agrar universiteti Axborot-resurs markazi. Tel.: (+998) 71 260-50-43.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil 06 aprel kuni tarqatildi.
(2024 yil 01 apreldagi 1-raqamli reestr bayonnomasi).



J.N.Fayziyev,
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, q.x.f.d., professor.

M.Z.Xolmurotov,
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, q.x.f.f.d. (PhD), dotsent

S.A.Yunusov,
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, q.x.f.d., professor.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyo mamlakatlarining ko'pchiligi jumladan, AQSh, Braziliya va Yevropa davlatlarining ko'p qismi bioetanolni yonilg'i sifatida ishlatishi sir emas. Prognozlashtirish va makroiqtisodiy tadqiqotlar instituti mutaxassislari bergan ma'lumotlarga ko'ra, 2024 yilda jaxon bo'yicha 112,29 mlrd. litr bioetanol ishlab chiqarilgan va bu ko'rsatkich 2029 yilga borib 144,34 mlrd. litrni tashkil qilishi aytib o'tilgan. Bioyoqilg'i sanoatida oziq-ovqat chiqindilaridan bioetanol olish, bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri sanaladi. Shu o'rinda takidlash joizki, uzum keki (turpasi) – uzumni qayta ishlash sanoatining eng keng tarqalgan biologik chiqindilaridan biri sanaladi va u o'z navbatida uzum qobig'i, urug'i va rezavor mevani tutib turuvchi sopidan tashkil topgan bo'ladi. 2023 yilda uzumni ishlab chiqarish hajmi O'zbekiston bo'yicha 1,800 ming tonnani tashkil qilgan bo'lib, bu o'z navbatida kata miqdorda ikkilamchi chiqindi mahsulotlarining hosil bo'lishini anglatadi. Mavsum davomida, uzumni qayta ishlash bilan bog'liq ekologik muammolardan biri, bu qayta ishlash zavodlarida ajralib chiqadigan ko'p miqdordagi uzum sopi (281x103 t), uzum turpasi (787x103 t), sharob cho'kmasi (337x103 t) va chiqindi suvlarining (24x106 m³) hosil bo'lishidir. Ushbu qoldiqlarning ba'zi ifloslantiruvchi xususiyatlari, masalan pH (nordonlik) ko'rsatkichining pastligi va fenol moddalarining fitotoksik hamda antibakterial xususiyatlari uzum qoldiqlarini tabiiy parchalanishga to'sqinlik qiladi. Ma'lumki, dunyo miqyosida yiliga 60 mln. tonna uzum qayta ishlash uchun yetishtiriladi. FAO/JSST ma'lumotiga ko'ra, dunyoda yiliga 5-10 mln. tonna chiqindilar ishlab chiqariladi, shu jumladan O'zbekistonda ham 300-400 ming tonna qattiq chiqindi mahsulotlari hosil bo'ladi. Ushbu turdagi chiqindi mahsulotlarini qayta ishlash choralarini tashkil qilmaslik, ham ekologik, ham iqtisodiy nuqtai nazardan muammolarga sabab bo'ladi. Uzum qoldiqlarining bugungi kundagi sanoat ulushi 20-25 % ni tashkil qilib, odatda ular qayta ishlanmaydi va zavod yaqinidagi ochiq yer maydolariga intensiv ravishda to'planishi hisobidan hosil bo'ladi. Bu o'z navbatida, atrof-muhit va ekologiyaning ifloslanishiga olib keladi. Ishlab chiqarish davomida hosil bo'ladigan chiqindi mahsulotlarning asosiy turi bu uzum rezvorlarini tutib turuvchi sopi, uzum turpasi va sharob cho'kmalari sanaladi. Shu jixatdan uzum qoldiqlarining kimyoviy tarkibi, bioyoqilg'i mahsulotlarining ikkinchi avlodi (BT_{II}) uchun bioetanol ishlab chiqarishda muhim xom-ashyo bazasi sanaladi.

Jaxonda yoqilg'i-energetika kompleksda (YEK) bioetanolning muqobil energiya sifatidagi roli tobora ortib bormoqda. Bioetanol ishlab chiqarishda muhim ko'rsatkichlardan biri bu – energiya balans koeffisienti (EBK) sanalib, olingan bioyoqilg'ida to'plangan energiya miqdori, uni ishlab chiqarish uchun sarflangan energiya miqdoriga nisbatan sarflanadi. O'tkazilgan bir qator tadqiqotlar natijasiga ko'ra, AQShda makkajo'xoridan ishlab chiqarilgan bioetanol bioyoqilg'isining birinchi avlodi (BT_I), EBK ko'rsatkichi bo'yicha ijobiy natija bermaydi. Olingan mahsulotlarga nisbatan, xom-ashyoga ko'p miqdorda energiya sarflanadi (xom-ashyoga ishlov berish, ekish, yig'ish va keyinchalik qayta ishlashni hisobga olgan holda). AQSh qishloq xo'jaligi departamentining rasmiy hisobotiga ko'ra,

makkajoʻxori bioetanolning EBK koʻrsatkichi 1,24 birlikni tashkil qilsada, ishlab chiqarish uchun sarflanadigan energiyaning bor yoʻgʻi 24 % ni tashkil qiladi. Sellyuloza bioetanolning EBK koʻrsatkichi 5-6 birlikni tashkil qilib, benzin bilan taqqoslanganda, BT_{II} ishlab chiqarish va uni qoʻllash davrida ajralib chiqadigan issiqxona gazlari miqdorining 85 % gacha kamayishi aniqlangan. Bioetanol yuqori oktan qiymatiga ega (dvigatelda 99 va tadqiqot usulida 105) yonish harorati pastroq, chiqindi gazlarisiz, sababi tarkibida oltingugurt birikmalari mavjud emas. Bioetanol – BT_{II} kul hosil qilmasdan yonganligi bois, alkogolli aralash benzinlardan foydalanish vaqtida dvigatel svechalarida choʻkindi hosil boʻlmaydi va ekspluatatsiya davrida uning haddan tashqari qizish holati kuzatilmaydi. Shu sabab ligninseluloza xom ashyosi asosida bioetanol – BT_{II} yoqilgʻisini ishlab chiqarish dolzarb mavzu sanaladi. Shu bilan birga, iqtisodiyot tamoyillariga mos keladi va bugungi kun taraqqiyot konsepsiyasiga toʻligʻicha javob beradi.

Respublikamizda soʻngi yillarda bioyoqilgʻi mahsulotlaridan keng foydalanishga alohida eʼtibor qartilmoqda. Jumladan, A.Azizov, N.Moʻminov, Sh.Imomov, B.Raxmatovlar tomonidan bioyoqilgʻi olish boʻyicha ishlar amalga oshirilgan boʻsada, Respublikada konserva va vino zavodlarida meva, sabzavot va uzum chiqindilarini qayta ishlash orqali ekologik toza bioyoqilgʻining ikkichi avlodini olish texnologiyasiga asoslangan tadqiqot ishlari yetarlicha oʻrganilmagan. Prezidentimizning 2019-yil 22-avgustdagi qarorida Oʻzbekistonda 2030-yilga qadar, qayta tiklanadigan energiya manbalarining elektr energiyasini ishlab chiqarish boʻyicha talabni 25 foizgacha yetkazish belgilab berilgan. Hozirgi paytda bu koʻrsatkich 10-12 foizni tashkil qiladi. 2022-2026 yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasida, iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz taʼminlash hamda “yashil iqtisodiyot” texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etishga alohida eʼtibor qaratilgan. Yuqorida taʼkidlab oʻtilgan vazifalar ijrosini taʼminlash maqsadida, uzum turpasi asosida bioetanol BT_{II} yoqilgʻisini ishlab chiqarish va texnologiyani takomillashtirish boʻyicha ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish, dolzarb vazifalardan biri sanaladi.

Ushbu dissertatsiya tadqiqoti Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 28-iyuldagi PQ-5200-son “Uzumchilikni rivojlantirishda Klaster tizimini joriy etish, sohaga ilgʻor texnologiyalarni jalb qilishni Davlat tomonidan qoʻllab-quvvatlashning qoʻshimcha chora tadbirlari toʻgʻrisida”gi qarori, Oʻzbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018-yil 3-apreldagi 258-son “Sabzavot-polizchilik, bogʻdorchilik va uzumchilik yoʻnalishidagi fermer xoʻjaliklarining yer maydonlaridan foydalanish samaradorligini oshirish chora-tadbirlari toʻgʻrisida”gi qarorlari va boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yoʻnalishlariga mosligi. Tadqiqot ishlari Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining V. “Qishloq xoʻjaligi, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhit muhofazasi” ustuvor yoʻnalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning oʻrganilganlik darajasi. 2024 yilga kelib Oʻzbekiston Respublikasida 181 ming ga maydonga uzum ekish rejalashtirilgan boʻlib, mavsum

davomida 2 million tonna uzum yig'ish reja qilingan. Tahlil natijalariga ko'ra qayta ishlash hisobidan tahminan 400 ming tonna uzum turpi hosil bo'lishi kutilmoqda. Ligninsellyuloza, fermentativ gidroliz, hamirturush shtammlari bilan ishlash bo'yicha bir qator ishlar amalga oshirilgan bo'lib, hususan bioetanol ishlab chiqarish bo'yicha dunyoda E.A.Skiba, V.N.Lukyanin, O.V.Lebedev O.V.Baybakova, T.S.Kovaleva, G.F.Miranova, V.S.Saxa, A.S.Xachiyan va Respublikamiz olimlaridan A.Sh.Azizov, N.Sh.Mo'minov, Q.A.Sharipov, Sh.J.Imomov, R.K.Musurmonov, B.Raxmatov va boshqalar tomonidan soha bo'yicha ko'plab izlanishlar olib borilgan. Shunday bo'lsada, ligninselulozali bioetanol BT_{II} olishda ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi va soha bo'yicha amalga oshirilgan ilmiy tadqiqot ishlari yetarli emas deb sanaladi.

Bioetanolning ikkinchi avlodini ishlab chiqarish uchun ilgari ishlab chiqilgan (an'anaviy) texnologiyalarni tahlil qilish, gidroliz va alkogolli fermentatsiya bosqichlarida muhim muammolarni aniqlashga imkon beradi. Ularning yechimi sifatida, bioetanol – BT_{II} ishlab chiqarish texnologiyasi samaradorligini sezilarli darajada oshirish va bioetanolni sanoat texnologiyasida qo'llash shular jumlasiga kiradi.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqotlari Rossiya Federatsiyasi Qozon Federal universitetida Toshkent Davlat agrar universiteti bilan hamkorlikda O'zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Davlat xizmatlarini rivojlantirish Agentligi qoshidagi Mutaxassislarni xorijda tayyorlash va vatandoshlar bilan muloqot qilish bo'yicha "El-yurt umidi" jamg'armasi dasturi doirasida bajarilgan (Jamg'arma vasiylik kengashining 2019 yil 7 maydagi 9-son bayoni qarori, DR-2019-0011 raqamli sertifikat).

Tadqiqotning maqsadi. Bioetanol va lignogumin og'itlar olish imkonini beradigan uzum turpalari asosida, kompleks qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish orqali atrof-muhit va ekologiyaga salbiy ta'sirini kamaytirish.

Tadqiqotning vazifalari:

bioetanol BT_{II} ishlab chiqarish uchun uzum turpasini qayta ishlashning mavjud texnologiyalarini har tomonlama tahlil qilish;

spirtli bijg'ish jarayonining yaxshi borishi uchun talab qilinadigan shakar saqlovchi birikmalarning yuqori konversiya bilan chiqishini taminlash maqsadida, eksperimental-statistik modellashtirish metodologiyasi asosida multiferment kompleks (MFK) tarkibini ishlab chiqish;

bioetanol BT_{II} olish uchun *Saccharomyces cerevisiae* hamirturush shtammlarini tanlash;

uzum turpasi asosida yuqori konsentratsiyali bioetanol olishda fermentatsiya jarayoni uchun optimal oziq muhiti tarkibini ishlab chiqish;

fermentativ gidroliz va alkogolli bijg'itish jarayonlarining kombinatsiyalanish hususiyatlarini o'rganish, jarayon samaradorligini tahlil qilish asosida ferment-substrat va oziq muhiti tarkibining o'zaro ta'sirini ko'rib chiqish.

Tadqiqotning obyekti. Uzum turpasi "Meva-sharbat vinochilik eksperimental

unitar korxonada” tomonidan taqdim etilgan. Dissertatsiya ishida xom ashyo sifatida namligi 30% boʻlgan *pushti muskat, aleatiko, rkatsiteli, saperavi, soyaki* kabi aralash uzum navlarining presslanishidan qolgan uzum turpasi namunalari ishlatilgan. Uzum yigʻish jarayoni 2020 yil avgustdan noyabr oyigacha vinochilik eksperimental unitar korxonada tomonidan amalga oshirilgan (Toshkent viloyati, Toshkent tumani).

Tadqiqotning predmeti sifatida uzum turpasining kimyoviy gidroliz qilish hisobidan tarkibidagi lignin qismini yoʻq qilish, ferment preparatlari bilan sellyuloza qismiga ishlov berish orqali hamirturush shtammlari bilan bijgʻitish, bioetanol hajm konsentratsiyasini oshirish uchun sistemaga qoʻshimcha ferment substrat kiritishning taʼsiri olingan.

Tadqiqotning usullari. Multif ferment kompleks (MFK) ni ishlab chiqish usuli, ligninsellyuloz xom-ashyoni samarali biokonversiya qila oladigan ferment preparatlardan foydalanishga qaratilgan. Ish jarayonida bioetanol olish uchun ishlab chiqilgan MFK va oziq muhiti kompozitsiyalari ehtimoliy nazariya asosida matematik modellar hisob kitobiga koʻra tashkil qilingan, fermentativ gidroliz va alkagolli bijgʻish jarayonlarini amalga oshirishning bir bosqichli texnologik yechimlari ishlab chiqilgan, substrat namligini aniqlashda MV-23 analizatoridan foydalanilgan, muhitning faol kislotaligi I-160MI ionometri tomonidan, reaksiya massasi tarkibidagi shakar tahlili MiniSpin 5452 sentrafugasi va UniCo UV-2804 spektrofotometri yordamida, quruq moddalar miqdori ED-23 quritish shkafi orqali aniqlangan, tajriba davomida bioetanol konsentratsiyasi GOST 3639-79 «Растворы водно-спиртовые методы определения концентрации этилового спирта» va GOST 32039-2013 «Водка и спирт этиловый из пищевого сырья Газохроматографический метод определения подлинности» talablariga muvofiq aniqlangan, eksperimental tadqiqot natijalari bir qator tajribalar asosida Mathcad va Statsoft Statistica dasturiy taminoti yordamida ishlangan. Tadqiqot ishi Qozon Federal universitetining “Neft, gaz va uglerod materiallari” kafedrasiga qarashli eksperimental static modellashtirish laboratoriyasida, shuningdek, “Neft, gaz, bitum materiallari va uglerod energiyasi texnologiyalari” ilmiy-tadqiqot markazida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ilk bor uzum turpasi asosida bioetanol BT_{II} ishlab chiqarishning kompleks texnologiyasini batafsil tahlil qilish amalga oshirilgan;

nitrat kislota yordamida xom-ashyoga oldindan ishlov berish orqali Bioetanol BT_{II} olish texnologiyasini optimallashtirishda oʻsish muhiti va MFK tarkibini ishlab chiqish, fermentativ gidroliz va alkagolli bijgʻish jarayonlarining samaradorligini oshirish maqsadida, matematik modellashtirish va uchburchakli 3D diagrammalari ishlab chiqilgan;

tajribada BT_{II} bioyoqilgʻi ishlab chiqarish jarayonida sellyulaz faolligini namoyon qila oluvchi *Saccharomyces* oilasiga mansub Y-1693 hamirturush shtammlaridan foydalanish yuqori samara berishi isbotlangan;

ammoniy sulfat, kaliy monofosfat, xamirturush ekstrakti, kaltsiy xlorid, magniy sulfat, benzilpenitsillin kabi aktivator va minerallar bilan boyitilgan oziq

muhitining tarkibi fermentatsiya jarayonida samarali natija berishi aniqlangan;

ilk bor fermentativ gidroliz va alkagolli bijg'ishning kombinatsiyalangan jarayoni ishlab chiqilib, uzum turpalari asosida vujudga keladigan shakarli moddalar va bioetanol BT_{II} samaradorligini tahlil qilishda uchburchakli 3D diagrammalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari:

Bioetanol BT_{II} ishlab chiqarishning kombinatsiyalangan jarayonida termotolerantlik xususiyatini namoyon eta oladigan hamirturush shtammlari bilan bir qatorda, uzum keki asosida shakar birikmalarini samarali konversiya qila oluvchi MFK tarkibi ishlab chiqilgan;

BT_{II} bioetanol olishda kompleks yondashuv ishlab chiqilgan bo'lib, texnik yechimlarning yangiligi Rossiya Federatsiyasi tomonidan ixtiroga patent orqali tasdiqlangan (RU 2 790 726 C1 "Способ получения биоэтанола из виноградной выжимки" 28.02.2023 г. Бюл. № 7, МПК C12P 7/10, C12P 7/06);

uzum turpasi asosida ishlab chiqilgan MFK va hamirturush shtammlari ishtirokida biomassa konversiyasi samaradorligi, alkagolli bijg'ish jarayonida olinadigan bioetanol BT_{II} hajm konsentratsiyasini 2,5 dan 5,5 % vol. gacha oshishiga erishilgan;

bioetanol chiqish konsentratsiyasi 66,3 % massani tashkil qilib, uzum turpasi biomassasiga nibatan 16,9 dal/tonnani tashkil qilgan va bioetanolning hajm konsentratsiyasini 2,2 barobarga oshirishga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati uzum turpasi asosida bioetanol BT_{II} ishlab chiqarishning kompleks texnologiyasini batafsil tahlil qilish amalga oshirilganligi, fermentativ gidroliz va alkagolli bijg'ishning kombinatsiyalangan jarayoni ishlab chiqilib, uzum turpalari asosida vujudga keladigan shakarli moddalar va bioetanol BT_{II} samaradorligini tahlil qilinganligi, tajribada BT_{II} bioyoqilg'isini olish jarayonida selulaz faolligini namoyon qila oluvchi *Saccharomyces* oilasiga mansub Y-1693 hamirturush shtammlaridan foydalanish yuqori samara berishi aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati BT_{II} bioetanol olish uchun kombinatsiyalangan jarayonda termotolerantlik hususiyatini nomoyon qila oluvchi hamirturush shtammlari bilan bir qatorda uzum turpalari asosida shakarli birikmalarni samarali konversiya qila oluvchi MFK tarkibi ishlab chiqilganligi, BT_{II} bioetanol olishda kompleks yondashuv ishlab chiqilgan bo'lib, texnik yechimlarning yangiligi Rossiya Federatsiyasi tomonidan ixtiroga patent orqali tasdiqlanganligi, bioetanol chiqish hajmi 66,3 % massani tashkil qilib, uzum turpasi biomassasiga nibatan 16,9 dal/tonnani tashkil qilganligi va bioetanolning hajm konsentratsiyasini 2,2 barobarga oshirishga erishilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot mavzusi bo'yicha nazariy kuzatuv va laboratoriya tajribalarining muntazam aprotatsiya ko'rigidan o'tkazilganligi; ilmiy hisobotlarning muhokama etilganligi; tajriba ma'lumotlariga matematik-statistik ishlov berilganligi; tadqiqot natijalarining xorijda va respublikada o'tkazilgan nufuzli ilmiy-amaliy konferensiyalarda, innovatsion yarmarkalarda muhokama qilinganligi, ilmiy nashrlarda maqolalar chop etilganligi

bilan isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Uzum keki asosida ikkinchi avlod bioetanol ishlab chiqarish uchun ekologik xavfsiz kompleks texnologiyani ishlab chiqish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalari asosida:

Uzumni qayta ishlash korxonalarida chiqindi sifatidagi turpasi asosida ikkinchi avlod bioetanol ishlab chiqarish ishlanmasi Jizzax viloyati, Zomin tumani, "Zomin Uzumzorlari Maydonlari" MCHJ da 1 tonna uzum chiqindisiga nisbatan joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligining 2024 yil 15 yanvardagi 06/27-06/69-sonli ma'lumotnomasi). Natijada rentabellik 170% ni tashkil etgan.

Uzumni qayta ishlash korxonalarida chiqindi sifatidagi turpasi asosida ikkinchi avlod bioetanol ishlab chiqarish ishlanmasi Toshkent viloyati, Toshkent tumani "Meva-sharbat vinochilik eksperimental unitar korxonasi" ga 1 tonna uzum chiqindisiga nisbatan joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligining 2024 yil 15 yanvardagi 06/27-06/69-sonli ma'lumotnomasi). Natijada rentabellik 170% ni tashkil etgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot ishining natijalari Qozon Federal universiteti hamda Toshkent davlat agrar universiteti ilmiy metodik kengashi tomonidan aprobatsiyadan o'tkazilib, ilmiy natijalar Respublika va xorijda tashkil etiladigan jami 12 ta ilmiy-amaliy konferensiyalarda muhokamalardan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 24 ta ilmiy ish, shundan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiyasi komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta maqola (shundan 5 tasi xorijiy) va 1 ta ixtiroga patent olingan. 12 ta maqola va tezislari (shundan 10 tasi xalqaro) ilmiy-amaliy konferensiyalar materiallari to'plamida nashr qilingan.

Dissertatsiya hajmi va tuzilishi. Dissertatsiya tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan tashkil topgan. Dissertatsiya ishining hajmi 116 sahifani tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

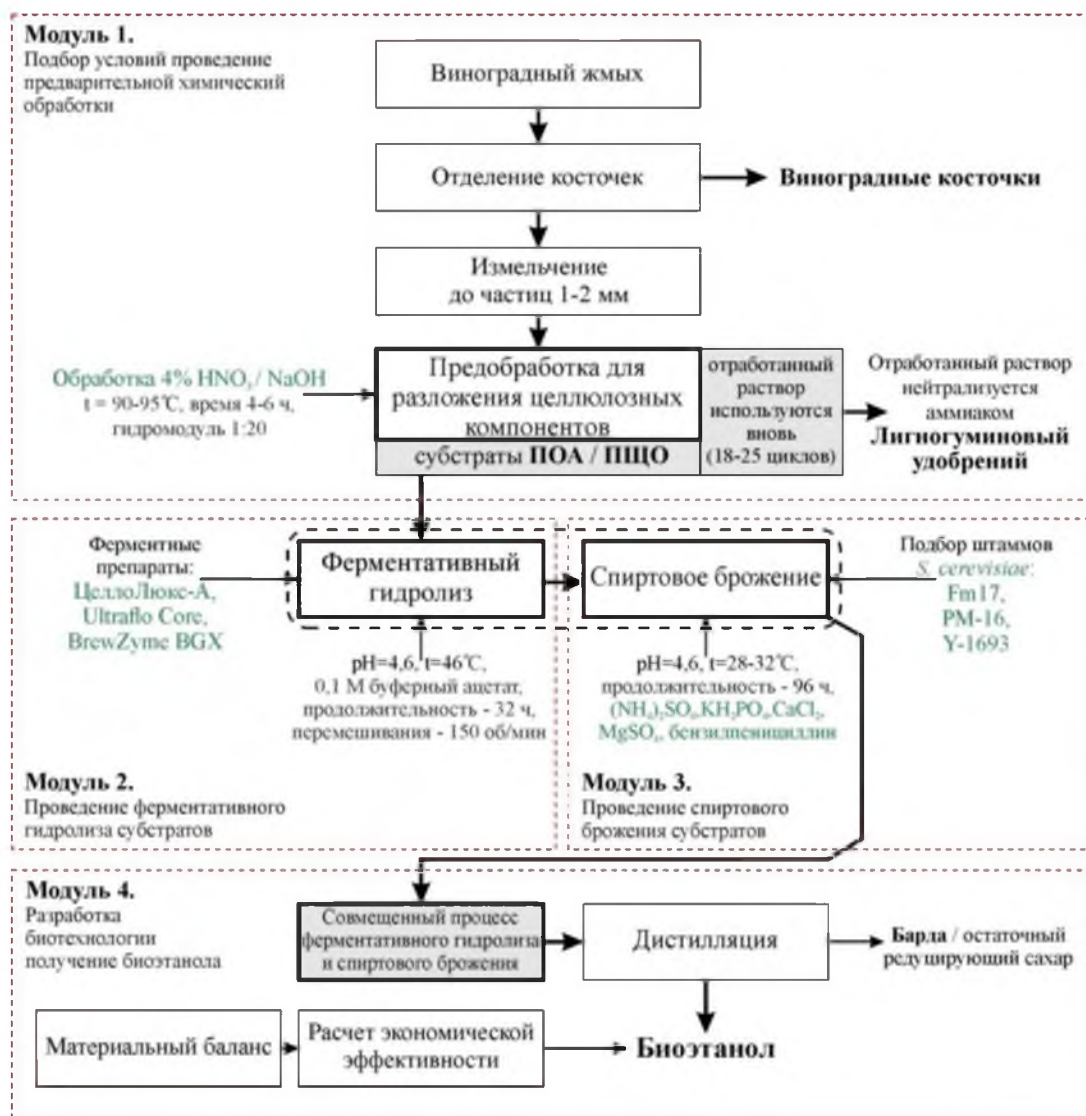
Kirish qismida dissertatsiya ishining dolzarbligi asoslangan, tadqiqot ishining maqsad va vazifasi, ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati shakllantirilgan.

Birinchi bobda lignosellyuloz xom ashyodan bioetanol ishlab chiqarishning mavjud texnologiyalari haqida umumiy ma'lumot berilgan; bioetanolning zamonaviy bozori tasvirlangan; uzum va vino ishlab chiqarish mahsulotlarining xususiyatlari va kimyoviy tarkibi berilgan; ikkilamchi mahsulotlarni qayta ishlashning asosiy yo'nalishlari keltirilgan. Ushbu bobda fermentatsiya jarayoni uchun sellyulozali xom-ashyoni biokonversiya qilish usullari; biokonversiya jarayonida ishtirok etadigan ferment turlari; bioetanol BT_{II} olish texnologiyasining konfiguratsiyalari ko'rib chiqilgan.

Ikkinchi bobda tadqiqot davomida ishlatilgan xom-ashyo va uni oldindan qayta ishlash mahsulotlari (substratlar), ferment preparatlari, bioetanol BT_{II}

синтезловчилар тавсифи ва аналитик услублар ко‘рсатиб о‘тилган. Shuningdek, 1-rasmda uzum turpasi asosida maqsadli mahsulotlar olish jarayonining sxemasi keltirib o‘tilgan.

Uchinchi bobda eksperimental qism va tadqiqotlar natijalari muhokama qilinadi. “*Fermentativ gidroliz jarayonining samarali borishi uchun uzum turpasini oldindan kimyoviy qayta ishlash samaradorligini baholash*”. Fermentativ gidroliz jarayonining samaradorligini oshirish uchun uzum turpasi nitrat kislotasi va natriy gidroksid bilan oldindan kimyoviy usul bilan ishlov beriladi. Tajriba natijalari 1-jadvalda keltirib o‘tilgan. Nitrat kislotasi bilan ishlov berilgan uzum turpasiga POA va natriy gidroksid bilan ishlov berilgan xom-ashyoga PSHO deb nom beriladi.



1-рasm. Uzum turpi asosida bioetanol olish texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha eksperimental tadqiqot usullarining tarkibiy va uslubiy sxemasi.

Olingan tahlil natijalariga ko‘ra, fermentativ gidroliz jarayoni uchun POA substrati tanlandi. Buni nitrat kislotaning o‘yuvchi natriyga nisbatan ijobiy ta‘siri bilan izohlash mumkin. Bunda, nitrat kislotasi yordamida xom ashyodan gidrolizlanmaydigan ligninni olib tashlash va fermentativ gidroliz jarayonining samarali borishi uchun sellyuloza konsentratsiyasini oshirish shular jumlasiga kiradi.

Uzum turpasi xom ashyosini oldindan qayta ishlash va olingan mahsulotlarning tarkibiy qismlari 2020-2022 yy. (n=3)

Miqdori	Tadqiqot ob'ekti, massa bo'yicha %		
	Uzum turpasi	Substratlar	
		POA	PSHO
Polisaxaridlar, shu jumladan α -selluloza	43,0 \pm 1,0	76,8 \pm 0,1	78,6 \pm 0,1
Ligninga o'xshash moddalar	37,0 \pm 0,1	6,2 \pm 0,1	6,5 \pm 0,1
Pentozanlar	15,9 \pm 0,1	13,0 \pm 0,1	12,2 \pm 0,1
Azotli moddalar	1,5 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1
Kul qoldig'i	2,6 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1
Xom ashyoning chiqishi %	100	46,3 \pm 0,1	44,7 \pm 0,1

Izoh: POA – nitrat kislota bilan ishlov berishdan olingan mahsulot; PSHO – natriy gidroksid bilan ishlov berishdan olingan mahsulot.

“Fermentativ gidroliz jarayoni uchun ko‘p fermentli kompleks tarkibini eksperimental-statistik modellashtirish”. Uchburchak diagrammalar (uchlik grafik bog‘liqliklar) yordamida yuqori samarali volumetric matematik modellashtirishdan foydalanilgan holda yangi kompozitsiyalar ishlab chiqildi. Bular: MFK (multiferment kompleks) va bioetanol BT_{II} ishlab chiqarish uchun uzum turpasi biomassasining fermentativ gidroliz va spirtli bijg‘ish jarayonlarining borishi uchun oziq muhiti tarkibi. Tajribada Tsellolyuks-A, Ultraflo Core, BrewZyme BGX kabi ferment preparatlarning fermentativ gidroliz jarayoniga ta’siri o‘rganildi. Birinchi bosqichda ferment preparatlarning optimal nisbati aniqlandi. Buning uchun MFK uch komponentli aralashma sifatida ko‘rib chiqildi va quyidagi shartlarni qondirishi ko‘zda tutildi (1):

$$[a + b + c = 1], \quad (1)$$

bu yerda, a, b, c – Tsellolyuks-A, Ultraflo Core, BrewZyme BGX kabi ferment preparatlarining nisbiy konsentratsiyasi.

Uni aniqlash uchun quyidagi nisbatlardan foydalaniladi (2):

$$a = \frac{(A - A_{min})}{(A_{max} - A_{min})}; \quad b = \frac{(B - B_{min})}{(B_{max} - B_{min})}; \quad c = \frac{(C - C_{min})}{(C_{max} - C_{min})} \quad (2)$$

bu yerda, A, B, C – MFK tarkibiga kiruvchi ferment preparatlari konsentratsiyasi: Tsellolyuks-A, Ultraflo Core, BrewZyme BGX, (mg/g substrat);

$A_{max}=40$ mg/g; $B_{max}=50$ mg/g; $C_{max}=100$ mg/g – bu MFK tarkibiga kiruvchi ferment preparatlarining maksimal konsentratsiyasi;

$A_{min}, B_{min}, C_{min} = 0$ mg/g – esa MFK tarkibidagi ferment preparatlarning minimal konsentratsiyasi.

Fermentativ gidroliz jarayonida kompleks fermentlarning gidrolitik xususiyatlarini aniqlash, biomassaning parchalanishi natijasida hosil bo‘lgan jamg‘aruvchi shakar moddalarning to‘planish dinamikasiga muvofiq amalga oshiriladi. MFKni modellashtirish natijasi, gidroliz jarayonida to‘plangan jamg‘aruvchi shakar moddalar konsentratsiyasi miqdori bilan belgilanadi (3). Ushbu jarayon substratga ta’sir qiluvchi MFK tarkibiga bog‘liq. Quyidagi tenglama asosida gidroliz jarayonida to‘plangan jamg‘aruvchi shakar moddalar

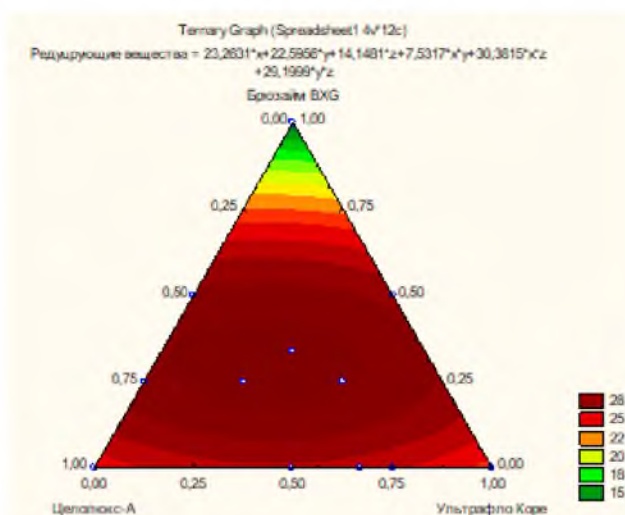
konsentratsiyasi aniqlanadi:

$$K = 23,3a + 22,6b + 14,1c + 7,5ab + 30,4ac + 29,2bc \quad (3)$$

Bu yerda K – jamg‘aruvchi shakar moddalarning yakuniy konsentratsiyasi g/l.

Natijada, (1) shartni hisobga olgan holda, kamayuvchi gradient usuli bilan optimallashtirish orqali fermentativ gidroliz jarayonida to‘planadigan jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasini maksimal miqdorda, ferment preparatlari miqdorini quyidagi nisbatda olganda (mg/g), oshirishga erishildi: Tsellolyuks-A – 20, Ultraflo Core – 12,5, BrewZyme BGX – 25. Umumiy massa substratga nisbatan 57,5 mg/g ni tashkil qildi.

Topilgan nisbat, jamg‘aruvchi shakar moddalar konsentratsiyasini 1,95 baravar oshirishga imkon berdi. Jamg‘aruvchi shakar moddalar konsentratsiyasiga MFK ning ta’siri 2-rasmdagi uch o‘lchamli grafik yordamida tahlil qilindi. Tajriba natijalari 2-jadvalda keltirib o‘tilgan. MFK tarkibidagi ferment preparatlarining optimal nisbati topilgach, gidroliz jarayonida to‘planadigan jamg‘aruvchi shakar moddalari va glukozaning miqdorini oshirish maqsadida MFK turli konsentratsiyalarda ta’sir ettirilib, gidroliz kinetikasini o‘rganish o‘tkazildi.



2-rasm. MFK va jamg‘aruvchi shakar moddalar miqdorini aniqlashning uch o‘lchamli grafigi

Fermentativ gidroliz jarayonida substratni tez va samarali biokonversiya qilish uchun ko‘p fermentli kompleks tarkibi ishlab chiqildi. MFK miqdori 57,5 dan 115 mg/g gacha ko‘tarilganda, gidroliz jarayonida hosil bo‘ladigan glyukoza miqdori 11,8 % ga oshishiga erishildi. Shuni ham ta’kidlash kerakki, MFK konsentratsiyasining 2 baravarga ko‘payishi fermentativ gidroliz paytida reaksiya massasining hosil bo‘lish tezligini bir necha baravarga tezlashtiradi.

“*Saccharomyces cerevisiae* alkogolli xamirturush shtammlarini tanlash”.

Ishda *S. cerevisiae* hamirturushining uchta shtammi ishlatilgan: Y-1693, Fm17, PM-16.

S. cerevisiae Y-1693 optimal o‘shish harorati 28 °C. Shtammning o‘ziga xos xususiyati gidrolizatlarga qarshilikdir.

S. cerevisiae Fm17 optimal o‘shish harorati 32-38 °C. Shtammning o‘ziga xos

xususiyati ingibitorlarga yuqori qarshilik, termotolerantlik (40 °C), osmofillik (27 % quruq modda).

S. cerevisiae PM-16 optimal o‘shish harorati 28-30 °C. Shtammning o‘ziga xos xususiyati osmofillik (27 % quruq modda).

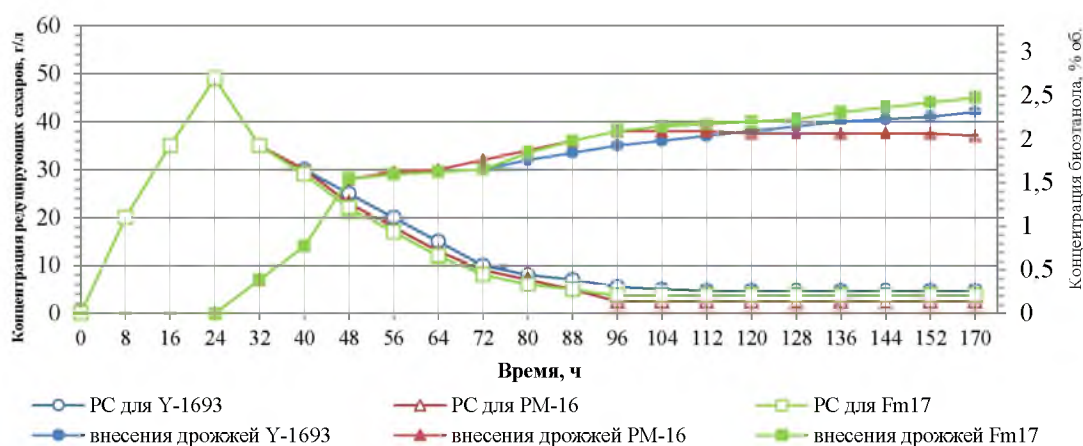
2-jadval

Fermentativ gidroliz jarayoni uchun MFK nisbatini ishlab chiqish sxemasi

Namuna	Ferment preparatlarning nisbati, mg/g			Jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasi g/l
	FP-1 «Tsellouks-A»	FP-2 «Ultraflo Core»	FP-3 «BrewZyme BGX»	
FP-1	40	-	-	23,1
FP-2	-	50	-	24,1
FP-3	-	-	100	14,2
FP-1+FP-2	20	25	-	26,5
	30	12,5	-	26,2
FP-1+FP-3	20	-	50	26,3
	10	-	75	19,3
FP-2+FP-3	-	25	50	25,3
	-	37,5	25	24,5
FP-1+FP-2+FP-3	10	25	25	27,5
	13,6	16,5	33	27,6
	20	12,5	25	27,7

Shtammlar uchta tajriba asosida, fermentativ gidroliz va alkogolli bijg‘itishning birlashtirilgan jarayonida xamirturush sifatida alohida-alohida qo‘llanilgan. Eng yuqori qiymatlarga ega bo‘lgan xamirturush hujayralari soni, barcha tajribalarda fermentatsiyaning ikkinchi kunida sodir bo‘lgan. PM-16 tajribada 35,0 mln. KOE/ml (kultura 27 %), Fm17 33,8 mln. KOE/ml (kultura 24 %) va Y-1693 52,5 mln. KOE/ml (sof kultura 26 %) hosil qilgan. Fermentatsiyaning 7-kunida birinchi tajribadagi xamirturush hujayralari soni 11,5 mln. KOE/ml gacha kamaygan (ko‘payish tezligi 13 %), ikkinchi tajribada esa xuddi shu darajada qolgan 33,8 mln. KOE/ml (ko‘payish tezligi 23 %), uchinchisida esa – 50,1 mln. KOE/ml (ko‘payish tezligi 20 %). PM-16 va Fm17 xamirturushlari Y-1693 nazorat shtammidan bir oz kamroq natija qayd etdi. Ammo faol va gidrolizlanadigan muhitga chidamliligi bilan ajralib turdi.

Fermentatsiya jarayonining 3-kunida bioetanol konsentratsiyasi barcha 3 shtamm uchun hajmiy konsentratsiya bo‘yicha 1,7-2,0 % vol. ni tashkil etdi. Farq fermentatsiya jarayonining oxirida paydo bo‘ldi: tajribada PM-16 – 2,0 % vol., Fm17 tajribasida 2,5 % vol., Y-1693 nazorat shtammi tajribada 2,3 % vol. tashkil qildi. Tajriba natijalariga ko‘ra, Fm17 shtammi *Saccharomyces* sinfiga mansub boshqa shtamlarga nisbatan aniq ustunlikni ko‘rsatdi. Shu bilan birga, Y-1693 shtammi o‘zining xususiyatlari bilan Fm17 dan kam emasligini nomoyon qildi. Shuning uchun keyingi tajribalarda spirtli fermentatsiya jarayoni uchun, Y-1693 shtammi qo‘llanildi. 3-rasmda fermentativ gidroliz va alkogolli bijg‘ish jarayonlarining davomiyligiga qarab, uchta tajribada asosida, vaqt oralig‘i davomida to‘planadigan jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasi va etanolning hajm konsentratsiyalarining natijalari keltirib o‘tilgan.



3-рasm. Jamg‘aruvchi shakar moddalar va bioetanol hajm konsentratsiyasining fermentatsiya jarayoni davomiyligiga bog‘liqligi

“Bioetanolning maksimal miqdorini olish uchun fermentatsiya jarayoniga oziq muhiti tarkibini ishlab chiqish”. Tajribada, ammoniy sulfat, kaliy monofosfat kabi mineral moddalar va xamirturush ekstraktining ta’siri o‘rganildi. Ushbu tarkibiy qismlarga qo‘shimcha ravishda, oziq muhiti tarkibiga quyidagilar kiritildi: magniy sulfat (1 g/l) va kaltsiy xlorid (0,2 g/l), ularning konsentratsiyasi barcha tajribalar uchun doimiy edi. Bioetanol hosildorligi 48,84 % dan 76,87 % gacha o‘zgarishi aniqlandi. Tajribalar natijalari 3-jadvalda keltirib o‘tildi.

3-jadval

Spirтли bijg‘itish jarayonida bioetanolning maksimal miqdorini olish uchun oziq muhit tarkibini shakllantirish natijalari

Mineral qo‘shimchalar va fermentatsiya faollashtiruvchilari	Tajriba tartib raqami									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(NH ₄) ₂ SO ₄ , g/l	0	4	0	4	2	0	2	2	2	2
KH ₂ PO ₄ , g/l	0	4	4	4	2	2	2	4	2	0
CaCl ₂ , g/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MgSO ₄ , g/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Xamirturush ekstrakti, g/l	0	20	20	0	20	10	0	10	10	10
<i>Ko‘rsatkichlar</i>										
Tezlik konstantasi yo‘qoldi CC·10 ³ , soat ⁻¹	50,01	49,72	49,51	50,30	49,63	50,40	50,03	49,71	50,22	50,60
Kamaytiruvchi shakar moddalarining qoldiq konsentratsiyasi, g/l	9,91	10,63	11,12	9,21	10,92	8,83	10,04	10,60	9,43	8,41
Bioetanol konsentratsiyasi, % vol.	2,22	1,62	1,72	2,10	2,20	2,30	2,35	2,41	2,48	2,55
Bioetanolning chiqishi, %	66,92	48,84	51,85	63,31	66,32	69,33	70,84	72,65	74,76	76,87

Optimallashtirish muammosini hal qilish natijasida bioetanolning maksimal rentabelligi va konsentratsiyasiga erishish uchun quyidagi omillarning boshlang‘ich konsentratsiyasini ta’minlash kerakligi aniqlandi: ammoniy sulfat – 1,90 g/l; kaliy monofosfat – 0,78 g/l; xamirturush ekstrakti – 6,77 g/l. ko‘rsatilgan dastlabki konsentratsiyalarda bioetanol hosildorligi 79,88 % ni tashkil qiladi, bu nazorat tajribaga nisbatan 12,96 % ga oshadi degani. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, oziq muhiti tarkibiga menereal moddalar va

aktivatorlarni kiritish orqali (76,87 % massa gacha) bioetanol ishlab chiqarish hajmini oshirish imkoniyati yaratiladi.

“Fermentativ gidroliz va alkogolli bijg‘itish jarayonlarining kombinatsiyalangan holatda borishini aniqlash”. Tajriba 46 °C haroratda MFK (2-jadval) ishtirokida gidroliz jarayonida kamaytiruvchi shakar moddalarining miqdori 84% ga yetguniga qadar amalga oshiriladi. Shundan so‘ng, spirtli bijg‘itish jarayonini amalga oshirish uchun fermenterdagi reaksiya massasi 28 °C haroratgacha sovuq kerak. Fermentativ gidroliz davomiyligini aniqlash 8 soatdan 72 soatgacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida amalga oshiriladi. Nazorat tajribasi, bu tajriba uchun 72 soat deb belgilanadi. Tadqiqot natijalari 4-jadvalda keltirib o‘tilgan.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari bioetanol ishlab chiqarish jarayonining samaradorligini quyidagi ko‘rsatkichlar bilan tavsiflash mumkinligini ko‘rsatadi: gidroliz davomiyligi 16-32 soat; xamirturushni qo‘llash paytida jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasi 24,7-32,6 g/l; xamirturushni qo‘llashdan oldin tsellyuloza va gemisellyulozalarining gidrolizlanish darajasi 40,0-52,9 %; bioetanol konsentratsiyasi hajm jihatdan 1,4-1,8 % vol; bioetanol BT_{II} chiqishi 41,2-53,0 % ni tashkil qiladi. 4-rasmda fermentativ gidroliz va alkogolli bijg‘ish jarayonlarining grafik bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

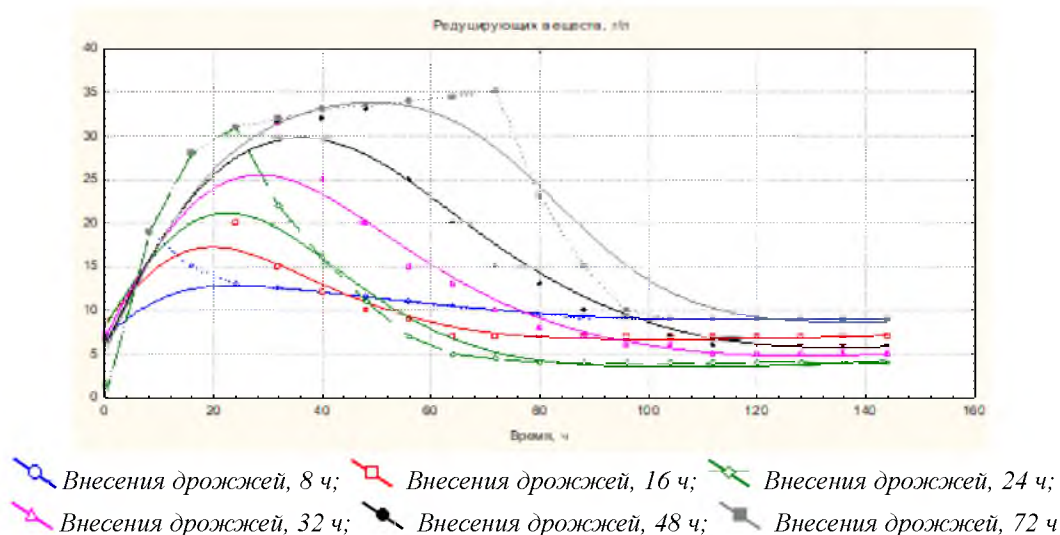
4-jadval

Bioetanol BT_{II} biokonversiya jarayonining samaradorligi

Umumiy parametrlar	Fermentativ gidrolizning alohida bosqichining davomiyligi, soat					
	8	16	24	32	48	72
Xamirturushni qo‘llash paytida jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasi, g/l	17,5	24,7	31,1	32,6	34,4	34,6
Xamirturushni qo‘llashdan oldin sellyuloza va gemisellyulozalarining gidroliz darajasi, %	23,4	40,0	50,4	52,9	55,8	57,1
Spirtli fermentatsiyadan keyin jamg‘aruvchi shakar moddalarining qoldiq konsentratsiyasi, g/l	9,1	7,6	5,6	5,6	5,8	9,1
Bioetanol konsentratsiyasi, % hajm	0,9	1,4	1,9	1,8	1,7	1,5
Bioetanol chiqishi, %	26,5	41,2	55,9	53,0	50,1	44,2
Uzum turpasiga nisbatan bioetanolning chiqishi, dal/t	6,7	10,4	14,2	13,4	12,7	11,2

Fermentativ gidroliz jarayonini spirtli bijg‘itish bilan birlashtirganda 4-rasmda, optimallashtirish parametri sifatida jarayonlarning minimal umumiy davomiyligi hisobga olindi. Bunda bioetanolning substrat massasidan chiqishi kamida 45 % ni tashkil qiladi. Optimallashtirish muammosi umumlashtirilgan kamayuvchi gradient usuli bilan hal qilinadi.

Bioetanolning kerakli rentabelligiga erishish uchun ikkita jarayonning minimal davomiyligi 72 soatni tashkil qiladi. Xamirturush, fermentativ gidroliz boshlanganidan 24 soat o‘tgach tizimga kiritilishi mumkin, chunki bu vaqt oralig‘ida substrat tarkibidagi sellyuloza va gemisellyuloza jamg‘aruvchi shakar moddalariga aylanadi. Fermentativ gidroliz va alkogolli bijg‘itish bosqichlarini birlashtirishning eng maqbul vaqti, gidrolizlanadigan substratning 84 % ga to‘g‘ri keladi.



4-рasm. Jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasini gidroliz jarayonining davomiyligiga bog‘liqligi: nuqtalar – eksperimental ma‘lumotlar; chiziqlar – nazariy

“Uzum turpasi asosida bioetanol olish texnologiyasida reaksiya massasi tarkibiga qo‘shimcha ferment-substrat qo‘shish uslubini ishlab chiqish”. Tadqiqot davomida 4 ta tajriba asosida reaksiya massasi tarkibi qo‘shimcha ferment-substrat kiritish orqali amalga oshirildi. Bunda: 90, 120, 150 g/l miqdordagi substratlar va qo‘shimchasiz 60 g/l substrat ustida tajribalar amalga oshirildi. Tajribalar 11 litr hajmli fermenterda amalga oshirildi. Barcha tajribalarning boshlang‘ich konsentratsiyasi 60 g/l ni tashkil etdi. Bunda substrat bilan bir vaqtda substratning bir qismi uchun mo‘ljallangan MFK ham kiritildi. 2-tajribada gidroliz jarayoni boshlanganidan so‘ng 4 soat vaqt o‘tib reaksiya massasi tarkibiga 30 g/l qo‘shimcha ferment-substrat qo‘shish orqali amalga oshirildi. 3-tajribada dastlab birinchi 30 g/l portsiya 4 soatdan so‘ng, keyingi 30g/l portsiya yana 4 soat vaqt o‘tib reaksiya massasi tarkibiga kiritildi. 4-tajribada oldingi tajribalarga nisbatan bir oz farqli ravishda, dastlabki ikkita qo‘shimcha portsiya har 4 soat davomida 30 g/l dan qo‘shildi. Ohirgi uchinchi portsiya, ikkinchi bor qo‘shilgan portsiyadan 8 soat o‘tib reaksiya massasi tarkibiga kiritildi. Shunda 4-tajriba uchun qo‘llanilgan qo‘shimcha ferment-substrat bilan oziqlantirish me‘yori 4, 8 va 16 chi soatlarni tashkil qildi. Tajribalar natijalari 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval

Fermentatsiya jarayoni uchun qo‘shimcha ferment-substrat kiritish samaradorligini baholash

Umumiy parametrlar	Substratning umumiy konsentratsiyasi, g/l			
	60	90	120	150
Jamg‘aruvchi shakar moddalarining konsentratsiyasi, g/l	44,5	62,8	83,4	105,8
Glyukoza konsentratsiyasi, g/l	258	40,5	53,9	74,5
Jamg‘aruvchi shakar moddalarining qoldiq konsentratsiyasi, g/l	4,6	4,0	7,2	6,5
Bioetanol konsentratsiyasi, % vol.	2,5	3,4	4,1	5,5
Bioetanol chiqishi, %	75,4	70,3	61,8	66,3
Jarayonning umumiy vaqti, soat	112	116	120	128

Tajriba davomida shuni ko'rish mumkinki, agar substrat hajmini 60 g/l dan 90 g/l ga oshirilsa tajriba so'ngida bioetanolning chiqishi 5,1 % ga kamayadi. Shu bilan birga, agar substrat hajmi 120-150 g/l miqdorda qo'llanilsa bioetanolning konsentratsiyasi yana 4-8,5 % ga qo'shimcha qisqarishi kuzatildi. Ammo, shuni e'tiborliki reaksiya massasi tarkibini 150 g/l ga oshirilganda tajriba so'ngida hosil bo'ladigan bioetanolning hajmiy ulishi qolganlariga nisbatan sezilarli darajada oshishiga erishiladi.

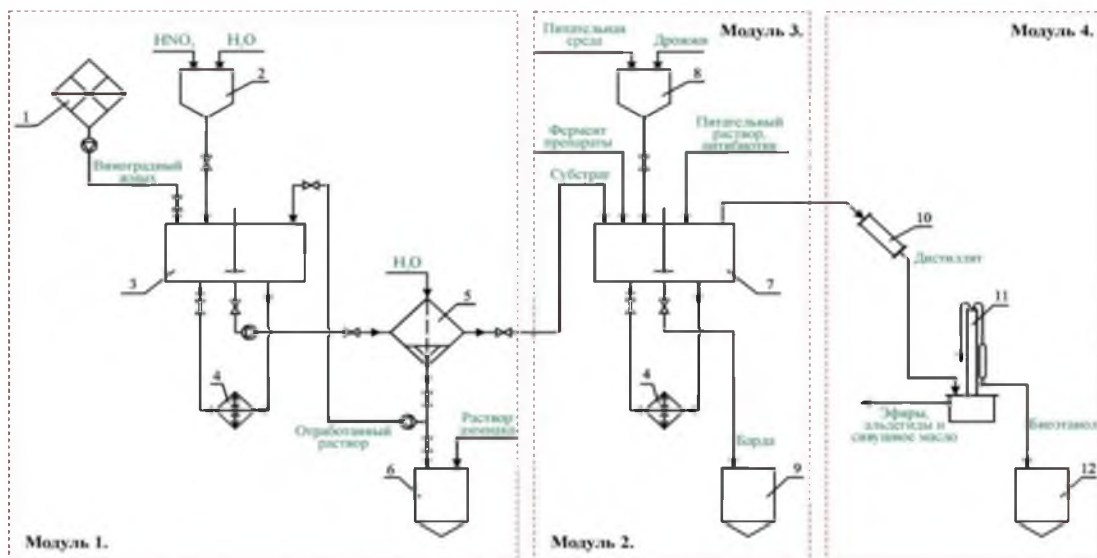
Amalga oshirilgan tajribalarda fermentativ gidroliz va spirtli bijg'itish jarayonlari bitta fermenter orqali amalga oshiriladi. Bu reaksiya massasi tarkibiga qo'shimcha ferment-substrat kiritish imkonini beradi. Natijada, reaksiya massasi tarkibini qo'shimcha ferment-substrat bilan oziqlantirishda aralashtirish bilan bog'liq muammolarni kelib chiqishiga yo'l qo'yilmaydi. Ushbu tizim barcha tajribalar uchun qo'shimcha oziqlantirish rejimini ishlab chiqish imkonini beradi.

4-tajribani (substratning eng katta yuklanishi) 1-tajriba bilan taqqoslaganda (substratning qo'shimcha ta'minotisiz), quyidagi xulosaga kelish mumkin: reaksiya massasi tarkibini 2,5 barobarga oshirish; hosil bo'ladigan bioetanol hajmiy konsentratsiyasini 2,5 % vol. dan 5,5 % vol. ga oshishiga olib keladi.

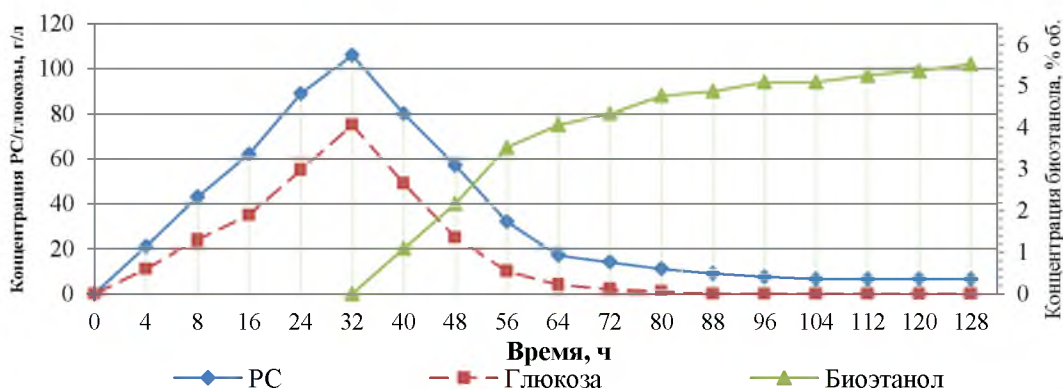
To'rtinchi bobda *“Uzum kekidan bioetanol ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish va hisoblash”* deb nomlanib, 250 litr hajmdagi qurilmada, substrat (xom ashyoni nitrat kislota bilan oldindan ishlov berish mahsuloti) olish bosqichi mavjudligi bilan tavsiflanadigan uzum turpidan bioetanol BT_{II} ishlab chiqarishning tajriba-sanoat jarayonini loyihalash natijalari keltirilgan. Optimallashtirilgan barcha tajriba bosqichlarini inobatga olgan holda, fermentativ gidroliz va alkogolli bijg'itish jarayonlari 63 litrlik reaktorda amalga oshiriladi. Ish jarayonida reaksiya massasi tarkibiga qo'shimcha ferment-substrat kiritish orqali amalga oshiriladi (150 g/l substrat). Ishda shuningdek tanlangan MFK va optimallashtirilgan oziq muhiti tarkibi qo'llaniladi. Hamirturush ekish vaqti sellyuloza va gemisellyulozalarining gidrolizlanish darajasini hisobga olgan holda aniqlanadi. Etanol ishlab chiqaruvchisi sifatida *S. cerevisiae* Y-1693 shtammi ishlatiladi. 5-rasmda ushbu tadqiqot jarayoni borishining texnologik sxemasi taqdim etilgan.

Eksperiment davomida jamg'aruvchi shakar moddalar, glyukoza va bioetanol konsentratsiyasining o'zgarishi 6-rasmda ifodalangan. Bunda bioetanolning hajmiy konsentratsiyasi 5,5 % vol. ni tashkil qiladi. Bioetanol hosildorligi 66,3 % bo'lib, uzum turpasiga nisbatan ulushi 16,9 dal/t tashkil qiladi.

Substratning barcha qismlari reaktorga kiritilganda, reaksiya massasi tarkibidagi quruq moddalar miqdori ortadi. Hamirturush shtammlari tizimga kiritilgandan so'ng, reaksiya massasi tarkibidagi quruq moddaning konsentratsiyasi pasaya boshlaydi. Oziq muhiti tarkibida mavjud bo'lgan jamg'aruvchi shakar moddalar hamirturush shtammlari tomonidan iste'mol qilinadi va spirtga aylanadi. Reaksiya so'ngida reaktor ichidagi quruq moddaning qoldiq konsentratsiyasi 4,3 % ni tashkil qiladi. Ajratib olingan bioetanol tarkibida aldegidlarning konsentratsiyasi 100 mg/l, efirlar – 3 mg/l, fusel moylari – 2880 mg/l, metanol – 0,017 % vol. ni tashkil qiladi.



5-рasm. Узum turpidan bioetanol olish jarayonining sxematik texnologik diagrammasi
 1-maydalagich, 2-kislota eritmasini tayyorlash uchun idish, 3-kimyoviy gidroliz uchun reaktor, 4 – termostatlar, ish muhitidan issiqlik etkazib berish va tarqatish, 5-vakuum filtri, 6-chiqindi suvlarni yig‘uvchi idish, 7-falkagolli bijg‘ish va fermentativ gidroliz jarayonlari uchun reaktor, 8-possivnoy material tayyorlash uchun idish, 9-bardalarni yig‘ish uchun idish, 10-muzlatgich, 11-brajnaya kolonna, 12-bioetanol xom ashyosi



6-рasm. Jamg‘aruvchi shakar moddalar va bioetanol konsentratsiyasining umumiy fermentatsiya jarayonining davomiyligiga bog‘liqligi

Tadqiqot natijalari boshqa asosiy texnologiyalar bilan taqqoslangan. Nitrat kislotasi bilan ishlov berilgan uzum turpalaridan bioetanol olishda, tajriba davomida tanlangan barcha optimal usullar qo‘llaniladi. Tajriba so‘ngida, bioetanol konsentratsiyasini hajm bo‘yicha 2,5 % dan 5,5 % vol. gacha oshirishga erishildi. Olingan natijalarni sellyulozali boshqa turdagi xom ashyo bilan taqqoslab ko‘rilganda, uzum turpasi asosida olingan bioetanol BT_{II} yuqori rentabelligi tufayli boshqa xom-ashyodan olingan bioyoqilg‘i mahsulotlariga analog bo‘la olishi isbotlandi. Iqtisodiy samaradorlikni baholash natijasida optimallashtirilgan texnologiyani joriy qilish, bazaviy texnologiyaga nisbatan 25% ni tashkil etishi ko‘rsatilgan.

XULOSA

1. SHF, SSCF, CBP, SSF texnologiyalarini qo‘llash orqali, uzum turpini kompleks qayta ishlash tahlil qilindi. Tahlil natijasiga ko‘ra, SSF texnologiyasini tajriba jarayonida qo‘llash, bir vaqtning o‘zida fermentativ gidroliz va alkogolli bijg‘ish jarayonlarining bir reaktor va bir bosqich orqali glyukozadan bioetanolgacha

aylantirish imkonini berishi isbotlandi.

2. Fermentativ gidroliz jarayoni uchun ishlab chiqilgan MFKning quyidagi 0,5:0,25:0,25 nisbati (Tsellolyuks-A – 20 mg/g, Ultraflo Core – 12,5 mg/g, BrewZyme BGX – 25 mg/g umumiy miqdori 57,5 mg/g) ta'sir ettirilganda maksimal miqdorda jamg'aruvchi shakar moddalari olishi isbotlandi. Ishlab chiqilgan MFK miqdori ikki baravar oshirilganda (115 mg/g) reaksiya massasi tarkibida to'planadigan glyukoza miqdori 11,8 % ga oshishi kuzatildi.

3. Fm17, PM-16 va Y-1693 shtammlari orqali reaksiya massasi bijg'itilganda, bioetanolning hajmiy konsentratsiyasi quyidagicha olindi: PM-16 2,0 % vol., Y-1693 2,3 % vol. va Fm17 2,5 % vol.. Bioetanolning yuqori konsentratsiyasi Fm17 shtammi yordamida amalga oshirildi. Ammo, Y-1693 shtammi tajriba davomida hususiyatlariga ko'ra Fm17 dan ortda qolmasligini isbotladi va tajribalar uchun fermentatsiya jarayonida Y-1693 shtammi qo'llash joriy qilindi.

4. Qo'shimcha mineral komponent va aktivatorlar qo'shish orqali oziq muhiti tarkibi optimallashtirildi. Bu o'z navbatida ko'p miqdorda bioetanol olish imkonini yaratdi. Optimal oziq muhiti tarkibi quyidagicha: 6,77 g/l xamirturush ekstrakti, 1,90 g/l ammoniy sulfat, 0,78 g/l kaliy monofosfat, 1 g/l magniy sulfat va 0,2 g/l kaltsiy xlorid bo'lganida, nazorat tajribasiga nisbatan 12,96 % ortiq bioetanol olish imkoni berishi aniqlandi.

5. Gidroliz jarayonida 24 soat vaqt oralig'ida jamg'aruvchi shakar moddalarining miqdori 84 % ga yetishi aniqlandi. O'tkazilgan tajribalar natijasiga ko'ra, fermentativ gidroliz va alkagolli bijg'ish jarayonlarining kombinatsiyalash davomiyligi 24 soatni tashkil qilishi isbotlandi.

6. Oziq muhiti tarkibiga qo'shimcha ferment-substrat kiritish texnologiyasi ishlab chiqildi. Boshlang'ich konsentratsiya 60 g/l ni tashkil qilib, 30 g/l miqdorida qo'shimcha ferment-substrat kiritish yo'li orqali, substrat miqdori 150 g/l gacha yetkazildi. Qo'shimcha ferment-substratsiz bioetanolning hajmiy ulishi 2,5 % vol. ni, ferment-substrat kiritish yo'li orqali 5,5 % vol. ni tashkil qilishi aniqlandi. Tajribada bioetanolning chiqishi 66,3 % ni, uzum turpasiga nisbatan ulushi 16,9 dal/t ni tashkil qilishi aniqlandi.

7. Ishlab chiqarish sharoitida, ekologik havfsiz va kompleks texnologiya asosida uzum turpidan bioetanol BT_{II} olishda:

uzum turpasi tarkibidagi lignin ((C₃₁H₃₄O₁₁)_n) qismini yo'q qilishda xom-ashyoga nitrat kislota (HNO₃) yordamida ishlov berishni;

nitrat kislota bilan ishlov berishda yuzaga keladigan chiqindi suvlarni ammiak (NH₃) bilan neytralizatsiya asosida lignogumin og'itlarini (NH₄NO₃) olishni;

bioetanol BT_{II} olish texnologiyasida sellyulozali xom-ashyolarni samarali gidrolizlashda Multifermant kompleksli (MFK) ferment preparatlaridan (Tsellolyuks-A+Ultraflo Core+BrewZyme BGX) foydalanishni;

yuqori samarador bioetanol BT_{II} avlodining hajm konsentratsiyasini oshirishda reaksiya massasi tarkibiga qo'shimcha ferment-substrat kiritish (MFK+POA (nitrat kislota bilan ishlov berilgan mahsulot)) texnologiyasini qo'llashni;

uzum turpidan olingan bioetanolni benzin sifatini yaxshilash maqsadida yoqilg'i neft mahsulotlariga prisatka sifatida foydalanishni tavsiya qilinadi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ АГРАРНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ДЖАМАЛОВ ЗОХИД ЗАФАРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЭТАНОЛА ВТОРОГО
ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВИНОГРАДНОГО ЖМЫХА**

06.01.11 – Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ
(PHD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) в области технических наук зарегистрирована в ВАК Республики Узбекистан под номером В2023.4.PhD/Т4060.

Диссертация выполнена в Казанском (Приволжском) федеральном университете в рамках программы Фонда “Эль-юрт умиди” по подготовке специалистов за рубежом и взаимодействию с соотечественниками при Агентстве по развитию государственной службы при Президенте Республики Узбекистан совместно с Ташкентским государственным аграрным университетом.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета (www.tdau.uz) и информационно-образовательном портале “Ziyo-net” (www.zivonet.uz).

Научный руководитель: Исламов Соhib Яхшибекович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Официальный оппонент: Азизов Ақтам Шарипович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Сагдуллаева Дилафруз Саидакбаровна,
Доктор технических наук, старший научный сотрудник

Ведущая организация: Самаркандский институт агроинноваций и научных исследований

Защита диссертации состоится 19 апреля 2024 года в 14⁰⁰ часов на заседании разового научного совета на основе научного совета DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 при Ташкентском государственном аграрном университете (Адрес: 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, дом 2. Тел.: (+99871) 260-48-00; факс: (+99871) 260-38-60; tgau@edu.uz. Административное здание Ташкентского государственного аграрного университета, 1 этаж, зал заседаний).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного аграрного университета (зарегистрировано под номером 5305-79). (Адрес: 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, дом 2. Ташкентский государственный аграрный университет, здание Информационно-ресурсного центра. Тел.: (+99871) 260-50-43).

Автореферат диссертации разослан 06 апреля 2024 года.
(протокол реестра № 1, 01 апреля 2024 года).



Ж.Н.Файзиев,
Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.с.х.н., профессор

М.З.Холмуротов,
Ученый секретарь научного
совета по присуждению ученых
степеней, д.ф.с.х.н., доцент

С.А.Юнусов,
Председатель научного семинара
при научном совете по
присуждению ученых степеней,
д.с.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Не секрет, что большинство стран мира, включая США, Бразилию и большинство европейских стран, используют биоэтанол в качестве топлива. Согласно данным, предоставленным экспертами Института прогнозирования и макроэкономических исследований, в 2024 году во всем мире будет произведено 112,29 млрд литров биоэтанола, а к 2029 году эта цифра составит 144,34 млрд литров. На сегодняшний день получение биоэтанола из пищевых отходов в биотопливной промышленности является одной из актуальных задач. Здесь стоит отметить, что виноградный жмых – один из самых распространенных биологических отходов виноградоперерабатывающей промышленности, который, в свою очередь, состоит из кожуры винограда, семян и гребень, удерживающих ягоды. В 2023 году объем производства винограда в Узбекистане составил 1,800 тыс. тонн, что, в свою очередь, означает образование значительного количества вторичных отходов. Одной из основных экологических проблем, связанных с утилизацией отходов переработки винограда и спиртовыми остатками, является образование больших количеств виноградных стеблей (281×10^3 т), виноградной выжимки (787×10^3 т), винного осадка (337×10^3 т) и сточных вод (24×10^6 м³) в течение короткого периода года. Некоторые загрязняющие характеристики этих остатков, такие как низкий рН и высокое содержание фитотоксичных и антибактериальных фенольных веществ, устойчивых к биологическому разложению. Известно, что в мире порядка 60 млн тонн винограда в год выращивается для переработки. По данным ФАО/ВОЗ в мире производится 5-10 млн тонн отходов в год, в том числе в Узбекистане образуется более 300-400 тыс. тонн твердых отходов, преобразование и утилизация которых проблематично как с экологической, так и с экономической точек зрения. Установлено, что промышленный выход виноградных остатков составляет 20-25 процентов, которые в настоящее время не перерабатываются, поэтому утилизация происходит путем их интенсивного накопления на открытых площадках почв. Этим самым наносится значительный ущерб окружающей среде и экологии. Основными твердыми побочными продуктами и отходами являются виноградные стебли, виноградные выжимки и винный осадок. Соответственно, наибольший интерес вызывает химический состав жмыха для получения биоэтанола второго поколения (БТ_{II}).

В настоящее время в топливно – энергетическом комплексе (ТЭК) мировой экономики неуклонно растет роль биоэтанола как альтернативного энергоносителя. В производстве биоэтанола важный показатель – коэффициент энергетического баланса (КЭБ), как соотношение между количеством энергии, аккумулированное в полученном биотопливе и количеством энергии, затраченное на его изготовление. Согласно ряду исследований, проведенных в США, биоэтанол, производимый из кукурузы, как биотопливо первого поколения (БТ_I) имеет отрицательный КЭБ, на полный цикл его производства (с учетом обработки почвы, посева, уборки

урожая и последующей переработки) необходимо потратить больше энергии, чем содержится в полученном биоэтаноле. Хотя согласно официальному отчету Департамента сельского хозяйства США, КЭБ кукурузного биоэтанола составляет 1,24 ед., вместе с этим БТ_I содержит всего на 24 % энергии больше, чем тратится при его производстве. Установлено, что КЭБ целлюлозного биоэтанола, биотопливо БТ_{II}, составляет от 5 до 6 ед. и по сравнению с бензином при его производстве и применении на 85 % снижается количество парниковых газов. Биоэтанол имеет более высокое октановое число (99 по моторному и 105 по исследовательскому методу), меньшую температуру сгорания и более чистый выхлоп, так как в нем не содержатся сернистые соединения, биоэтанол – БТ_{II} сгорает без образования золы, поэтому применение спиртосодержащих смесевых бензинов не вызывает образование отложений на свечах двигателя, и таким образом его перегрев не происходит. По этой причине производство биоэтанольного топлива БТ_{II} на основе лигнинцеллюлозного сырья является актуальной темой, соответствующей принципам экономики и полностью отвечающей сегодняшней концепции развития.

В частности, при проведении работ по получению биотоплива А.Азизовым, Н.Муминовым, Ш.Имамовым, Б.Рахматовым в Республике недостаточно изучены научно-исследовательские работы, основанные на технологии производства биоэтанола БТ_{II} для получения экологически чистого биотоплива второго поколения путем переработки отходов фруктов, овощей и винограда на консервных и винодельческих заводах. В указе Президента от 22 августа 2019 года предусмотрено доведение спроса на производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии в Узбекистане до 25 процентов к 2030 году. В настоящее время этот показатель составляет 10-12 процентов. В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы особое внимание уделено бесперебойному обеспечению экономики электроэнергией и активному внедрению технологий «зеленой экономики» во всех отраслях. Обеспечение выполнения вышеуказанных задач, в том числе проведение научно-исследовательских работ по совершенствованию технологии производства биоэтанольного топлива БТ_{II} на основе виноградного жмыха, является актуальной задачей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, поставленных постановлением Президента Республики Узбекистан от 28 июля 2021 года № ПП-5200 «О дополнительных мерах государственной поддержки внедрения кластерной системы в развитии виноградарства, привлечения в отрасль передовых технологий», постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 3 апреля 2018 года № 258 «О мерах по повышению эффективности использования земельных участков фермерских хозяйств овощеводческого, садоводческого и виноградарского направлений» и другими нормативными правовыми актами.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Научно-исследовательская работа выполнена

в соответствии с приоритетным направлением развития науки и техники республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. К 2024 году в Республике Узбекистан планируется посадить виноград на площади 181 тыс. га. за сезон планируется собрать 2 млн. тонн винограда. По результатам анализа ожидается, что за счет переработки будет получено около 400 тысяч тонн виноградных жмыхов. На сегодняшний день выполнен ряд работ по лигнинцеллюлозе, ферментативному гидролизу, работе со штаммами дрожжей, в частности по производству биоэтанола Е.А.Скиба, В.Н.Люкянин, О.В.Лебедев, О.В.Байбакова, Т.С.Ковалева, Г.Ф.Миранова, В.С.Саха, А.С.Хачияном и ученые нашей Республики А.Ш.Азизов, Н.Ш.Муминов, К.А.Шарипов, Ш.Ж.Имомов, Р.К.Мусурманов, Б.Рахматовым и др. были проведены многочисленные исследования в этой области. Тем не менее, при получении лигниноцеллюлозного биоэтанола БТ_{II} целесообразно совершенствовать технологию производства, а научно-исследовательские работы, проводимые в этой области, считаются недостаточными.

Анализ разработанной ранее (базовой) технологии получения биоэтанола БТ_{II} позволил выявить критические проблемы на стадиях ферментативного гидролиза и спиртового брожения, решение которых может существенно повысить эффективность процесса получения биоэтанола – БТ_{II} и сделать его применимым для промышленного производства.

Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в Казанском федеральном университете совместно с Ташкентским государственным аграрным университетом в рамках программы Фонда «Эл-юрт умиди» по подготовке специалистов за рубежом и взаимодействию с соотечественниками при Агентстве по развитию государственной службы при Президенте Республики Узбекистан (Постановление попечительского совета Фонда № 9 от 7 мая 2019 г. сертификат DR-2019-0011).

Цель исследования. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду за счет разработки технологии комплексной переработки виноградных выжимок, позволяющей получать биоэтанол и лигногуминовые удобрения для улучшения качества почвы.

Задачами исследования являются:

Комплексный анализ существующих технологий переработки виноградного жмыха для получения биоэтанола БТ_{II};

Разработка методологии экспериментально-статистического моделирования состава мультиферментного комплекса (МФК) для получения редуцирующих сахаров (РС) с высокой степенью конверсии и определение условий протекания процесса спиртового брожения;

Подбор штаммов спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для получения биоэтанола БТ_{II};

Разработать состав питательной среды как высокоэффективное сырье в процессе ферментации с целью получения максимального количества биоэтанола из виноградного жмыха;

Изучение особенностей протекания комбинированного процесса ферментативного гидролиза и спиртового брожения, анализ эффективности процесса и рассмотрение взаимодействия фермент-субстрата с питательной средой.

Объект исследования. Виноградная выжимка представлена от «Мева-шарбат виночилик экспериментал унитар корхона». В качестве сырья в диссертационной работе использованы образцы виноградных жмыхов, оставшихся от прессования смешанных сортов винограда, таких как розовый Мускат, Алеатико, Ркацители, Саперави, Сояки, с влажностью 30%. Сбор винограда с августа по ноябрь 2020 года будет осуществляться экспериментальным унитарным предприятием виноделие (Ташкентская область, Ташкентский район).

Предметом исследования. В качестве предмета исследования были получены эффекты разрушения лигниновой части виноградного жмыха за счет химического гидролиза, брожение со штаммами дрожжей путем обработки целлюлозной части ферментными препаратами, для увеличения объемной концентрации биоэтанола был получен эффект введения в систему дополнительного ферментного субстрата.

Методы исследования. Методика разработки мультиферментного комплекса (МФК) направлена на использование ферментных препаратов, способных эффективно биоконверсировать лигнинцеллюлозное сырье. В процессе работы составы МФК и питательной среды, предназначенные для получения биоэтанола, организованы по математическим моделям на основе вероятностной теории, разработаны одноступенчатые технологические решения для осуществления процессов ферментативного гидролиза и спиртового брожения, при определении влажности субстрата применен анализатор МВ-23, активная кислотность среды измеряется ионометром И-160МИ, содержание сахара в реакционной массе анализируется с помощью центрифуги MiniSpin 5452 и спектрофотометра Unico UV-2804, количество сухого вещества определялось через сушильный шкаф ED-23, в ходе эксперимента концентрация биоэтанола определялась в соответствии с требованиями ГОСТ 3639-79 «Растворы водно-спиртовые методы определения концентрации этилового спирта» и ГОСТ 32039-2013 «Водка и спирт этиловый из пищевого сырья Газохроматографический метод определения подлинности», результаты экспериментального исследования обрабатывались с помощью программного обеспечения Mathcad и Statsoft Statistica на основе ряда экспериментов, работа проводилась в лаборатории экспериментального статического моделирования нефти, газа и углеродных материалов кафедры ТНГ и УМ Казанского (Приволжского) Федерального университета, а также в НОЦ «Технологии нефти, газа, битумных материалов и углеродных энергоносителей».

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые проведен детальный анализ комплексной технологии производства биоэтанола БТ_{II} на основе виноградного жмыха;

в ходе предварительной обработкой сырья азотной кислотой в целях оптимизации технологии получения биоэтанола БТ_{II} разработки состава питательной среды и МФК, повышения эффективности процессов ферментативного гидролиза и спиртового брожения разработаны математическое моделирование и треугольные 3D-диаграммы;

в эксперименте доказано, что высокая эффективность дает при использовании штаммов дрожжей Y-1693 из семейства *Saccharomyces*, способных проявлять активность целлюлазы в процессе получения биотоплива БТ_{II};

было обнаружено, что состав питательной среды, обогащенный активаторами и минералами, такими как сульфат аммония, монофосфат калия, дрожжевой экстракт, хлорид кальция, сульфат магния, бинзилпенициллин, дает эффективные результаты в процессе ферментации;

впервые разработан комбинированный процесс ферментативного гидролиза и спиртового брожения, на основе виноградного жмыха разработан треугольный 3D-диаграммы при анализе эффективности сахаросодержащих веществ и биоэтанола БТ_{II}.

Практические результаты исследования:

наряду со штаммами дрожжей, способными проявлять свойство Термотолерантность в комбинированном процессе получения биоэтанола БТ_{II}, на основе виноградного жмыха разработан состав МФК, способный эффективно конвертировать сахаристые соединения;

разработан комплексный подход к производству биоэтанола БТ_{II}, новизна технических решений подтверждена патентом РФ на изобретение (RU 2 790 726 C1 «Способ получения биоэтанола из виноградной выжимки» 28.02.2023 г. Бюл. № 7, МПК C12P 7/10, C12P 7/06);

эффективность конверсии биомассы виноградного жмыха в присутствии МФК и штаммов дрожжей достигается увеличением объемной концентрации образующегося биоэтанола с 2,5 до 5,5 % об.;

выход биоэтанола составляет 66,3 % мас., или 16,9 дал/т по сравнению с исходной биомассой виноградного жмыха, а объемная концентрация биоэтанола увеличилась в 2,2 раза.

Научно-практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что проведен детальный анализ комплексной технологии производства биоэтанола на основе виноградного жмыха, разработан комбинированный процесс ферментативного гидролиза и спиртового брожения, проанализирована эффективность сахаросодержащих веществ и биоэтанола, также был изучен штамм дрожжей Y-1693, принадлежащий к семейству сахаромицетов, который может проявлять целлюлазную активность в процессе получения биотоплива БТ_{II}.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что наряду со штаммами дрожжей, способными проявлять свойство термотолерантности в комбинированном процессе получения биоэтанола, на основе виноградного жмыха разработан состав МФК, способный эффективно преобразовывать сахаристые соединения, разработан комплексный подход к получению биоэтанола, новизна технических решений подтверждена патентом Российской Федерации на изобретение, производство биоэтанола составляет 66,3 % мас., что означает 16,9 дал/т по сравнению с биомассой виноградного жмыха, и достигается увеличение объемной концентрации биоэтанола в 2,2 раза.

Достоверность результатов исследования. Доказано регулярными апробационными проверками теоретических наблюдений и лабораторных экспериментов по теме исследования; обсуждением научных отчетов; математико-статистической обработкой экспериментальных данных; обсуждением результатов исследований на престижных научно-практических конференциях, инновационных ярмарках за рубежом и в республике, публикацией статей в научных изданиях.

Внедрение результатов исследования. На основании результатов исследований по разработке экологически безопасной комплексной технологии производства биоэтанола второго поколения на основе виноградного жмыха:

Производства биоэтанола второго поколения на основе виноградного жмыха в качестве отходов на предприятиях по переработке винограда внедрена в ООО «Зомин узумзорлари майдони», Джизакская область, Зааминский район, в отношении 1 тонны виноградных отходов. (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан от 15 января 2024 года № 06/27-06/69). В результате рентабельность составила 170 %.

Производство биоэтанола второго поколения на основе виноградного жмыха в качестве отходов на предприятиях по переработке винограда была внедрена в «Опытное унитарное предприятие фруктово-соковое виноделие» Ташкентской области, Ташкентский район, в расчете на 1 тонну виноградных отходов. (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан от 15 января 2024 года № 06/27-06/69). В результате рентабельность составила 170 %.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были апробированы научным методическим советом Казанского федерального университета и Ташкентского государственного аграрного университета, научные результаты были обсуждены на 12 научно-практических конференциях, организуемых в республике и за рубежом.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации выполнено 24 научные работы, из них 9 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации научных результатов докторских диссертаций (из них 5 зарубежных) и 1 патент на изобретение. 12 статей и тезисов (из них 10

международных) опубликованы в сборнике материалов научно-практических конференций.

Объем и структура диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертационной работы составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе приведён обзор существующих технологий производства биоэтанола из лигноцеллюлозного сырья; описан современный рынок биоэтанола; дана характеристика и химический состав продуктов виноградно-винодельческого производства; представлены основные направления переработки вторичных продуктов, рассмотрен химический состав вегетативных органов виноградного растения. В данной главе рассмотрены методы биоконверсии целлюлозного сырья для процесса ферментации; виды ферментов, участвующих в процессе биоконверсии; конфигурации технологии получения биоэтанола БТ_{II}.

Во второй главе представлена характеристика используемого в работе сырья и продуктов его предварительной обработки (субстратов), ферментных препаратов, продуцентов биоэтанола БТ_{II}, описаны аналитические методы. А также на рисунке 1 показано принципиальная схема производства целевых продуктов из виноградного жмыха.

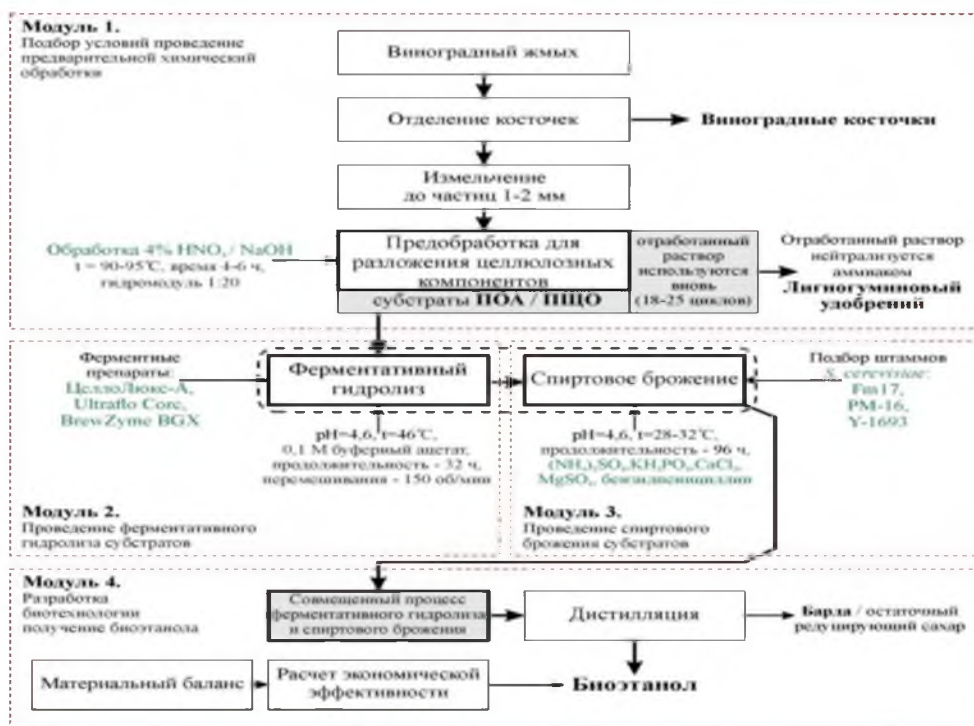


Рис. 1 – Структурно-методическая схема проведения экспериментальных исследований по разработке технологии получения биоэтанола из виноградного жмыха

В третьей главе представлена экспериментальная часть и обсуждение результатов исследований “Оценка эффективности проведения предварительной химической обработки виноградного жмыха для последующего ферментативного гидролиза”. С целью повышения эффективности ферментативного гидролиза виноградный жмых предварительно обрабатывают азотной кислотой и натриевой щелочью. Результаты эксперимента представлены в табл. 1. Виноградный жмых, обработанный азотной кислотой, называется ПОА, а субстрат, полученный из биомассы, обработанной натриевой щелочью, – как ПЩО.

Таблица 1

Результаты определения химического состава исходного виноградного жмыха и продуктов его химической обработки 2020-2022 гг. (n=3)

Количество	Объект исследования, % по массе		
	Виноградный жмых	Субстраты	
		ПОА	ПЩО
Полисахариды в т. ч. α-целлюлозы	43,0±1,0	76,8±0,1	78,6±0,1
Лигноподобные вещества	37,0±0,1	6,2±0,1	6,5±0,1
Пентозанов	15,9±0,1	13,0±0,1	12,2±0,1
Азотные вещества	1,5±0,1	1,8±0,1	1,7±0,1
Зольный остаток	2,6±0,1	1,8±0,1	1,0±0,1
Выход сырья, %	100	46,3±0,1	44,7±0,1

Примечания: ПОА – продукт обработанный азотной кислотой; ПЩО – продукт щелочной обработки.

В ходе эксперимента субстрат ПОА был выбран для процесса ферментативного гидролиза. Это можно объяснить положительным влиянием азотной кислоты по отношению к щелочи натрия. Это выражается в удалении негидролизуемого лигнина из сырья с помощью азотной кислоты и увеличение концентрации целлюлозы для лучшего протекания процесса ферментативного гидролиза.

“Экспериментально-статистическое моделирование состава мультиферментного комплекса для ферментативного гидролиза”. С использованием высокоэффективного объемного математического моделирования с помощью объемных треугольных диаграмм (тернарных графических зависимостей) разработаны новые составы: МФК, питательной среды в процессе ферментативного гидролиза биомассы виноградного жмыха и спиртового брожения для получения биоэтанола БТ_{II}.

Изучено влияние ферментных препаратов: «ЦеллоЛюкс-А», «Ultraflo Core», «BrewZyme BGX» на процесс ферментативного гидролиза. На первом этапе определялось оптимальное соотношение ферментных препаратов. Для этого МФК рассматривали, как трехкомпонентную смесь ферментных препаратов в комплексе, которые должны удовлетворять следующие условия (1):

$$[a + b + c = 1], \quad (1)$$

где, a, b, c – относительная концентрация ферментных препаратов, таких как «ЦеллоЛюкс-А», «Ultraflo Core», «BrewZyme BGX».

Для его определения используются следующие соотношения (2):

$$a = \frac{(A-A_{\min})}{(A_{\max}-A_{\min})}; \quad b = \frac{(B-B_{\min})}{(B_{\max}-B_{\min})}; \quad c = \frac{(C-C_{\min})}{(C_{\max}-C_{\min})} \quad (2)$$

где, A, B, C – концентрация ферментных препаратов: «ЦеллоЛюкс-А», «Ultraflo Core», «BrewZyme BGX», входящих в состав МФК, мг/г субстрата; $A_{\max}=40$ мг/г; $B_{\max}=50$ мг/г; $C_{\max}=100$ мг/г – максимальные концентрации ферментных препаратов, входящих в состав МФК; $A_{\min}, B_{\min}, C_{\min} = 0$ мг/л – минимальные концентрации ферментных препаратов в составе МФК.

Определение гидролитических свойств комплексных ферментов осуществляется в соответствии с динамикой накопления РС, образующихся за счет разложения биомассы в процессе ферментативного гидролиза. В результате моделирования составов МФК определяется количеством концентраций редуцирующих веществ, накопленных в процессе гидролиза (3). Этот процесс зависит от состава МФК, которые воздействуют на субстрат. На основании следующего уравнения определяются концентрации РС, которые накапливаются в процессе гидролиза:

$$K = 23,3a + 22,6b + 14,1c + 7,5ab + 30,4ac + 29,2bc \quad (3)$$

где, K – конечная концентрация РС, г/л.

В результате решения задачи оптимизации методом приведенного градиента с учетом условия (1) найдено, что максимальная конечная концентрация РС достигается при следующих концентрациях ферментных препаратов, мг/г субстрата: «ЦеллоЛюкс-А» – 20; «Ultraflo Core» – 12,5; «BrewZyme BGX» – 25; Сумма МФК составляет – 57,5 мг/г субстрата.

Найденное соотношение позволило повысить концентрацию РВ в 1,95 раза. Влияния МФК на концентрацию РС было проанализировано с помощью тернарной графики, показанной на рис. 2. Результаты эксперимента представлены в табл. 2. После нахождения оптимального соотношения ферментных препаратов в МФК проводилось изучение кинетики ферментативного гидролиза при различных концентрациях МФК с целью повышения выхода редуцирующих сахаров и глюкозы.

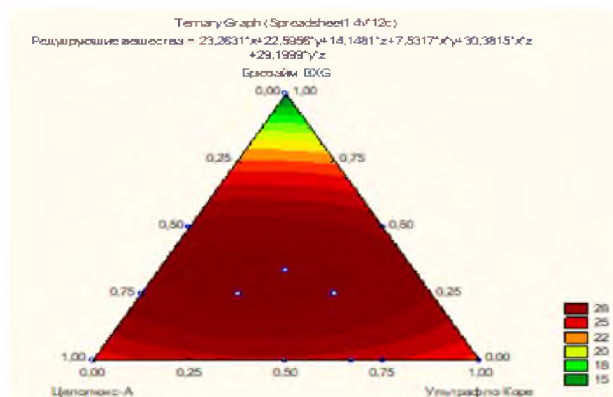


Рис. 2. Тернарный график определения составов МФК и РС

С целью быстрой и эффективной биоконверсии субстрата в процессе ферментативного гидролиза разработан состав мультиферментного комплекса. При увеличении содержания МФК с 57,5 до 115 мг/г количество

глюкозы, образующейся в процессе гидролиза, увеличивается на 11,8 %. Следует также отметить, что увеличение концентрации МФК в 2 раза ускоряет скорость образования реакционной массы в несколько раз при ферментативном гидролизе.

Таблица 2

Схема разработки оптимального соотношения МФК для процесса ферментативного гидролиза

Образец	Соотношение ферментных препаратов, мг/г			Концентрация, РС, г/л
	ФП-1 «ЦеллоЛюкс-А»	ФП-2 «Ultraflo Core»	ФП-3 «BrewZyme BGX»	
ФП-1	40	-	-	23,1
ФП-2	-	50	-	24,1
ФП-3	-	-	100	14,2
ФП-1+ФП-2	20	25	-	26,5
	30	12,5	-	26,2
ФП-1+ФП-3	20	-	50	26,3
	10	-	75	19,3
ФП-2+ФП-3	-	25	50	25,3
	-	37,5	25	24,5
ФП-1+ФП-2+ФП-3	10	25	25	27,5
	13,6	16,5	33	27,6
	20	12,5	25	27,7

«Подбор штаммов спиртовых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*».

В работе были использованы три штамма дрожжей *S. cerevisiae*: Y-1693, Fm17, PM-16.

S. cerevisiae Y-1693, оптимальная температура роста 28 °С. Особенность штамма – устойчивость к гидролизатам.

S. cerevisiae Fm17, оптимальная температура роста 32-38 °С. Особенность штамма – высокой устойчивостью к ингибиторам, термотолерантность (40 °С), осмофильность (27 % СВ).

S. cerevisiae PM-16, оптимальная температура роста 28-30 °С. Особенность штамма – осмофильность (27 % СВ).

Штаммы были использованы отдельно в качестве засевных дрожжей в трех опытах совмещенного процесса ферментативного гидролиза и спиртового брожения. Количество дрожжевых клеток с самыми высокими значениями приходилось на второй день ферментации во всех экспериментах. В эксперименте PM-16 он был эквивалентен 35,0 млн КОЕ/мл (27 % размножающихся), в эксперименте Fm17 – 33,8 млн КОЕ/мл (24 % размножающихся), а в эксперименте Y-1693 – 52,5 млн КОЕ/мл (26 % размножающихся). На 7-й день ферментации количество дрожжевых клеток в первом эксперименте снизилось до 11,5 млн КОЕ/мл (скорость размножения 13 %), а во втором эксперименте осталось на том же уровне, 33,8 млн КОЕ/мл (размножение 23 %), в третьем – 50,1 млн КОЕ/мл (размножение 20 %). Дрожжи PM-16 и Fm17 были немного ниже, чем контрольные Y-1693, но были активны и устойчивы к гидролизующей среде.

На 3-й день брожения концентрация биоэтанола составила 1,7-2,0% по объему для всех 3 штаммов. Разница появилась по окончании ферментации: в

эксперименте РМ-16 – 2,0 % об., в эксперименте Fm17 – 2,5 % об., в контрольном эксперименте Y-1693 – 2,3 % об. По результатам эксперимента штамм Fm17 показал явное преимущество перед другими штаммами, относящимися к классу сахарамитов. При этом штамм Y-1693 показал в эксперименте, что по своим свойствам он не уступает Fm17. Поэтому в последующих экспериментах в процессе спиртового брожения используется штамм Y-1693. На рис. 3 представлены результаты 3-х экспериментов в зависимости от концентрации образованного в ходе эксперимента РС и объема, синтезированного биоэтанола, продолжительности процесса ферментативного гидролиза и спиртового брожения.

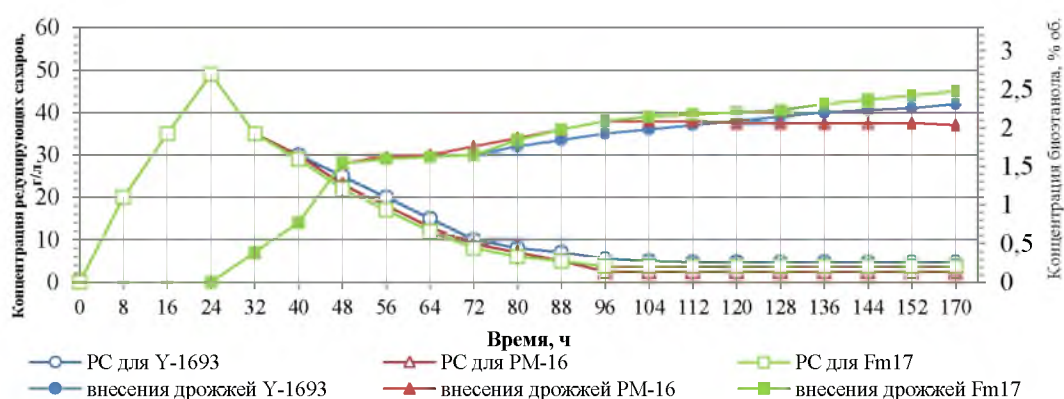


Рис. 3. Зависимость концентраций РС и биоэтанола от продолжительности процесса ферментации

«Разработка состава питательной среды для процесса ферментации с целью получения максимального количества биоэтанола». В эксперименте изучалось действие таких минералов, как сульфат аммония, монофосфат калия и дрожжевой экстракт. Кроме указанных компонентов, в состав питательной среды вводились: сульфат магния (1 г/л) и кальций хлористый (0,2 г/л), концентрации которых во всех опытах были постоянны. Установлено что выход биоэтанола варьируется от 48,84 до 76,87 % мас. Результаты экспериментов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты формирования состава питательной среды с целью получения максимального количества биоэтанола в процессе спиртового брожения

Минеральные добавки и активаторы брожения	Номер опыта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(NH ₄) ₂ SO ₄ , г/л	0	4	0	4	2	0	2	2	2	2
KN ₂ PO ₄ , г/л	0	4	4	4	2	2	2	4	2	0
CaCl ₂ , г/л	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MgSO ₄ , г/л	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Дрожжевой экстракт, г/л	0	20	20	0	20	10	0	10	10	10
<i>Показатели</i>										
Константа скорости убыли СС·10 ³ , ч ⁻¹	50,01	49,72	49,51	50,30	49,63	50,40	50,03	49,71	50,22	50,60
Остаточная концентрация РС, г/л	9,91	10,63	11,12	9,21	10,92	8,83	10,04	10,60	9,43	8,41
Концентрация биоэтанола, % об.	2,22	1,62	1,72	2,10	2,20	2,30	2,35	2,41	2,48	2,55
Выход биоэтанола, %	66,92	48,84	51,85	63,31	66,32	69,33	70,84	72,65	74,76	76,87

В результате решения задачи оптимизации установлено, что для достижения максимального выхода и концентрации биоэтанола необходимо обеспечить следующую исходную концентрацию факторов: сульфат аммония – 1,90 г/л; монофосфат калия – 0,78 г/л; дрожжевой экстракт – 6,77 г/л. При показанных начальных концентрациях выход биоэтанола составляет 79,88 %, что на 12,96 % превышает выход биоэтанола в контрольном опыте. Результаты проведенных исследований характеризуют возможность увеличения выхода биоэтанола (до 76,87 % мас.) с помощью введения минеральных веществ и активаторов в состав питательной среды.

«Определение протекания комбинированного процесса ферментативного гидролиза и спиртового брожения». В работе проводится при температуре 46 °С с использованием МФК (таблица 2) до тех пор, пока концентрация РС не достигнет 84 %. В дальнейшем для проведения процесса спиртового брожения реакционную массу в ферменторе необходимо охладить до температуры 28 градусов. Определение продолжительности ферментативного гидролиза осуществлялось в интервале от 8 до 72 часов. Контрольным опытом является опыт – 6. Результаты исследования представлены в табл. 4.

Таблица 4

Эффективность процесса биоконверсии биоэтанола БТ_{II}

Общие параметры	Продолжительность отдельной стадии ферментативного гидролиза, час					
	8	16	24	32	48	72
Концентрация РС в момент внесения дрожжей, г/л	17,5	24,7	31,1	32,6	34,4	34,6
Степень гидролиза целлюлозы и гемицеллюлоз субстрата перед внесением дрожжей, %	23,4	40,0	50,4	52,9	55,8	57,1
Остаточная концентрация РС после спиртового брожения, % об	9,1	7,6	5,6	5,6	5,8	9,1
Концентрация биоэтанола, % об.	0,9	1,4	1,9	1,8	1,7	1,5
Выход биоэтанола, %	26,5	41,2	55,9	53,0	50,1	44,2
Выход биоэтанола, дал/т виноградного жмыха	6,7	10,4	14,2	13,4	12,7	11,2

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что эффективность процесса получения биоэтанола можно охарактеризовать следующими показателями: продолжительностью 16-32 час., концентрацией РС в момент внесения дрожжей 24,7-32,6 г/л, степень гидролиза целлюлозы и гемицеллюлоз субстрата перед внесением дрожжей – 40,0-52,9 %, концентрация биоэтанола 1,4-1,8 % об, выход биоэтанола БТ_{II} 41,2-53,0 %. На рисунке 4 представлены графические зависимости процессов ферментативного гидролиза и спиртового брожения.

При совмещении процесса ферментативного гидролиза со спиртовым брожением (рис. 4) в качестве параметра оптимизации учитывалась минимальная суммарная продолжительность процессов, при которой выход биоэтанола от массы субстрата составляет не менее 45 %. Задача оптимизации решалась методом обобщенного приведенного градиента.

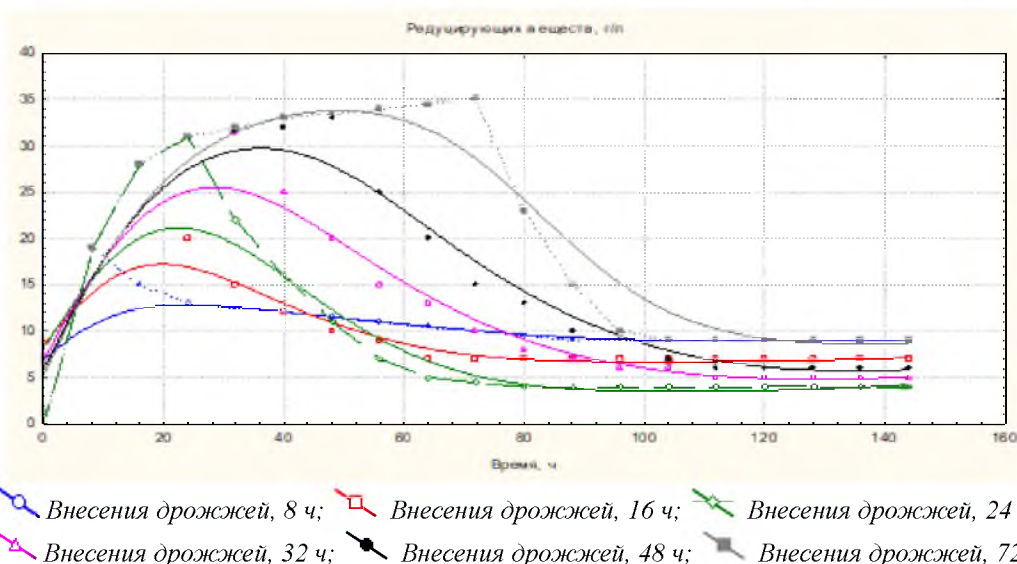


Рис. 4. Концентрация продуктов РС, образующихся в процессе ферментативного гидролиза, в зависимости от продолжительности процесса: точки – экспериментальные данные; линии – теоретические

Минимальная продолжительность двух процессов для достижения необходимого выхода биоэтанола составляет 72 часа. Дрожжи можно вводить в систему через 24 часа после начала ферментативного гидролиза, так как за это время целлюлоза и гемицеллюлоза в субстрате превратятся в редуцирующее вещество. Оптимальное время совмещения стадий ферментативного гидролиза и спиртового брожения соответствует 84 % гидролизуемого субстрата.

«Разработка биотехнологии дополнительной ферментно-субстратной подпитки реакционной массы при получении биоэтанола из виноградных жмыхов». Проведено 4 опыта с применением фермент-субстратной подпитки (ФСП) до концентраций субстрата: 90 г/л, 120 г/л и 150 г/л по сухим веществам по сравнению с опытом без подпитки при концентрации субстрата 60 г/л (опыт 1). Опыты проводились в ферментере объемом 11 л. Начальная концентрация субстрата во всех опытах составила 60 г/л, одновременно с субстратом вносилась МФК, рассчитанная на порцию субстрата. В опыте 2 осуществлялась подпитка 30 г/л субстрата через 4 ч от начала ферментативного гидролиза, в подпитка по 30 г/л субстрата через 4 ч и 8 ч от начала гидролиза, по 30 г/л субстрата через 4 ч, 8 ч и 16 ч от начала гидролиза. Дрожжи вводились по истечению 16 ч от внесения последней порции субстрата. В таблице 5 обобщены результаты серии опытов.

Таблица 5

Оценка эффективности ФСП в процессе ферментации

Общие параметры	Общая концентрация субстрата, г/л			
	60	90	120	150
Концентрация РС, г/л	44,5	62,8	83,4	105,8
Концентрация глюкозы, г/л	258	40,5	53,9	74,5
Остаточная концентрация РС, г/л	4,6	4,0	7,2	6,5
Концентрация биоэтанола, % об	2,5	3,4	4,1	5,5
Выход биоэтанола, %	75,4	70,3	61,8	66,3
Общая продолжительность процесса, ч	112	116	120	128

В опытном процессе конечная концентрация биоэтанола снижалась до 5,1 % при увеличении биомассы субстрата с 60 до 90 г/л. Далее при увеличении биомассы до 120-150 г/л выходная концентрация биоэтанола снижается на 4,0-8,5 %. Увеличение концентрации субстрата выше 150 г/л приводит к увеличению концентрации биоэтанола. Следует отметить, что общая продолжительность процесса со временем также увеличивается, что для эксперимента является нежелательным.

В экспериментах применяется оборудование, совмещающее процессы ферментативного гидролиза и спиртового брожения. Это позволяет подпитывать питательную среду дополнительной массой субстрата и комплексом ферментов. В результате отсутствуют трудности в увеличении концентрации субстрата, при высокой вязкости питательной среды и в процессе ее перемешивания. Эта система позволила разработать дополнительные режимы питания для всех опытов.

Сравнивая 4-й опыт (наибольшая загрузка субстрата) с 1-м опытом (без дополнительной подачи субстрата), можно сделать следующий вывод: при увеличении концентрации субстрата в системе в 2,5 раза происходит увеличение концентрации биоэтанола от 2,5 до 5,5 % об.

В **четвертой главе** по названию «Разработка и расчет технологии получения биоэтанола из виноградного жмыха» представлены результаты проектирования опытно – промышленного процесса производства биоэтанола БТ_{II} из виноградного жмыха, которое характеризуется наличием стадии получения субстрата (продукта азотнокислой обработки сырья) в аппарате объемом 250 л. Дальнейшие стадии ферментативного гидролиза и спиртового брожения проводились в реакторе объемом 63 л с учетом всех оптимизированных в работе параметров. Процесс проводится с применением метода ФСП до концентрации субстрата 150 г/л, оптимизированной мультиферментным комплексом, оптимизированным питательным раствором. Момент внесения засевных дрожжей определялся с учетом степени гидролиза целлюлозы и гемицеллюлоз субстрата. В качестве продуцента этанола использовался штамм *S. cerevisiae* Y-1693. На рис. 5 представлена принципиальная технологическая схема проведения этого процесса.

Изменения концентрации редуцирующих веществ, глюкозы и биоэтанола в ходе эксперимента отражены на рис. 6. Концентрация биоэтанола составила 5,5 % об., что соответствует выходу биоэтанола 66,3 %, 16,9 дал/т виноградной выжимки.

Когда все части субстрата вводятся в реактор, количество сухого вещества в реакционной массе увеличивается. Как только дрожжевые клетки вводятся в процесс, концентрация сухого вещества в реакционной массе снижается. Сухие вещества, содержащиеся в питательной среде, потребляются дрожжами и образуют спирт. В конце реакции остаточная концентрация сухого вещества внутри реактора составляет 4,3%. В выделенном биоэтаноле концентрация альдегидов составляет 100 мг/л, эфиров – 3 мг/л, сивушных масел – 2880 мг/л, метанола – 0,017% об.

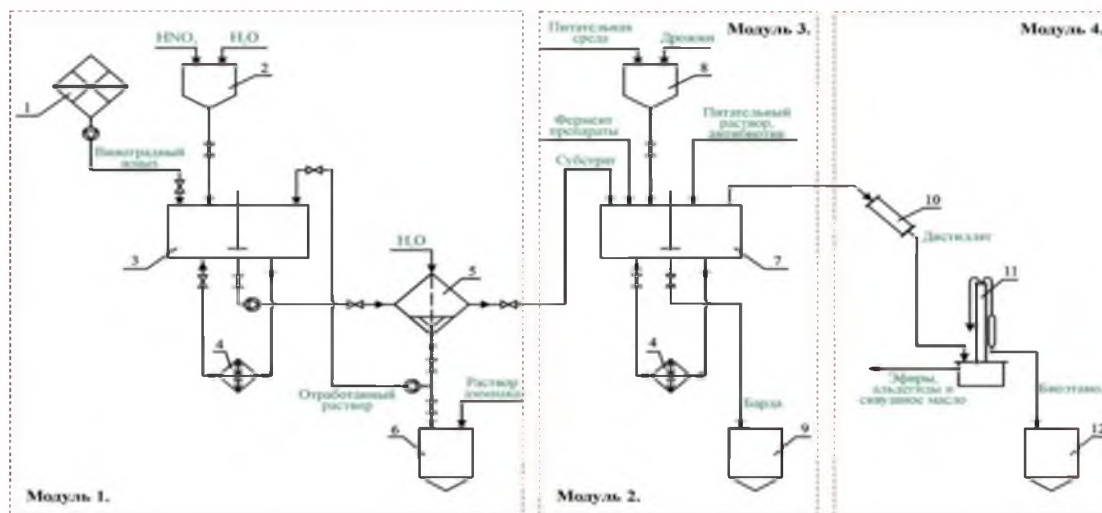


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема процесса получения биоэтанола из виноградного жмыха

1 – измельчитель, 2 – емкость для приготовления раствора кислот, 3 – реактор для химического гидролиза, 4 – терморегуляторы, подвода и отвода тепла от рабочей среды, 5 – фильтр вакуумный, 6 – емкость отработанного раствора, 7 – реактор для процессов брожения и ферментативного гидролиза, 8 – емкость для приготовления посевного материала, 9 – емкость для сбора барды, 10 – холодильник, 11 – бражная колонна, 12 – сборник биоэтанола-сырца

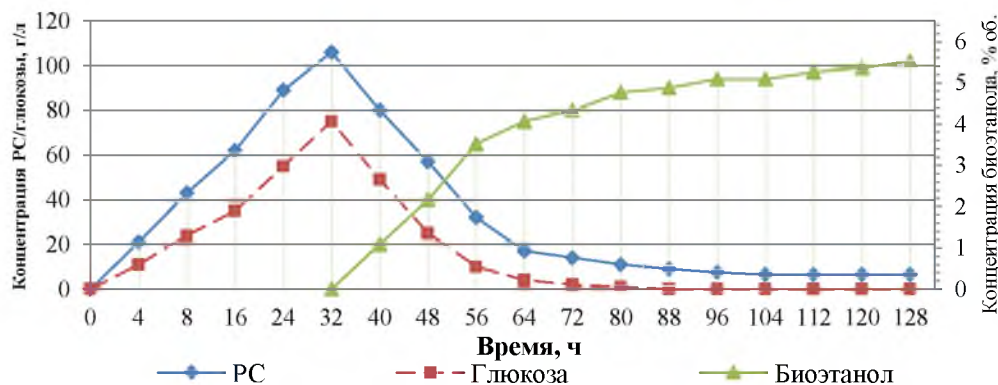


Рис. 6. Зависимость концентрации редуцирующих веществ и биоэтанола в ходе опыта от продолжительности общего процесса ферментации

Результаты, полученные в исследованиях, сравнивались с другими базовыми технологиями. При получении биоэтанола из биомассы виноградных жмыхов, обработанных азотной кислотой, используется оптимальный метод, выбранный в ходе эксперимента. К концу эксперимента мы смогли увеличить концентрацию биоэтанола с 2,5 % до 5,5 % по объему. Сравнивая полученные результаты с другим типом сырья, содержащим в себе целлюлозу, что биоэтанол, полученный из виноградных выжимок, сможет стать аналогом биотоплива второго поколения из-за его высокой рентабельности. В результате оценки экономической эффективности показано, что экономия от внедрения оптимизированной технологии в сравнении с базовой составит 25 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С применением технологий SHF, SSCF, CBP, SSF была проанализирована комплексная обработка виноградного жмыха. По результатам анализа было

доказано, что применение технологии SSF в экспериментальном процессе позволяет одновременно осуществлять процессы ферментативного гидролиза и спиртового брожения из глюкозы в биоэтанол через один реактор и одну стадию.

2. Доказано, что при воздействии следующих соотношений 0,5:0,25:0,25 МФК, разработанных для процесса ферментативного гидролиза («ЦеллоЛюкс-А» – 20 мг/г, «Ultraflo Core» – 12,5 мг/г, «BrewZyme BGX» – 25 мг/г. Суммарное количество МФК – 57,5 мг/г), получают максимальное количество редуцирующих сахаров. При удвоении количества вырабатываемого МФК (115 мг/г) наблюдалось увеличение количества глюкозы, накапливающейся в реакционной массе, на 11,8%.

3. При использовании штаммов Fm17, PM-16 и Y-1693 было получено по объему биоэтанола: PM-16 – 2,0 %, Y-1693 – 2,3 % и на Fm17 – 2,5 %. Высокие концентрации биоэтанола была достигнута с использованием штамма Fm17. При этом штамм Y-1693 в ходе эксперимента доказал, что по своим свойствам не уступает Fm17. Поэтому в последующих экспериментах в процессе спиртового брожения используется штамм Y-1693.

4. Оптимизирован состав питательной среды с добавлением дополнительных минеральных компонентов и активаторов, позволяющий получить значительное количество биоэтанола. При добавлении 6,77 г/л дрожжевого экстракта, 1,90 г/л сульфата аммония, 0,78 г/л монофосфата калия, 1 г/л сульфата магния и 0,2 г/л хлористого кальция, что позволяет получить на 12,96 % мас. больше биоэтанола.

5. Установлено, что в процессе гидролиза за 24-часовой промежуток времени содержание редуцирующих сахаров достигает 84%. По результатам проведенных опытов было доказано, что длительность сочетания процессов ферментативного гидролиза и спиртового брожения составляет 24 часа.

6. Разработана технология введения в пищевую среду дополнительного фермента-субстрата. Начальная концентрация составила 60 г/л продукта, конечная концентрация – 150 г/л за счет дополнительного введения 30 г/л фермента-субстрата. Было обнаружено что, объемная концентрация биоэтанола без подпитки составляет 2,5% об., а с подпиткой дополнительного фермента-субстрата 5,5% об. В эксперименте установлено, что выход биоэтанола составляет 66,3%, а его доля по сравнению с виноградным жмыхом – 16,9 дал/т.

7. Рекомендуются внедрять разработку экологической безопасной и комплексной технологии производства биоэтанола БТ_{II} на основе виноградного жмыха при условиях промышленности:

обработка сырья азотной кислотой (HNO_3) для разрушения лигниновой части ($(\text{C}_{31}\text{H}_{34}\text{O}_{11})_n$) виноградного жмыха;

получение лигногуминовых удобрений (NH_4NO_3) на основе нейтрализации сточных вод аммиаком (HNO_3) возникающих при обработке азотной кислотой;

применение ферментных препаратов Мультиферментного комплекса (МФК) (Целлолюкс-А+Ultraflo Core+BrewZyme BGX) в эффективном гидролизе целлюлозного сырья в технологии получения биоэтанола БТ_{II};

при повышении объемной концентрации биоэтанола с высокой эффективностью применяют технологию дополнительного введения фермента-субстрата (МФК+ПАО (продукт, обработанный азотной кислотой)) в реакционную массу.

использование биоэтанола из виноградного жмыха в качестве присадки к топливным нефтепродуктам с целью улучшения качества бензина.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL ON THE BASIS OF THE SCIENTIFIC
COUNCIL NUMBER DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 AWARDED SCIENTIFIC
DEGREES AT TASHKENT STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

**KAZAN FEDERAL UNIVERSITY
TASHKENT STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

DJAMALOV ZOKHID ZAFAROVICH

**DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENTALLY SAFE INTEGRATED
TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF SECOND-GENERATION
BIOETHANOL BASED ON GRAPE POMACE**

06.01.11 – Storage and processing of agricultural products

**ABSTRACT
DISSERTATIONS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON THE
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The dissertation topic of the Doctor of Philosophy (PhD) in the field of technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.4.PhD/T4060.

The dissertation was completed at Kazan (Volga Region) Federal University within the framework of the El-yurt Umidi Foundation program for training specialists abroad and interaction with compatriots at the Agency for the Development of Public Service under the President of the Republic of Uzbekistan in conjunction with Tashkent State Agrarian University.

Abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) posted on the website of the Scientific Council (www.tdau.uz) and the information and educational portal "Ziyo-net" (www.ziyounet.uz).

Scientific supervisor: Islamov Soh'ib Yakhshibekovich,
doctor of agricultural sciences, professor.

Official opponent: Azizov Aktam Sharipovich,
doctor of agricultural sciences, professor.

Sagdullaeva Dilafruz Saidakbarovna,
doctor of technical sciences, senior research fellow.

The leading organization: Samarkand agrolnnovations and research university.

The thesis will be sewn up 19 april 2024 year at 14⁰⁰ hours at the meeting of the one-time Scientific Council on the basis of Scientific Council DSc.05/29.04.2022.Qx.13.04 at the Tashkent State Agrarian University (Address: 100140, Tashkent, Universitetskaya str., house 2. Tel.: (+99871) 260-48-00; fax: (+99871) 260-38-60; tgau@edu.uz. The administrative building of the Tashkent State Agrarian University, 1st floor, meeting room).

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent State Agrarian University (registered under the number 5505-74). ((Address: 2 Universitetskaya str., Tashkent, 100140. Tashkent State Agrarian University, building of the Information Resource Center. Phone: (+99871) 260-50-43).

The abstract of the dissertation has been sent out 06 april 2024 of the year.
(registry protocol № 1, 01 april 2024 year).



J.N.Fayziev,
Chairman of the Scientific Council for
Awarding Academic Degrees, Doctor of
Agricultural Sciences, Professor

M.Z.Kholmurotov,
Scientific Secretary of the Scientific
Council for Awarding Academic Degrees,
Doctor of Ph.D., Associate Professor

S.A.Yunusov,
Chairman of the scientific seminar at the
Scientific Council for Awarding Academic
Degrees, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor

INTRODUCTION

(abstract of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD))

The purpose of the study. Reducing the environmental burden on the environment through the development of a technology for complex processing of grape pomace, which allows to obtain bioethanol and lignohumin fertilizers to improve soil quality.

The object of the study. Grape pomace is presented by "Meva-sharbat vinochilik experimental unitar korhona". As raw materials in the dissertation work, samples of grape pomace left over from pressing such grape varieties as pink Muscat, Aleatico, Rkatsiteli, Saperavi, Soyaki with a humidity of 30% were used. Grape harvest from August to November 2020 will be carried out by the experimental unitary enterprise winemaking (Tashkent region, Tashkent district).

The scientific novelty of the research is as follows:

for the first time, a detailed analysis of the complex technology for the production of bioethanol BT_{II} based on grape cake was carried out;

during the pretreatment of raw materials with nitric acid, mathematical modeling and triangular 3D diagrams were developed in order to optimize the technology for obtaining bioethanol BT_{II} , develop the composition of the nutrient medium and MEC, increase the efficiency of enzymatic hydrolysis and alcoholic fermentation processes;

for the first time, a combined process of enzymatic hydrolysis and alcoholic fermentation was developed, a 3D triangle diagram was developed based on grape cake when analyzing the effectiveness of sugar-containing substances and bioethanol BT_{II} ;

It was found that the composition of the nutrient medium, enriched with activators and minerals such as ammonium sulfate, potassium monophosphate, yeast extract, calcium chloride, magnesium sulfate, binzylpenicillin, gives effective results in the fermentation process;

Experimentally, it was proved that high efficiency results when using yeast strains Y-1693 from the Saccharomyces family, capable of exhibiting cellulase activity in the process of producing biofuel BT_{II} .

Implementation of the research results. Based on the results of research on the development of an environmentally safe integrated technology for the production of second-generation bioethanol based on grape cake:

The production of second-generation bioethanol based on grape cake as waste at grape processing enterprises was introduced in LLC "Zomin uzumzorlari Maidoni", Jizzakh region, Zaamin district, in relation to 1 ton of grape waste. (Certificate of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan dated January 15, 2024 No. 06/27-06/69). As a result, the profitability was 170%.

The production of second-generation bioethanol based on grape cake as waste at grape processing plants was introduced into the "Experimental Unitary Enterprise fruit and Juice Winemaking" Tashkent region, Tashkent district, per 1 ton of grape waste. (Certificate of the Ministry of Agriculture of the Republic of

Uzbekistan dated January 15, 2024 No. 06/27-06/69). As a result, the profitability was 170%.

The volume and structure of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 116 pages.

E'LON QILINGAN NASHRLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORK

I bo'lim (I часть; I part)

1. Djamalov Z.Z., Kemalov R.A., Islamov S.Y., Shamshiyev J.A. Кинетика и термодинамика сушки виноградного жмыха // “Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi” jurnali. – Xiva, 2023. - № 10/1. – В. 130-133 (06.00.00; № 12)
2. Djamalov Z.Z., Kemalov R.A., Islamov S.Y., Shamshiyev J.A. Оценка эффективности предварительной химической обработки виноградного жмыха и экологические аспекты процесса химического гидролизат // “Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi” jurnali. – Xiva, 2023. - № 10/1. – В. 133-136 (06.00.00; № 12)
3. Aralov X.M., Shamshiyev J.A., Islomov U.R., Djamalov Z.Z. Respublikamizning ekologo-geografik hududlarida yetishtirishga mo'ljallangan uzum navining agrobiologik hususiyatlari // “Agro kimyo himoya va o'simliklar karantini” jurnali. – Toshkent, 2023. – № 5. – В. 64-66 (06.00.00; № 11)
4. Djamalov Z.Z., Islamov S.Y., Shamshiyev J.A. Технология производства биоэтанола из виноградного жмыха // “O'zbekiston agrar fani xabarnomasi” jurnali. – Toshkent, 2023. – № 5 (11). – В. 155-162 (06.00.00; № 7)
5. Джамалов З.З., Кемалов Р.А. Современные состояние и пути совершенствования производства биоэтанола из виноградного жмыха // Журнал “Альтернативная энергетика и экология”. – Башкирия, 2023. – № 02 (407). – С. 34-42 (ISSN 1608-8298) (05.00.00; МДХ № 11)
6. Джамалов З.З., Кемалов Р.А. Моделирование составе мультиферментного комплекса для получения моносахаридов с высокой степенью конверсии // Журнал “Альтернативная энергетика и экология”. – Башкирия, 2023. – № 04 (409). – С. 42-48 (ISSN 1608-8298) (05.00.00; МДХ № 11)
7. Джамалов З.З., Кемалов Р.А. Исследование виноградных субпродуктов для получения биоэтанола на основе новых устойчивых штаммов // Журнал “Технологии нефти и газа”. – Москва, 2023. – № 2 (145). – С. 22-27 (ISSN 1815-2600) (05.00.00; МДХ № 80)
8. Jamalov Z.Z., Kemalov R.A., Islamov S.Y. Kinetics and Thermodynamics of Grape Drying // Journal “Eurasian Journal of Physics, Chemistry and Mathematics”. – Belgium, 2023. – № 21. – P. 67-70 (ISSN (E) 2795-7667) (SJIF 2024: 7.961)
9. Jamalov Z.Z., Kemalov R.A., Islamov S.Y. Evaluation of the Effectiveness of the Preliminary Chemical Treatment of Grape Cake and Environmental Aspects of the Chemical Hydrolysis Process // Journal “Eurasian Research Bulletin”. – Belgium, 2023. – № 23. – P. 31-33. (ISSN (E) 2795-7675) (SJIF 2024: 7.554)

10. Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Джамалов З.З., Брызгалов Н.И., Мансуров О.П. Способ получения биоэтанола из виноградной выжимки // Патент RU 2790726 С1 (28.02.2023)

II bo‘lim (II часть; II part)

11. Джамалов З.З., Кемалов Р.А., Кемалов А.Ф. Получение биотоплив и волокнистых целлюлозосодержащих материалов топливно-энергетического назначения в нефтегазовой отрасли // Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». – Москва, 2022. – № 11. – С. 12-21 (ISSN 2223-2966)
12. Джамалов З.З., Кемалов Р.А. Современное состояние и пути совершенствования производства биоэтанола из виноградной выжимки с использованием дрожжей *Saccharomyces cerevisie* // Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». – Москва, 2022. – № 12. – С. 11-18 (ISSN 2223-2966)
13. Pozilov M.N., Djamalov Z.Z. Vinomateriallar tayyorlash jarayonining uzum boshog‘ining tuzilishi va kimyoviy tarkibiga bog‘liqligi // “Innovatsion g‘oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliyotga tadbiiq etish muammolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik konferensiyasi materiallar to‘plami. – Jizzax, 2014. – B. 318-319.
14. Djamalov Z.Z. Uzum – shifobaxsh o‘simlik // “Iqtidorli yoshlarning ilmiy-texnik anjumani” mavzusidagi respublika konferensiyasi ma’ruza tezislari to‘plami. – Jizzax, 2015. – B. 50-53.
15. Djamalov Z.Z., Soatov B.O. Uzunning sharobbop navlari, kimyoviy tarkibi va istiqboli // “Xotin-qizlarning fan, ta’lim, madaniyat va innovatsion texnologiyalarni rivojlantirish sohasidagi yutuqlari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy amaliy anjuman materiallar to‘plami. – Jizzax, 2019. – B. 151-153.
16. Джамалов З.З. Перспективы получения биоэтанола в присутствии штаммов базидиальных грибов из лигноцеллюлозного сырья // Материалы XII Международной конференции “Химия нефти и газа” (Томск, 26–30 сентября 2022 года, Томск, Россия). – Томск, 2022. – С. 351-352.
17. Джамалов З.З., Мансуров О.П. Изучение штаммов базидиомицетов как перспективных продуцентов биоэтанола из лигноцеллюлозного сырья // Сборник статей Международной научно-практической конференции “Инновационный вектор развития современной науки” (3 ноября 2022 г.). – Петрозаводск, 2022. – С. 168-172.
18. Джамалов З.З., Мансуров О.П. Перспективные методы в области предварительной обработки лигноцеллюлозы для производства биоэтанола // Сборник статей III Международной научно-практической конференции “Новая наука в новом мире” (7 ноября 2022 г.). – Петрозаводск, 2022. – С. 194-199.

19. Джамалов З.З., Тулибаев А.Н. Биотехнологический потенциал производства биоэтанола, относительная диэлектрическая проницаемость смесей биоэтанола и бензина в зависимости от температуры и состава // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции “Роль науки и образования в модернизации и реформировании современного общества” (Новосибирск, 9 ноября 2022 г.). – Стерлитамак, 2022. – С. 6-9.
20. Джамалов З.З. Перспективы технологии этанолпродуцирующих микроорганизмов, участвующих в брожении // Сборник статей Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы теории и практики развития научных исследований” (10 ноября 2022 г., г. Пермь). – Уфа, 2022. – С. 14-18.
21. Джамалов З.З. Процесс гидролиза при получении биоэтанола из лигноцеллюлозного сырья // Сборник статей LXI Международной научно-практической конференции “Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации” (15 ноября 2022 г., г. Пенза). – Пенза, 2022. – С. 30-33.
22. Shamshiyev J.A., Djamalov Z.Z., Eshonqulova N.J., Hazratqulova S.G‘. Saqlash va qadoqlash jarayonlarining vertikal hududlarda yetishtirilgan uzum navlari hususiyatlariga ta’siri // “Qishloq xo‘jaligi, paxta va yengil sanoatda texnologik hamda ekologik muammolarning innovatsion yechimlari” mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. – Jizzax, 2023. – B. 389-394.
23. Kemalov R.A., Djamalov Z.Z., Islamov S.Y., Shamshiyev J.A. Биотоплив на основе отходов переработки винограда // “Qishloq xo‘jaligi, paxta va yengil sanoatda texnologik hamda ekologik muammolarning innovatsion yechimlari” mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. – Jizzax, 2023. – B. 395-402.
24. Shamshiyev J.A., Djamalov Z.Z., Eshonqulova N.J., Hazratqulova S.G‘. Ekologik-geografik hududlarda taifi roziviy uzum navini agrobiologic hususiyatlarini tadqiq qilish // “Qishloq xo‘jaligi, paxta va yengil sanoatda texnologik hamda ekologik muammolarning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. – Jizzax, 2023. – B. 407-413.

Avtoreferat «O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi»
jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi

Bosishga ruxsat berildi 05.04.2024. Bichimi (60x84) 1/16. Shartli bosma tabog‘i 2,75.
Nashriyot bosma tabog‘i 2,75. Adadi 100 nusxa. Bahosi kelishilgan narxda.

O‘zbekiston Respublikasi Davlat matbuot qo‘mitasining 21-3540 sonli guvohnomasi asosida
ToshDAU Tahririyat-nashriyot bo‘limining RIZOGRAF apparatida chop etildi.

