

UDK: 664.76

DON CHIQINDILARINING BIOTEXNOLOGIK QAYTA ISHLANISHI UCHUN OPTIMAL POMOL DISPERSLIGINI ANIQLASH

Sattarov Karim Karshiyevich

Guliston davlat universiteti proffesor

E-mail: doctor-sattarov@mail.ru

Tuxtamishova Gulnoza Karshibayevna

Guliston davlat universiteti dotsent

E-mail: gtuxtamishova@gmail.com

Samatova Malika Ulug'bek qizi

Guliston davlat universiteti magistr

E-mail: malika.kuchkaralieva.99@bk.ru

Anotatsiya. Maqolada bug'doyning turli darajada maydalanganligi spirt ishlab chiqarishdagi fraksion tarkib, ачитилган сусло sifat ko'rsatkichlari va aralashmalar miqdoriga ta'siri o'rganildi. Markazdan qochirma usulida susloning boshlang'ich, osaxarifikatsiya qilingan va achitilgan holatlarida fraksiyalar nisbati aniqlandi. Zarracha yirikligi kamayishi oqsilga boy qo'shimcha fraksiyaning shakllanishi va suyuqlik fraksiyasi kamayishiga olib keldi. Tiniqlashtirilgan suslodan olingan ачитилган суслонингларда mayda pomol spirt chiqishini oshirishi (7,7 % gacha) hamda erimagan kraxmal va yon mahsulotlar miqdorini kamaytirishi aniqlandi. Kombinatsiyalangan pomol qo'llanganda aralashmalar 15–20 % ga kamayib, fermentatsiya jarayoni samaradorligi oshdi. Natijalar maydalanganlik darajasini optimallashtirish spirt ishlab chiqarish sifatini yaxshilashga xizmat qilishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: *bug'doy pomoli; maydalanganlik darajasi; fraksion tarkib; suslo; osaxarifikatsiya; achitish; braga; spirt chiqishi; aralashmalar; oqsil fraksiyasi; kraxmal parchalanishi; tiniqlashtirilgan suslo; etanol ishlab chiqarish.*

Аннотация. В статье изучено влияние степени измельчения пшеницы на фракционный состав при производстве спирта, показатели качества сброженного сусла и содержание примесей. Центрифужным методом определено соотношение

фракций в начальном, осахаренном и сброженном состоянии сусла. Уменьшение размера частиц приводило к формированию дополнительной фракции, богатой белком, и снижению доли жидкой фракции. Установлено, что при использовании осветлённого сусла мелкий помол повышает выход спирта (до 7,7 %), а также снижает содержание нерастворённого крахмала и побочных продуктов. При применении комбинированного помола количество примесей уменьшалось на 15–20 %, что способствовало повышению эффективности процесса ферментации. Полученные результаты показывают, что оптимизация степени измельчения способствует улучшению качества спиртового производства.

Ключевые слова: помол пшеницы; степень измельчения; фракционный состав; сусло; осахаривание; брожение; брага; выход спирта; примеси; белковая фракция; разложение крахмала; осветлённое сусло; производство этанола.

Abstract. The article investigates the effect of different degrees of wheat grinding on the fractional composition in alcohol production, the quality indicators of fermented wort, and the content of impurities. Using a centrifugal method, the ratios of fractions were determined in the initial, saccharified, and fermented states of the wort. A decrease in particle size led to the formation of an additional protein-rich fraction and a reduction in the proportion of the liquid fraction. It was found that, when clarified wort was used, fine grinding increased alcohol yield (up to 7.7%) and reduced the content of undissolved starch and by-products. The application of combined grinding reduced impurities by 15–20% and improved the efficiency of the fermentation process. The results demonstrate that optimizing the degree of grinding contributes to improving the quality of alcohol production.

Keywords: wheat grinding; degree of grinding; fractional composition; wort; saccharification; fermentation; mash; alcohol yield; impurities; protein fraction; starch degradation; clarified wort; ethanol production.

Kirish. Agrar-sanoat majmuasida donni qayta ishlash korxonalari faoliyati davomida hosil boʻladigan qattiq va suyuq chiqindilar tarkibida biologik qiymati yuqori boʻlgan polisaxaridlar, oqsillar, tolalar va fermentatsiyaga yaroqli uglevodlar saqlanadi. Ushbu resurslardan samarali foydalanish nafaqat iqtisodiy jihatdan ahamiyatli, balki

ekotizimga yuklamani kamaytirishning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Zamonaviy biotexnologik yondashuvlar yordamida don chiqindilarini qayta ishlash orqali kraxmal etanol, organik kislotalar, biomassa, murakkab efirlar, yuqori qiymatli oqsil va boshqa fermentatsiya mahsulotlarini olish imkoniyati mavjud bo'lib, bu jarayon chiqindisiz texnologiyalar konsepsiyasini amalga oshirishda alohida ahamiyat kasb etadi.

Donni maydalash darajasi va zarracha dispersligi fermentlar faoliyati, kraxmalning osaxarifikatsiyalanish tezligi, oqsil va polisaxaridlarning parchalanish darajasi hamda fermentatsiya jarayonining umumiy samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, suslo tayyorlash jarayonidagi fraksion tarkibning shakllanishi, qattiq va suyuq fazalar nisbati, oqsil hamda kraxmal qoldiqlari miqdori bevosita pomolning fizik xususiyatlari bilan bog'liq. Mayda zarrachali pomollarda ferment-substrat kontakt yuzasi kengayadi, kraxmalning fermentativ gidrolizi to'liqroq kechadi, natijada fermentatsiya samaradorligi ortadi. Yirik pomollarda esa qattiq fraksiya ko'payib, oqsil qatlamlari shakllanishi va suyuq fazaning o'tishi qiyinlashishi tufayli spirt hosildorligi pasayadi, yon mahsulotlar yig'ilishi ortadi.

Don chiqindilarining biotexnologik qayta ishlashida disperslik darajasini optimallashtirish fermentatsiya davomida hosil bo'ladigan qo'shimcha aralashmalar yuqori to'yingan spirtlar, yog' kislotalari, murakkab efirlar, aldegidlar va boshqa noxush komponentlar miqdorini kamaytirish imkonini beradi. Kombinatsiyalangan pomol tarkibidan foydalanish etanol chiqishini oshirishi, aralashmalar konsentratsiyasini esa sezilarli darajada kamaytirishi aniqlangan. Bu esa donni qayta ishlash korxonalari uchun chiqindisiz texnologiya yaratish, energiya tejamkorlikni oshirish va ekologik barqaror ishlab chiqarishni ta'minlash nuqtai nazaridan muhim hisoblanadi. Shu sababli, ushbu tadqiqot don chiqindilaridan fermentatsiya mahsulotlari olish jarayonida pomol zarrachalarining disperslik darajasi va fraksion tarkib o'zgarishlarining fermentatsiya samaradorligiga ta'sirini chuqur tahlil qilishga qaratildi. Natijalar don asosidagi biotexnologik ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, qo'shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish hamda chiqindilardan yuqori samarali foydalanish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar sharhi. Donni qayta ishlash korxonalarida hosil bo'ladigan qattiq va suyuq chiqindilar biokimyoviy tarkibining boyligi sababli ularni biotexnologik qayta ishlash so'nggi yillarda ilmiy tadqiqotlarning muhim yo'nalishiga aylandi. Ko'plab manbalarda don chiqindilari tarkibida kraxmal, eruvchan uglevodlar, oqsil, gemitsellyuloza va boshqa biologik faol moddalarning mavjudligi qayd etilgan bo'lib, ular fermentatsiya jarayonlari uchun qimmatli substrat hisoblanadi. Adabiyotlarda keltirilishicha, xomashyo strukturasi va zarracha dispersligi ferment-substrat o'zaro ta'siri uchun asosiy omillardan biridir.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, don pomolining maydalanganlik darajasi kraxmalning fermentativ gidroliz tezligiga, oqsil komplekslarining parchalanish darajasiga hamda achitilgan susloning gomogenligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Zarracha yuzasining kengayishi osaxarifikatsiyalanish jarayonini tezlashtiradi va fermentatsiya samaradorligini oshiradi. Don chiqindilarini biokonversiya qilishda hosil bo'ladigan yon mahsulotlar yuqori spirtlar, aldegidlar, murakkab efirlar sifat ko'rsatkichlari bilan bevosita bog'liq. Optimal disperslik bu jarayonlarni tartibga solishga yordam beradi. Ko'pchilik tadqiqotlarda fermentatsiya jarayonida fraksion tarkibning shakllanishi xomashyo zarrachalarining fizik ta'sirlar ostida transformatsiyasidan dalolat berishi qayd etilgan. Don asosidagi chiqindilarni biotexnologik qayta ishlash bo'yicha mavjud ishlanmalar ko'p bo'lsa-da, pomol dispersligi va fraksion tarkibning o'zgarishi bilan fermentatsiya samaradorligi o'rtasidagi bog'liqlik to'liq o'rganilmagan. Mazkur tadqiqot ana shu ilmiy bo'shliqni to'ldirishga yo'naltirilgan

Materiallar va metodlar. Tadqiqotda donni qayta ishlash korxonalaridan olingan aralash tarkibli qattiq chiqindilar asosiy xomashyo sifatida tanlab olindi. Ushbu chiqindilar tarkibida kraxmal, oqsil va gidrolizga moyil polisaxaridlarning mavjudligi ularni fermentatsiya jarayonlari uchun maqsadga muvofiq substrat sifatida qo'llash imkonini beradi. Xomashyo dastlab maydalanganlik darajasiga ko'ra fraksiyalarga ajratildi. Pomol zarrachalari o'lchamiga ko'ra to'rtta asosiy guruh — 1 mm, >0,5 mm, >0,25 mm va <0,25 mm, shuningdek jarayon samaradorligini baholash uchun aralash (0,25–0,3–0,15 mm) pomol varianti shakllantirildi.

Suslo tayyorlash jarayonining uch bosqichi boshlang'ich, osaxarifikatsiyalangan va achitilgan holatlarida fraksion tarkibni aniqlash markazdan qochirma ajratish usuli yordamida amalga oshirildi. Buning uchun oldindan millimetr bo'linmalar bilan graduslangan maxsus probirkalar qo'llanildi, bu usul fraksiyalarning hajmiy ulushlarini aniqlik bilan baholash imkonini berdi. Har bir pomol guruhidan olingan suslo namunalarida fraksiyalarning barqaror shakllanishi, zich va g'ovak qatlamlar, oqsilga boy fraksiyalar hamda suyuq fazaning ajralish xususiyatlari qayd etildi.

Tadqiqot davomida har bir bosqichda quyidagi ko'rsatkichlar aniqlanib, solishtirma tahlil qilindi:

- fraksiyalarning hajmiy nisbati va ularning barqarorligi;
- nosbrog'langan uglevodlar miqdori ($\text{g}/100 \text{ sm}^3$);
- erimagan kraxmal qoldiqlari konsentratsiyasi (%);
- hosil bo'lgan spirt miqdori (% hajm);
- titranuvchi kislotalik ortish darajasi.

Olingan barcha eksperimental ma'lumotlar statistik qayta ishlanib, pomol zarrachalarining disperslik darajasi bilan fermentatsiya jarayoni samaradorligi o'rtasidagi funksional bog'liqlik aniqlandi. Bu yondashuv don chiqindilarini biokonversiya qilish texnologiyasini optimallashtirish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalari. Tadqiqot davomida bug'doy pomolining turli darajada maydalanganligi spirt ishlab chiqarishning asosiy bosqichlarida hosil bo'ladigan fraksion tarkib, suslo va achitma sifat ko'rsatkichlari hamda yakuniy aralashmalar miqdoriga ko'rsatadigan ta'siri batafsil o'rganildi. Markazdan qochirma ajratish usuli yordamida boshlang'ich, osaxarifikatsiya qilingan va achitilgan susloda fraksiyalarning shakllanishi, hajmiy ulushi va barqarorligi aniqlab borildi.

Achitilgan susloda ushbu oraliq fraksiyaning hajmi keskin ($0,2\text{--}0,9 \text{ sm}^3$ gacha) kamaydi. Buning sababi achitish jarayonida achitqilar oqsil moddalari va aminokislotalarni faol o'zlashtirishi bilan izohlanadi. Natijada oqsil qatlami kamayib, suyuq fraksiyaning barqarorligi oshdi. Osaxarifikatsiya bosqichida fraksiyalar soni pomol dispersligiga qarab o'zgardi: 1 mm va $>0,5 \text{ mm}$ zarrachalarda uchta fraksiya saqlanib qoldi, $>0,25 \text{ mm}$ va $<0,25 \text{ mm}$ o'lchamli zarrachalarda esa qo'shimcha ikki fraksiya hosil

bo'ldi hajmi $0,1 \text{ sm}^3$ atrofida bo'lgan g'ovak qatlam va deyarli ranglanmagan oqsil qatlami. Oqsil qatlami aynan mayda zarrachali pomollarda eng ravshan ajraldi ($2,9\text{--}3,3 \text{ sm}^3$). Eng ko'p oqsil fraksiyasi kombinatsiyalangan pomolda qayd etildi $4,5 \text{ sm}^3$.

Bu holat mayda dispers pomollarda kraxmal granularining to'liqroq ochilishi va oqsillarning suslo strukturasidan ajralib chiqishi bilan bog'liq.

1-jadval

Bug'doyning maydalanganlik darajasi asosida suslo bosqichlarida fraksiyalar hajmining o'zgarishi (sm^3)

Bug'doy maydalanganlik darajasi, mm	Boshlang'ich suslo (hajm, sm^3)			Osaxarifikatsiya qilingan suslo				Achtirilgan suslo				
	1-fr.	2-fr.	3-fr.	1-fr.	2-fr.	3-fr.	4-fr.	5-fr.	1-fr.	2-fr.	3-fr.	4-fr.
1,0	1,4	1,0	7,2	0	3,5	0,7	1,1	5,0	0	0,6	9,0	0
>0,5	1,8	0,7	7,5	0	6,5	0,5	1,5	3,0	0	0,9	8,8	0
>0,25	2,3	0,6	6,5	0	2,7	0,4	3,5	3,2	0	1,1	8,3	0
<0,25	3,4	0,5	5,8	0	1,2	0,3	3,2	5,0	0	1,5	7,9	0
Aralash pomol (0,25; 0,30; 0,15 mm)	3,1	1,1	6,2	0	0,6	1,1	4,2	4,2	0	1,5	8,0	0

Jadval tahlili shuni ko'rsatadiki, bug'doyning maydalanganlik darajasi suslodagi fraksiyalar hajmiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Kattaroq zarrachalardan ($1,0 \text{ mm}$) mayda fraksiyalargacha ($<0,25 \text{ mm}$) o'tganda birinchi fraksiyaning hajmi bosqichma-bosqich ortib borgan: boshlang'ich susloda bu ko'rsatkich $1,4 \text{ sm}^3$ dan $3,4 \text{ sm}^3$ gacha oshgan. Bunda donning maydalanganligi kuchayishi kraxmal va oqsilning susloga o'tishini yengillashtirgan.

Aksincha, uchinchi fraksiya ya'ni suyuqlik qatlami zarracha yirikligi kamaygan sari qisqargan bo'lib, $7,2\text{--}7,5 \text{ sm}^3$ oralig'idan $5,8 \text{ sm}^3$ gacha kamaygan. Bu mayda pomollarda qattiq fazaning ko'payishi va suv ushlab turish xususiyatining ortishi bilan izohlanadi.

Aralash pomol ($0,25; 0,30; 0,15 \text{ mm}$) esa fraksiyalarning o'zaro mutanosib taqsimlanishini ta'minlab, oqsil qatlami (4-fraksiya) hajmini $4,2 \text{ sm}^3$ gacha oshirgan. Bu variant suslo tarkibida oqsilning yanada yaxshi disperslanishi va fermentativ jarayonlarning samaraliroq kechganidan darak beradi. Mayda zarrachali pomollar

kraxmal granularining to'liqroq ochilishi, suvning qattiq faza tomonidan faolroq adsorbsiyasi hamda oqsilning yuqori darajada maydalanib susloga o'tishi bilan ajralib turadi. Shu sababli maydalanganlik darajasini optimallashtirish suslo tayyorlash jarayonining texnologik ko'rsatkichlarini yaxshilashda muhim omil hisoblanadi.

Bug'doy pomolining turli darajada maydalanganligi achitilgan tiniqlashtirilgan susloning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Tadqiqotda turli disperslikdagi pomollar asosida olingan tiniqlashtirilgan suslodan tayyorlangan achitma namunalarining asosiy sifat ko'rsatkichlari solishtirildi.

Olingan eksperimental natijalar 2-jadvalda keltirilgan bo'lib, ular bug'doy zarrachalarining yirikligi fermentatsiya jarayonida moddalarning gidrolizi, uglevodlarning o'zlashtirilishi hamda spirt hosil bo'lish darajasiga bevosita ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi. Mayda dispers pomollarda ferment-substrat o'zaro ta'siri kuchaygani sababli uglevodlarning fermentativ parchalanishi chuqurlashdi, erimagan kraxmal miqdori sezilarli kamaydi va spirt konsentratsiyasi yuqori bo'ldi. Aksincha, yirik zarrachali pomollarda gidroliz jarayoni nisbatan sekin kechganligi tufayli spirt konsentratsiyasi pastroq bo'ldi, qoldiq kraxmal esa ko'proq saqlandi.

2-jadval

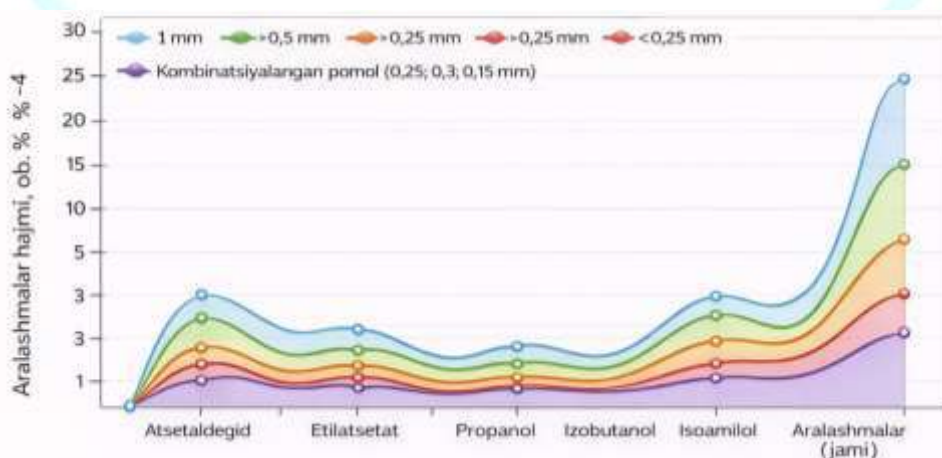
O'zbekiston sharoitida bug'doy maydalanganlik darajasiga qarab braga asosiy ko'rsatkichlarining o'zgarishi

Ko'rsatkichlar	1 mm (a)	>0,5 mm (b)	>0,25 mm (c)	<0,25 mm (d)	a : b : c : d (Aralash pomol)
Spirt konsentratsiyasi, % (hajm)	7,1	7,2	7,4	7,55	7,8
Nosbrog'langan uglevodlar, g/100 sm ³	0,47	0,41	0,36	0,34	0,33
Eritilmagan kraxmal, %	0,19	0,14	0,09	0,075	0,05
Titranuvchi kislotalik ortishi, gradus	0,36	0,30	0,24	0,16	0,11

Bug'doy pomolining yiriklik darajasi o'zgargan sari braga tarkibidagi spirt miqdorida sezilarli bo'lmasada, ma'lum darajada o'sish kuzatildi. Xususan, qo'pol pomollar (1 mm va >0,5 mm)dan tayyorlangan bragalarda spirt konsentratsiyasi mos ravishda 7,1–7,2 % hajmni tashkil etgan bo'lsa, maydaroq pomollarda (>0,25 mm va

$<0,25$ mm) bu ko'rsatkich 7,4–7,55 % gacha oshdi. Aralash pomoldan tayyorlangan braga esa eng yuqori natijani 7,8 % hajm spirt konsentratsiyasini berdi. Shunday qilib, maydalanganlik oshgani sari spirt hosildorligining nisbiy ortishi 1,09 % atrofida bo'ldi. Nosbrog'langan uglevodlar miqdori esa fraksiya yirikligiga kuchli bog'liq bo'lmagan holda barqaror saqlanib, o'rtacha $0,33\text{--}0,41$ g/100 sm³ oralig'ida bo'ldi. Bu ko'rsatkich fermentativ jarayonlar davomida uglevodlarning asosiy qismi mayda pomollarda ham, aralash pomolda ham samarali parchalangani bilan izohlanadi. Aralash pomol variantida fermentlarning faol markazlari bilan substrat yuqori molekulyar uglevodlarning o'zaro kontakts doirasi kengaygani sababli katalitik gidroliz jarayoni yanada qulay sharoitda kechdi. Natijada achitiladigan shakarlarga qadar bo'lgan fermentativ parchalanish samaradorligi oshdi va bu spirt hosildorligida o'z aksini topdi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, eng ko'p aralashmalar 1 mm yirik pomoldan tayyorlangan braga distillyatida to'plangan bo'lib, u boshqa mayda pomollarga nisbatan taxminan 2,3–2,6 baravar yuqori ko'rsatkichlarni namoyish etdi. Aksincha, eng kam aralashmalar $>0,25$ mm pomolda kuzatilib, ular $0,0096$ % hajm ($96,0 \times 10^{-4}$ %) ni tashkil etdi.

O'zbekiston sharoitida bug'doy donining kimyoviy tarkibi (kleykovina 22–28 %, kraxmal 60–68 %) mayda pomollarda kraxmal granularining to'liqroq ochilishini, oqsilning esa yuqori darajada disperslanishini ta'minlaydi. Shuning uchun maydalanganlik darajasini optimallashtirish braga tayyorlash jarayonida spirt chiqishi va aralashmalar miqdorini boshqarishda muhim texnologik omil hisoblanadi.



1- Maydalanganlik darajasiga qarab bug'doy bragasi distillyatlarida aralashmalar to'planish dinamikasi

Bug‘doy pomoli maydalanganlik darajasining spirt olish jarayoniga ta’siri tahlili shuni ko‘rsatadiki, aralash (kombinatsiyalangan) pomoldan foydalanish etanol chiqishini sezilarli darajada oshiradi. Grafik ma’lumotlariga ko‘ra, kombinatsiyalangan pomoldan tayyorlangan braga distillyatida umumiy aralashmalar miqdori eng past bo‘lib, 1 mm yirik pomolga nisbatan taxminan 2–2,5 baravar kam to‘plangan. Bu esa O‘zbekiston sharoitida olingan ma’lumotlar bo‘yicha etanol hosildorligini o‘rtacha 0,6–0,8 % gacha oshirish imkonini beradi.

Mayda zarrachali pomollar (<0,25 mm)da ham aralashmalar miqdorining ancha pastligi kuzatildi. Buning asosiy sababi, xamirturush hujayralarining shakarlarni to‘liqroq o‘zlashtirishi va ulardan spirt sintezi uchun samaraliroq foydalanishidir. Natijada polisaxaridlarning chuqur gidrolizi, oqsil va selluloza kabi murakkab tuzilmali birikmalarning ko‘proq parchalanishi, shuningdek, biomassa qoldiqlarining braga tarkibida kamroq qolishi ta’minlanadi.

Bu jarayonlar braganing yanada bir xil gomogen tarkibga ega bo‘lishiga olib keladi va distillyatsiya vaqtida yon mahsulotlar (izoamilol, propanol, izobutanol va boshqalar) hosil bo‘lishini keskin kamaytiradi. Grafikda aynan shularning yig‘ilishi >0,25 mm va aralash pomollarda eng past darajada ekani aniq ko‘rinadi.

Shu bois, O‘zbekiston sharoitida bug‘doy tarkibida kleykovina miqdorining o‘rtacha yuqoriligi (22–28 %), kraxmalning yaxshi eruvchanligi (60–68 %) hamda lokal fermentlar ishlatilishi kombinatsiyalangan pomoldan foydalanishni texnologik jihatdan yanada samarali qiladi. Bu nafaqat spirt chiqarish ko‘rsatkichini oshiradi, balki yon mahsulotlar ulushini 15–22 % gacha qisqartiradi, distillyat sifatini esa sezilarli darajada yaxshilaydi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari bug‘doy pomoli maydalanganlik darajasi spirt hosildorligi va achitilgan suslo sifatiga bevosita ta’sir qilishini ko‘rsatdi. Zarracha o‘lchami kichraygan sari kraxmalning parchalanishi yaxshilanib, spirt konsentratsiyasi 7,1–7,55 % gacha oshdi, kombinatsiyalangan pomolda esa eng yuqori — 7,8 % daraja qayd etildi. Grafik tahlil braga tarkibida yon mahsulotlar eng ko‘p 1 mm pomolda, eng kam esa >0,25 mm va aralash pomollarda to‘planganini ko‘rsatdi. Bu mayda pomollarda shakarlarning to‘liqroq o‘zlashtirilishi va jarayonning samarali borishi bilan bog‘liq.

O'zbekiston sharoitida kombinatsiyalangan pomoldan foydalanish etanol chiqishini oshirib, aralashmalar miqdorini sezilarli kamaytirishi bilan texnologik jihatdan eng maqbul variant hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

- 1.Абрамов А.Ф., Михайлов А.П. Технология спиртового производства. М.: Пищевая промышленность, 2014.368 с.
- 2.Курбанов Р., Абдуллаев Б., Юнусов Ш. О'zbekistonda don-kрахмал sanoati texnologiyalari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. 254 b.
- 3.Панков В.И., Синельников Б.Ф. Брожение крахмалсодержащего сырья. СПб.: Профессия, 2012. 432 с.
- 4.Karimov A., Nazarov O. Starch Hydrolysis and Fermentation Technologies. Tashkent: AgroScience Publishing, 2019. 189 p.
- 5.Юсупов Х., Nurmatov F. Gidrotermik ishlov berish va kraxmalning o'zgarishlari. Toshkent: Universitet, 2018. 204 b.
- 6.Perren R., Escher F. "Particle Size Reduction in Grains and Its Impact on Fermentation Efficiency." Journal of Cereal Science, 2016, Vol. 72, pp. 45–53.
- 7.Smith J., Chen Y. "Ethanol Yield Optimization Using Multi-Stage Milling." BioResources, 2018, Vol. 13(4), pp. 7821–7834.
- 8.Otaboev A., Tursunov M. Fermentatsiya jarayonlarida xamirturush faolligi va uning boshqarilishi. Samarqand: SamDU nashriyoti, 2022. 178 b.
- 9.Sirojiddinov A., Mamatqulov D. Spirt ishlab chiqarishda fermentlardan foydalanish samaradorligi. Qarshi: QXTI nashriyoti, 2020. 132 b.