

**ANOR SHARBATI CHIQINDILARIDAN BIOFAOL KOMPONENTLARGA  
BOY MAHSULOTLAR OLISH TEXNOLOGIYASI**

*Uraimova Xonzodabegim<sup>a</sup>, Khasanova Kholida<sup>b</sup>, Usmonov K<sup>b</sup>  
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti magistranti<sup>a</sup>  
“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti texnika  
fanlari falsafa doktori, dotsent<sup>b</sup>*

**Annotatsiya.** Zamonaviy oziq-ovqat sanoatida meva sharbatlarini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar ekologik muammo sifatida emas, balki qo'shimcha qiymatli biokimyoviy moddalar manbai sifatida qaralmoqda. Ushbu maqola anor (*Punica granatum L.*) sharbatini ishlab chiqarish natijasida hosil bo'ladigan po'misa va qobiq chiqindilarining tarkibiy xususiyatlari, ulardan bioaktiv moddalarni ekstraksiya qilishning zamonaviy yashil texnologiyalari, shuningdek, ularni oziq-ovqat, kosmetika va farmatsevtika sanoatlarida qo'llash istiqbollari haqida tahliliy sharh beradi. Anor sharbatini ishlab chiqarishda meva og'irligining 50% ga yaqini chiqindi ko'rinishida qoladi va bu chiqindilar polifenollar, ellagitaninlar, pektin, oziq tolalari, organik kislotalar va o'simlik moylari bilan boy. Oxirgi yillarda ultratovush yordamida ekstraksiya (UAE), ferment yordamida ekstraksiya (EAE) va ularning kombinatsiyasi (UAEE) kabi yashil texnologiyalar anor qobig'idan bioaktiv moddalarni olishda yuqori samaradorlik ko'rsatdi. Integratsiyalashgan biorefinery yondashuvi chiqindilarni oziq-ovqat ingredientlari, bioplastmassalar, kosmetik formulalar va farmatsevtik preparatlar ko'rinishida qayta ishlash imkoniyatini beradi. Shuningdek, anor chiqindisidan olingan pektin va fenol ekstraktlaridan yeyiladigan qoplamalar tayyorlash orqali meva va sabzavotlarni saqlash muddatini uzaytirish ham ko'rib chiqildi. Maqolada anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisini qayta ishlashning nazariy asoslari, amaliyotga tatbiq etishning samaradorligi va aylanma iqtisodiyot (circular economy) tamoyillariga mosligi haqida xulosa qilinadi.

**Kalit so'zlar:** anor chiqindisi, zero waste, biorefinery, bioaktiv moddalar, pektin, punicalagin, ultratovush yordamida ekstraksiya, ferment yordamida ekstraksiya.

### **Kirish**

Dunyo aholisining oziq-ovqat mahsulotlariga bo'lgan ehtiyojining ortib borishi bugungi kunda qishloq xo'jaligi mahsulotlarini samarali qayta ishlash muammosini dolzarb masalaga aylantirmoqda. Ayniqsa, meva va sabzavotlarni qayta ishlash sanoatida hosil bo'ladigan chiqindilar umumiy chiqindilar tarkibida sezilarli ulushni egallaydi. Jahon oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) ma'lumotlariga ko'ra, har yili qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat sanoatida 1,3 milliard tonnadan ortiq mahsulot

isrof qilinadi yoki chiqindi sifatida tashlab yuboriladi [1]. Bu holat nafaqat iqtisodiy zarar keltiradi, balki atrof-muhitga ham jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatadi, chunki parchalanuvchi organik chiqindilar anaerob sharoitda parchalanib, metan va boshqa issiqxona gazlarini hosil qiladi.

Anor (*Punica granatum L.*) qadim zamonlardan buyon insoniyat oziq-ovqat ratsionida muhim o'rin tutgan qimmatbaho mevalardan biri hisoblanadi. Uning vatani Eron va Markaziy Osiyo hududlari bo'lib, hozirgi kunda dunyoning tropik va subtropik mintaqalarida keng yetishtiriladi. Anor mevasi yuqori antioksidant faolligi, polifenollar, vitaminlar va mineral moddalar bilan boyligi sababli sog'liqni saqlash hamda oziq-ovqat sanoatida keng qo'llaniladi. Biroq, anor sharbatini ishlab chiqarish jarayonida meva massasining 43–50 % qismini tashkil etuvchi qobiq va po'misa (urug' qoldiqlari) chiqindi sifatida qoladi [2, 3]. Jahon miqyosida har yili anor sharbatini ishlab chiqarish natijasida taxminan 1,9 million tonna chiqindi hosil bo'lishi baholanmoqda [4].

Anor qobig'i va po'misasi ko'pincha "chiqindi" sifatida qaralishiga qaramay, ular aslida biokimyoviy jihatdan boy xom ashyo hisoblanadi. So'nggi ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, anor qobig'i ellagitaninlar (punikalagin, punikalin, korilagin), fenol kislotalar (ellagik va gallik kislotalar), flavonoidlar (kvertsitrin, kemferol, katexin) hamda oziq tolalariga boy [5, 6]. Shuningdek, anor urug'larida o'simlik moylari (90–95 % gacha konjugatsiyalangan linolen kislotalar), oqsillar va vitaminlar mavjud [7]. Ushbu birikmalar antioksidant, antimikrob, yallig'lanishga qarshi va antikanser xususiyatlarga ega bo'lib, ularni oziq-ovqat, kosmetika hamda farmatsevtika sanoatlarida qo'llash imkonini beradi.

Afsuski, hozirgi kunda ko'plab rivojlanayotgan mamlakatlarda, jumladan, O'zbekistonda ham anor va boshqa meva sharbatlari ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar yetarli darajada samarali qayta ishlanmaydi. Ko'pincha ular tashlab yuboriladi yoki oddiy kompostlash orqali utilizatsiya qilinadi. Bu esa qimmatli bioresurslarning yo'qotilishiga olib keladi. Shu sababli, anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash va ulardan qo'shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Mazkur maqolada anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlashning zamonaviy yondashuvlari, xususan, "yashil ekstraksiya" usullari, integratsiyalashgan biorefinery konsepsiyasi hamda ulardan olinadigan mahsulotlarning turli sanoat tarmoqlarida qo'llanilishi tahlil qilinadi. Maqolaning asosiy maqsadi-mavjud ilmiy tadqiqotlarni umumlashtirish orqali anor chiqindilarini qayta ishlashning samarali yo'nalishlarini aniqlash va ularni amaliyotga joriy etish bo'yicha nazariy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

**Anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisining tarkibi va bioaktiv potentsiali**

Anor sharbatini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilar tarkibiy jihatdan uch asosiy fraksiyadan iborat bo‘lib, ular qobiq (ekzokarp va mezokarp), po‘misa (pomace) hamda urug‘lardir. Ushbu fraksiyalarning har biri o‘ziga xos fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega bo‘lib, ularni turli yo‘nalishlarda qayta ishlash orqali yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar olish imkoniyati mavjud. Shu sababli, mazkur chiqindilarni kompleks o‘rganish va samarali utilizatsiya qilish zamonaviy oziq-ovqat texnologiyasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Anor qobig‘i meva massasining 43–50 % qismini tashkil etib, sharbat ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan eng katta hajmdagi chiqindi oqimi sifatida tavsiflanadi [3]. Qobiqning namligi odatda 70–75 % atrofida bo‘ladi, bu esa uni uzoq muddat saqlashda tez buzilish xavfini yuzaga keltiradi. Quruq modda tarkibida uglevodlar (50–70 %), xom oziq tolalari (5–20 %), oqsillar (2–9 %) hamda juda kam miqdorda yog‘lar (0–1 %) mavjudligi aniqlangan [8]. Biroq qobiqning asosiy ahamiyati uning yuqori miqdordagi polifenol birikmalariga boyligi bilan belgilanadi. Zamonaviy analitik usullar, jumladan ultrabinafsha (UV) spektroskopiya va yuqori samarali suyuq xromatografiya (HPLC) yordamida anor qobig‘ida ellagitaninlar guruhiga mansub birikmalar-punikalagin, punikalin, korilagin, shuningdek ellagik va gallik kislotalar hamda turli flavonoidlar aniqlangan [5, 6]. Mazkur moddalar kuchli antioksidant faollikka ega bo‘lib, ularni oziq-ovqat qo‘shimchalari, tabiiy konservantlar hamda farmatsevtik preparatlar ishlab chiqarishda qo‘llash imkonini beradi.

Po‘misa-bu sharbat siqib olingandan keyin qoladigan aralash qoldiq bo‘lib, u asosan qobiq bo‘laklari, urug‘lar va tolali to‘qimalardan iborat. Po‘misa kimyoviy tarkibiga ko‘ra ham muhim sanoat xom ashyosi hisoblanadi. Unda fenolik birikmalar miqdori 10–20 % (quruq modda hisobida) ni tashkil etadi, bu esa uning antioksidantlik xususiyatlarini belgilaydi [9]. Bundan tashqari, po‘misa tarkibida 20–25 % gacha pektin moddasi mavjud bo‘lib, u yuqori molekulyar polisaxarid sifatida gel hosil qilish xususiyatiga ega [9]. Shu sababli, pektin oziq-ovqat sanoatida keng qo‘llaniladigan tabiiy stabilizator va tekstura hosil qiluvchi modda hisoblanadi.

Po‘misaning yana bir muhim tarkibiy qismi lignotsellyuloza kompleksi bo‘lib, u selluloza, gemitsellyuloza va lignindan iborat [10]. Ushbu komponentlar biomassa sifatida qayta ishlanib, bioyoqilg‘i (bioetanol, biogaz) ishlab chiqarishda qo‘llanilishi mumkin. Bundan tashqari, lignotsellyuloza asosidagi materiallardan ekologik toza qadoqlash vositalari va kompozit materiallar tayyorlash imkoniyati mavjud. Po‘misa tarkibida shuningdek 30–35 % gacha oddiy shakarlar saqlanib qoladi [9], bu esa uni fermentatsiya jarayonlari uchun qulay substratga aylantiradi.

Anor urug‘lari ham muhim biokimyoviy komponentlarga ega bo‘lib, ular o‘simlik moylariga boyligi bilan ajralib turadi. Xususan, urug‘ moyi tarkibida punik kislota (konjugatsiyalangan linolen kislota) 90–95 % gacha ulushni tashkil etadi [7].

Ushbu modda biologik faol birikma sifatida yallig‘lanishga qarshi, antioksidant hamda yurak-qon tomir tizimini qo‘llab-quvvatlovchi xususiyatlarga ega. Bundan tashqari, urug‘lar tarkibida oqsillar, flavonoidlar, antosianinlar, vitaminlar va fitosterollar ham mavjud bo‘lib, ularni farmatsevtika va kosmetika sanoatida qo‘llash istiqbolli hisoblanadi [7].

Shunday qilib, anor sharbatini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilarni alohida fraksiyalarga ajratgan holda chuqur qayta ishlash orqali ulardan turli yo‘nalishlarda foydalanish mumkin. Bu esa nafaqat ishlab chiqarish chiqindilarini kamaytirishga, balki qo‘shimcha iqtisodiy samaradorlikka ham erishish imkonini beradi.

1-jadvalda anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindilarining asosiy fraksiyalari, ularning kimyoviy tarkibi hamda bioaktiv moddalari umumlashtirilgan holda keltirilgan.

Chiqindi fraksiyasi	Asosiy tarkibiy qismlar	Bioaktiv moddalar	Potensial qo‘llanish
Qobiq (peel)	Uglevodlar (50-70%), ozuq tolasi (5-20%), oqsil (2-9%)	Punicalagin, ellagik kislota, gallik kislota, flavonoidlar, pektin (9- 31%)	Oziq-ovqat qo‘shimchalari, kosmetika, antibakterial agentlar
Po‘misa (pomace)	Fenollar (10-20%), pektin (20-25%), shakarlar (30-35%)	Ellagitaninlar, pektin, lignotsellyuloza	Pektin, biogaz, biomassa
Urug‘lar (seeds)	Yog‘lar (12-16%), oqsillar (10-15%)	Punicik kislota, tokoferollar, fitosterollar	Osimlik moyi, oqsil izolyati, kapsulalar

*1-jadval. Anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisining asosiy fraksiyalari va ularning bioaktiv potentsiali*

Jadval ma‘lumotlari shuni ko‘rsatadiki, anor sharbatini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilarning har bir fraksiyasi o‘ziga xos qo‘shimcha qiymatga ega. Xususan, qobiq fraksiyasi polifenol birikmalar va pektinning yuqori konsentratsiyasi bilan ajralib turadi, bu esa uning oziq-ovqat hamda kosmetika sanoatlarida qo‘llanish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Po‘misa esa pektin va fenolik birikmalarni kompleks tarzda ajratib olish uchun istiqbolli xom ashyo sifatida baholanadi.

### 3. Zamonaviy ekstraksiya texnologiyalari

Anor qobig‘i va po‘misanidan bioaktiv moddalarni ajratib olishda an‘anaviy ekstraksiya usullari-mazeratsiya, Soxhlet usuli hamda gidrodistillyatsiya-bilan bir

qatorida zamonaviy “yashil” texnologiyalar ham keng qo‘llanilmoqda. Zamonaviy usullar qatoriga ultratovush yordamida ekstraksiya (UAE), mikroto‘lqinli ekstraksiya (MAE), ferment yordamida ekstraksiya (EAE) va superkritik CO<sub>2</sub> ekstraksiyasi kiradi. So‘nggi yillarda tadqiqotchilar an’anaviy usullarning ayrim kamchiliklari, jumladan yuqori energiya sarfi, uzoq davom etuvchi jarayonlar hamda issiqlikka sezgir birikmalarning parchalanishi sababli zamonaviy texnologiyalarga ko‘proq e‘tibor qaratmoqdalar [11, 12].

Ultratovush yordamida ekstraksiya (Ultrasound-Assisted Extraction, UAE) akustik kavitatsiya hodisasiga asoslangan bo‘lib, bu jarayonda suyuqlikda hosil bo‘ladigan mikropufakchalar yorilishi natijasida yuqori lokal bosim va harorat yuzaga keladi. Natijada o‘simlik hujayra devorlari parchalanadi, modda almashinuvi tezlashadi va bioaktiv birikmalarning erituvchiga o‘tishi jadallashadi. Patil va hamkorlari (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotda ultratovush quvvati, ekstraksiya vaqti hamda erituvchi–xom ashyo nisbati umumiy fenol moddalar (TPC) va antioksidant faollikka ta’siri jihatidan o‘rganilgan. Optimal sharoitlarda (25 daqiqa, 130 Vt, 50 % duty cycle) TPC 21,521 mg GAE/mL, antioksidant faollik esa 17,962 mg GAE/mL ga yetgani aniqlangan [13].

Rodrigues-Morales va hamkorlari (2025) tomonidan Taguchi L9 eksperimental dizayn usuli asosida anor qobig‘idan punikalagin ajratib olish jarayoni optimallashtirilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, etanol konsentratsiyasi 40 %, ekstraksiya vaqti 20 daqiqa hamda qattiq–suyuqlik nisbati 1:12 bo‘lgan sharoitlar eng samarali deb topilgan. Keyingi bosqichda flash-xromatografiya yordamida punikalaginning nisbiy miqdori 89,25 % ga teng bo‘lgan yuqori tozalangan fraksiya olingan [14]. Ushbu natijalar UAE texnologiyasining anor qobig‘idan yuqori sifatli bioaktiv komponentlarni ajratib olishda samarali ekanligini ko‘rsatadi.

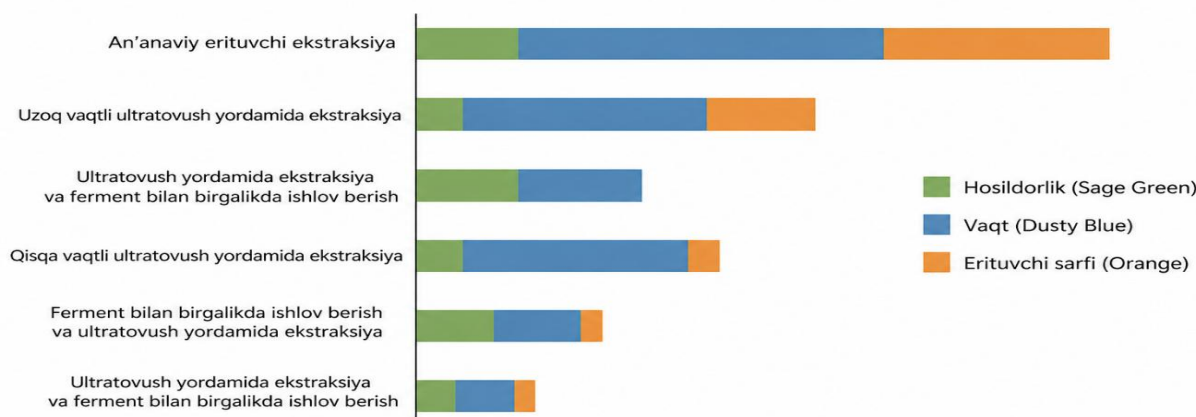
Ferment yordamida ekstraksiya (Enzyme-Assisted Extraction, EAE) usuli o‘simlik hujayra devorini tashkil etuvchi polisaxaridlar va oqsillarni fermentativ gidroliz qilishga asoslangan. Bu jarayon hujayra ichidagi moddalarni erituvchiga o‘tishini osonlashtiradi va ekstraksiya samaradorligini oshiradi. Patil va hamkorlari (2024) cellulaza fermentidan foydalangan holda anor qobig‘idan fenolik birikmalarni ajratib olish jarayonini o‘rganganlar. Ular pH 5, harorat 55 °C va ferment konsentratsiyasi 2 % bo‘lgan sharoitlarda umumiy fenol moddalar chiqishi maksimal darajaga yetganini aniqlaganlar [13]. Ushbu natijalar fermentativ usulning bioaktiv birikmalarni nisbatan “yumshoq” sharoitlarda samarali ajratib olish imkonini berishini tasdiqlaydi.

Ultratovush va ferment yordamida ekstraksiyaning kombinatsiyalangan usuli (UAEE) har ikkala texnologiyaning ustun jihatlarini o‘zida mujassam etadi. Ultratovush ta’sirida hujayra strukturasi mexanik buzilishi fermentlar uchun qo‘shimcha ta’sir yuzasini yaratadi, bu esa fermentativ gidroliz jarayonini tezlashtiradi.

Natijada ekstraksiya vaqti qisqaradi, erituvchi sarfi kamayadi va bioaktiv moddalarning saqlanish darajasi yuqori bo‘ladi. Patil va hamkorlari (2024) o‘tkazgan tadqiqot natijalari kombinatsiyalangan usulning alohida qo‘llanilgan UAE va EAE usullariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatgan [13].

2-rasmda anor qobig‘idan bioaktiv moddalarni ajratib olishning turli ekstraksiya usullarining qiyosiy samaradorligi keltirilgan.

### Anor po‘stidan biofaol birikmalarni ajratib olish usullari



2-rasm. Anor qobig'idan bioaktiv moddalarni ekstraksiya qilish usullarining qiyosiy tahlili (yig'ish, vaqt va erituvchi sarfi bo'yicha)

### Integratsiyalashgan biorefinery yondashuvi

Biorefinery-bu o‘simlik xom ashyosidan bir vaqtning o‘zida bir nechta qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlarni kompleks tarzda olishga asoslangan zamonaviy texnologik konsepsiya bo‘lib, u aylanma iqtisodiyot (circular economy) tamoyillarini amaliyotga joriy etishning samarali vositasi hisoblanadi. Ushbu yondashuvning asosiy maqsadi xom ashyodan maksimal darajada foydalanish, chiqindilar miqdorini minimallashtirish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishdan iborat.

Anor po‘misasi biorefinery tizimlari uchun istiqbolli xom ashyo hisoblanadi, chunki uning tarkibida bir vaqtning o‘zida bir nechta muhim komponentlar-pektin, polifenollar, o‘simlik moylari va oziq tolalari mavjud [9, 15]. Ushbu komponentlarni bosqichma-bosqich yoki integratsiyalashgan texnologiyalar asosida ajratib olish orqali turli sanoat tarmoqlari uchun qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarish mumkin.

Moreno va hamkorlari (2024) tomonidan anor po‘misasini lokal miqyosda qayta ishlashga mo‘ljallangan innovatsion biorefinery modeli taklif etilgan. Tadqiqotda ferment yordamida ekstraksiya usuli qo‘llanilib, po‘misadan o‘simlik moyi, pektin va antioksidant birikmalarni ajratib olish jarayoni o‘rganilgan. Jarayon yakunida qolgan qattiq qoldiqning taxminan 30 % qismi erimaydigan oziq tolalaridan iborat bo‘lib, uni bioenergiya manbai sifatida ishlatish mumkinligi qayd etilgan. Natijalarga ko‘ra, 100

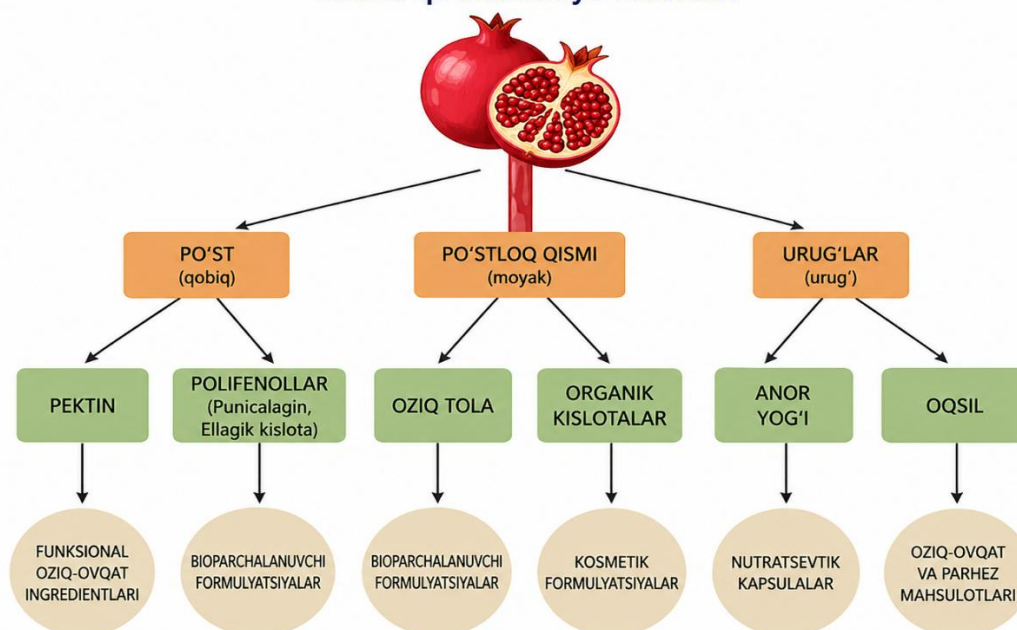
g quruq po‘misadan 1,67 g anor moyi, 2,77 g pektin hamda 42,72 g antioksidant gidrolizat ajratib olingan [9].

Ajratib olingan mahsulotlarni keyingi qayta ishlash orqali ularning funksional imkoniyatlarini kengaytirish mumkin. Xususan, anor moyini pektin eritmasiga dispersiyalash natijasida barqaror emulsiya hosil qilinadi. Mazkur emulsiya tarkibining 98,9 % qismi aynan chiqindidan olingan komponentlardan tashkil topgan bo‘lib, bu yuqori darajadagi resurs samaradorligini ko‘rsatadi. Bunday emulsiyalar kosmetika sanoatida, xususan, terini parvarishlash vositalari (masalan, yuz serumlari) sifatida qo‘llanishi mumkin. Ular antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, tiklovchi va qarishga qarshi (anti-age) xususiyatlarga ega ekanligi bilan tavsiflanadi [9].

Mazkur yondashuv qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat sanoati chiqindilaridan yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarishning amaliy jihatdan real va iqtisodiy jihatdan samarali yo‘nalish ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, biorefinery konsepsiyasini joriy etish ekologik yuklamani kamaytirish, chiqindilarni kamaytirish va barqaror rivojlanishni ta‘minlashga xizmat qiladi.

1-rasmda anor sharbatini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilarni kompleks qayta ishlash asosida qo‘shimcha qiymatli mahsulotlar olishning integratsiyalashgan texnologik sxemasi keltirilgan.

#### Anor mevasining qismlari va ularning biofaol birikmalari hamda qo‘llanilish yo‘nalishlari



1-rasm. Anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisidan qo‘shimcha qiymatli mahsulotlar olishning integratsiyalashgan sxemasi

Silva va hamkorlari (2025) o‘tkazgan tadqiqotda anor sharbatini ishlab chiqarish zanjiridagi qobiq va po‘misa fraksiyalari kompleks tahlil qilindi. Ular pektin va suvli fenol ekstraktini anor qobig‘i unidan ajratib olishdi va ulardan qulupnay uchun

yeyiladigan qoplamalar (edible coatings) tayyorladilar. Natijada, fenol ekstrakti bilan boyitilgan qoplama (PExC) umumiy fenol tarkibini 8,20 +/- 0,13 mg GAE/mL darajasiga yetkazdi va sovuq saqlash sharoitida qulupnay ichimliklarining rang saqlanishini yaxshiladi [10]. Bu tadqiqot anor chiqindisidan oziq-ovqat sanoatida bevosita qo'llaniladigan mahsulotlar olishning amaliy yo'nalishini namoyish etadi.

### Qayta ishlangan mahsulotlarning qo'llanish sohalari

Anor chiqindisidan olingan pektin oziq-ovqat sanoatida keng qo'llaniladigan tabiiy gellyant va stabilizator hisoblanadi. Ko va hamkorlari (2021) anor chiqindisining oziq-ovqat va kosmetika ilovalari uchun biokomponentlarini tahlil qilgan sharhda pektining konservalangan mahsulotlarda, murabbolarda, sharbatlarda va sut mahsulotlarida qo'llanishini ko'rib chiqdilar [16]. Muhammad va hamkorlari (2023) anor qobig'i qo'shilgan pishiriqlarni tayyorlab, ularning oziqlanish xususiyatlarini oshirish imkoniyatini ko'rsatdilar [17].

Lacivita va hamkorlari (2021) anor qobig'i unidan meva salatlarida tabiiy konservant sifatida foydalanishni taklif qildilar. Ushbu tadqiqot shuni ko'rsatdiki, anor qobig'i qo'shilgan salatlar nafaqat mikroorganizmlarning o'sishini inhibition qiladi, balki mahsulotning antioksidant potensialini ham oshiradi [18].

Anor qobig'ining kosmetika va tibbiyot sanoatlarida qo'llanishi so'nggi yillarda alohida qiziqish uyg'otmoqda. Barghchi va hamkorlari (2023) anor qobig'i ekstraktining no-alkogolli jigar yog'lanish kasalligi bo'lgan bemorlarda metabolik sindrom omillarini yaxshilash xususiyatlarini klinik tadqiqotlar orqali isbotladilar [19].

Yashil nanotexnologiya sohasida anor qobig'i ekstrakti nanopartikullar (kumush, mis oksidi, temir oksidi) sintez qilishda tabiiy reduksiya agenti sifatida ishlatilmoqda. Hashem va hamkorlari (2023) anor qobig'i ekstrakti yordamida bimetalik kumush-kremniy oksidi nanopartikullarini biosintez qilishdi va ularning antimikrob va antikanser faolligini namoyish etdilar [20]. Bu tadqiqotlar anor chiqindisining qimmatbaho nanomaterial olish uchun ham xom ashyo bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

2-jadvalda anor qobig'idan bioaktiv moddalarni ekstraksiya qilishning zamonaviy usullarining asosiy parametrlari va natijalari qiyoslangan.

Ekstraksiya usuli	Optimal parametrlar	TPC (maks)	Asosiy birikmalar	Manba
UAE	25 daq, 130 Vt, 50% duty, L/S 50:1	21,5 mg GAE/mL	Polifenollar, ellagik kislota	[13]
EAE (cellulaza)	40 daq, pH 5, 55°C, 2% ferment	15,2 mg GAE/mL	Polifenollar, pektin	[13]
UAEE	25 daq, 130 Vt, 0,32% viskozim	21,5+ mg GAE/mL	Kompleks polifenollar	[13]

Ekstraksiya usuli	Optimal parametrlar	TPC (maks)	Asosiy birikmalar	Manba
UAE + flash xromatografiya	20 daq, 40% etanol, 1:12	89,25%	Punicalagin fraksiyasi	[14]
Superkritik CO <sub>2</sub>	28,7 MPa, 60°C	50-75% limonen	Efir moylari, D-limonen	[21]

*2-jadval. Anor qobig'idan bioaktiv moddalarni ekstraksiya qilishning zamonaviy usullarining qiyosiy tahlili*

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, kombinatsiyali usullar (UAEE) alohida usullarga qaraganda yuqori samaradorlikka ega. Shuningdek, superkritik CO<sub>2</sub> usuli efir moylarini ajratishda yuqori selektivlikka ega, lekin u yuqori bosimli uskunalarda talab qiladi va kapital xarajatlar yuqori bo'lishi mumkin.

### Muammolar

Anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisini qayta ishlash sohasida katta istiqbollarga bo'lishiga qaramay, bir qator amaliy va ilmiy muammolar mavjud. Birinchidan, chiqindilarning tarkibi navlar, yetishtirish sharoitlari, pirolash usullari va saqlash sharoitlariga qarab o'zgarishi mumkin. Bu esa qayta ishlash texnologiyalarini standartlashtirishni qiyinlashtiradi.

Ikkinchidan, laboratoriya sharoitlarida ishlab chiqarilgan ko'pgina samarali usullar (xususan, superkritik ekstraksiya va flash-xromatografiya) sanoat miqyosiga kengaytirilganda iqtisodiy jihatdan samaradorligini yo'qotishi mumkin. Moreno va hamkorlari (2024) ta'kidlaganidek, lokal biorefinery modellarini rivojlantirish kichik va o'rta korxonalar uchun eng realistik yo'nalish bo'lib, ular past energiya talab qiluvchi jarayonlardan foydalanib, mahalliy bozorlarga mos mahsulotlar ishlab chiqarishi mumkin [9].

Uchinchidan, chiqindilardan olingan mahsulotlar uchun qat'iy sertifikatlash va xavfsizlik standartlari mavjud emasligi yangi biomaterial bozorini rivojlanishini sezilarli sekinlashtiradi. Xususan, kosmetika va oziq-ovqat ilovalari uchun chiqindilardan olingan komponentlarning toksikologik xavfsizligini baholash bo'yicha to'liq tadqiqotlar olib borilishi kerak.

To'rtinchidan, rivojlanayotgan mamlakatlarda, jumladan O'zbekistonda, anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindilarini ajratib olish va qayta ishlash uchun zarur bo'lgan infratuzilma va texnik bilimlar yetarli darajada emas. Shu sababli, mahalliy sanoatni rivojlantirish uchun davlat qo'llab-quvvatlash dasturlari va xalqaro hamkorlik loyihalari alohida ahamiyat kasb etadi.

### Xulosa

Ushbu maqolada anor sharbatini ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilarni qayta ishlash va ulardan qo'shimcha qiymatli mahsulotlar olish texnologiyalari tahlil qilindi. Olingan natijalar quyidagilarni ko'rsatadi:

Birinchi, anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisi (qobiq, po'misa va urug'lar) ekologik muammo emas, balki yuqori qiymatli biokimyoviy moddalar manbai hisoblanadi. Qobiq fraksiyasi polifenollar (punicalagin, ellagik kislota), pektin va flavonoidlar bilan, po'misa pektin va fenol birikmalari bilan, urug'lar esa o'simlik moylari va oqsillar bilan boy.

Ikkinchi, so'nggi yillarda ishlab chiqilgan ultratovush yordamida ekstraksiya (UAE), ferment yordamida ekstraksiya (EAE) va ularning kombinatsiyasi (UAEE) kabi zamonaviy yashil texnologiyalar anor chiqindisidan bioaktiv moddalarni olishda an'anaviy usullarga qaraganda yuqori samaradorlik, qisqa vaqt va kam erituvchi sarfi bilan ajralib turadi. Optimallashtirilgan sharoitlarda umumiy fenol tarkibi 21,5 mg GAE/mL va antioksidant faollik 17,96 mg GAE/mL darajasiga yetkazilishi mumkin.

Uchinchi, integratsiyalashgan biorefinery yondashuvi anor po'misidan bir vaqtning o'zida bir necha mahsulot (moy, pektin, antioksidant gidrolizat) olish imkoniyatini beradi. Lokal miqyosda qo'llaniladigan past energiya talab qiluvchi biorefinery modellari kichik va o'rta korxonalar uchun eng realistik va iqtisodiy jihatdan samarali yo'nalishdir.

To'rtinchi, anor chiqindisidan olingan mahsulotlar oziq-ovqat sanoatida (tabiiy konservantlar, gellyantlar, oziq-ovqat qo'shimchalari), kosmetika sanoatida (yuz serumlari, qoplamalar) va farmatsevtika sanoatida (antimikrob va antikanser preparatlar) keng qo'llanilishi mumkin. Shuningdek, yashil nanotexnologiya sohasida anor qobig'i ekstraktlari nanopartikullar biosintezi uchun tabiiy agent sifatida ishlatilmoqda.

Ushbu maqolani yozishdagi maqsad va avvalgi tadqiqotlardan farq: Avvalgi ilmiy ishlar asosan anor mevasining sog'liq uchun foydalari, uning sharbatining antioksidant xususiyatlari yoki alohida ekstraksiya usullarini optimallashtirishga qaratilgan edi. Ushbu maqolaning yangiligi va farqi shundaki, bu erda anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisining kompleks va integratsiyalashgan qayta ishlash konsepsiyasi taqdim etilgan. Muallif eksperimental tajribasiz bo'lsa-da, nashr etilgan 2021-2026 yillardagi ilmiy maqolalarning natijalarini tahlil qilib, ularni umumlashtirishga, anor chiqindisini qayta ishlashning 'zero waste' tamoyillariga mos keladigan butunlay yangi nazariy modelini taklif qilishga harakat qildi. Xususan, lokal biorefinery yondashuvining amaliyotga tatbiq etish imkoniyatlari, turli ekstraksiya usullarining qiyosiy samaradorligi va ularning turli sanoat sohalarida qo'llanishi birinchi marta bitta maqolada sistemlashtirildi.

Nazariy tavsiyalar: Anor sharbatini ishlab chiqarish chiqindisini samarali qayta ishlash uchun quyidagilar tavsiya etiladi: (1) kichik va o'rta sharbat ishlab chiqarish korxonalari yonida lokal biorefinery ochish, bunda po'misadan moy, pektin va fenol gidrolizat kompleks olinadi; (2) anor qobig'idan polifenollar ajratishda ultratovush va ferment kombinatsiyali ekstraksiyani qo'llash, chunki bu usul yuqori samaradorlik va ekologik tozalik bilan ajralib turadi; (3) olingan pektin va fenol ekstraktlaridan meva va sabzavotlar uchun yeyiladigan qoplamalar tayyorlashni yo'lga qo'yish, bu mahsulotlarni saqlash muddatini uzaytiradi va ekologik ziyonni kamaytiradi; (4) davlat va xususiy sektor hamkorligida anor chiqindisini qayta ishlash texnologiyalarini rivojlantirish uchun maxsus ilmiy-tadqiqot markazlari tashkil etish.

Kelajak tadqiqotlari uchun yo'nalishlar: anor chiqindisining tarkibiy xususiyatlarini navlar va geografik omillar asosida to'liq tizimlashtirish; superkritik CO<sub>2</sub> va chuqir eutektik erituvchilar (DES) bilan ekstraksiyaning sanoat miqyosidagi qo'llanish iqtisodiyoti; anor chiqindisidan olingan mahsulotlarning in vivo bioavailability va toksikologik xavfsizligini baholash; agran sanoat chiqindilarini (anor, olma, sitrus) kompleks biorefineryda birgalikda qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqish kerak.

#### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati:

1. FAO, The State of Food and Agriculture 2019. Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction, Rome, 2019.
2. Sarker A., Ahmmed R., Ahsan S.M. et al., A comprehensive review of food waste valorization for the sustainable management of global food waste, Sustainable Food Technol., 2024, 2, 48-69, DOI: 10.1039/d3fb00156c.
3. Rodrigues-Morales E.M., Alvarez-Zuniga P., Sanchez L. et al., Ultrasound-Assisted Extraction Optimization and Flash Chromatography Fractionation of Punicalagin from Pomegranate Peel (*Punica granatum* L.), Processes, 2025, 12(10), 279, DOI: 10.3390/pr12102779.
4. Huang Z., Foo S.C., Choo W.S., A review on the extraction of polyphenols from pomegranate peel for punicalagin purification: Techniques, applications, and future prospects, Sustain. Food Technol., 2025, 3, 396-413.
5. Lampakis D., Skenderidis P., Leontopoulos S., Technologies and Extraction Methods of Polyphenolic Compounds Derived from Pomegranate (*Punica granatum*) Peels. A Mini Review, Processes, 2021, 9, 236, DOI: 10.3390/pr9020236.
6. Wu W., Jiang S., Liu M., Tian S., Simultaneous process optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols and ellagic acid from pomegranate (*Punica granatum* L.) flowers and its biological activities, Ultrason. Sonochem., 2021, 80, 105833, DOI: 10.1016/j.ultsonch.2021.105833.

7. Ko K., Dadmohammadi Y., Abbaspourrad A., Nutritional and bioactive components of pomegranate waste used in food and cosmetic applications: A review, *Foods*, 2021, 10(3), 657, DOI: 10.3390/foods10030657.
8. Waste valorization utilizing green nanotechnology: a sustainable approach for pomegranate peel agro wastes in skincare formulations, *Bioresour. Bioprocess.*, 2025, 12, 58, DOI: 10.1186/s40643-025-00958-6.
9. Moreno A.D., Duque A., Gonzalez A. et al., New Biorefinery Approach for the Valorization of Fruit Processing Waste at a Local Scale: Pomegranate Pomace as Case Study, *Waste Biomass Valorization*, 2024, DOI: 10.1007/s12649-024-02759-y.
10. Silva E.K. et al., Towards zero waste in pomegranate juice by-products, *J. Clean. Prod.*, 2025, 524, 146480, DOI: 10.1016/j.jclepro.2025.146480.
11. Cheng J., Li J., Xiong R.G. et al., Bioactive compounds and health benefits of pomegranate: an updated narrative review, *Food Biosci.*, 2023, 53, 102629, DOI: 10.1016/j.fbio.2023.102629.
12. Olmedo-Galarza V., Pinto-Mosquera N., Pineda-Flores H. et al., Citrus Waste Valorization: Unconventional Pathways for Sustainable Biomaterials and Bioactive Products, *Sustainability*, 2025, 17(24), 10887, DOI: 10.3390/su172410887.
13. Patil N., Yadav P., Gogate P.R., Ultrasound assisted intensified enzymatic extraction of total phenolic compounds from pomegranate peels, *J. Ind. Eng. Chem.*, 2024, DOI: 10.1016/j.jiec.2024.09.006.
14. Rodrigues-Morales E.M. et al., Ultrasound-Assisted Extraction Optimization and Flash Chromatography Fractionation of Punicalagin from Pomegranate Peel, *Processes*, 2025, 12(10), 279.
15. Carmona-Cabello M., Garcia I.L., Leiva-Candia D., Dorado M.P., Valorization of food waste based on its composition through the concept of biorefinery, *Curr. Opin. Green Sustainable Chem.*, 2018, 14, 67-79, DOI: 10.1016/j.cogsc.2018.06.011.
16. Ko K., Dadmohammadi Y., Abbaspourrad A., Nutritional and bioactive components of pomegranate waste used in food and cosmetic applications: A review, *Foods*, 2021, 10(3), 657.
17. Muhammad S. et al., Preparation of cookies fortified with pomegranate peels, 2023.
18. Lacivita V., Incoronato A.L., Conte A., Del Nobile M.A., Pomegranate peel powder as a food preservative in fruit salad: A sustainable approach, *Foods*, 2021, 10(6), 1359, DOI: 10.3390/foods10061359.
19. Barghchi H. et al., Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract ameliorates metabolic syndrome risk factors in patients with non-alcoholic fatty liver

- disease: a randomized double-blind clinical trial, *Nutr. J.*, 2023, 22, 1-17, DOI: 10.1186/S12937-023-00869-2.
20. Hashem A.H., El-Sayyad G.S., Antimicrobial and anticancer activities of biosynthesized bimetallic silver-zinc oxide nanoparticles using pomegranate peel extract, *Biomass Convers. Biorefin.*, 2023, DOI: 10.1007/s13399-023-04126-8.
  21. Sustainable utilization of citrus peel waste, *Bioresource Technology Reports*, 2025, DOI: 10.1016/j.biteb.2025.101789.
  22. Kumar N., Pratibha N., Sami R. et al., Effects of drying methods and solvent extraction on quantification of major bioactive compounds in pomegranate peel waste using HPLC, *Sci. Rep.*, 2022, 12, 11881, DOI: 10.1038/S41598-022-11881-7.
  23. Gosset-Erard C., Zhao M., Lordel-Madeleine S., Ennahar S., Identification of punicalagin as the bioactive compound behind the antimicrobial activity of pomegranate peels, *Food Chem.*, 2021, 352, 129396, DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129396.
  24. Chakravarty I., Mandavgane S.A., Valorization of fruit and vegetable waste for biofertilizer and biogas, *J. Food Process Eng.*, 2021, 44(2), e13512, DOI: 10.1111/jfpe.13512.
  25. Srivastava N. et al., Biohydrogen production using kitchen waste as substrate: A potential sustainable approach, *Chemosphere*, 2021, 271, 129537, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.129537.