

SHARBAT KONSERVALASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI: ZAMONAVIY USULLAR, QURILMALAR VA SIFATNI BOSHQARISH

Elmanov Abbos Begmat o'g'li,

Qarshi davlat texnika universiteti

a.elmanov@kstu.uz

Bozorov Rustam Tilovberdivich

Qarshi davlat texnika universiteti

bozorovrustamtilovberdivich@gmail.com

Tojiyev Davron

davrontojiyev@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21132847>

Annotatsiya. Ushbu maqolada sharbatlarni saqlash muddatini uzaytirish va mahsulot sifatini yuqori darajada ushlab turish maqsadida qo'llaniladigan konservalash texnologiyalarining ilmiy asoslari, amaliy qo'llanilishi va qurilmaviy yechimlari tizimli tarzda o'rganiladi. Issiqlik bilan ishlav berish, past harorat, kimyoviy konservantlar, inert gaz muhiti, yuqori bosim, impuls elektr maydoni va UV-nurlanish usullari qiyosiy tahlil qilinadi. Mahalliy meva-sabzavot xom ashyosi uchun optimallashtirish masalalari va «oziq moddalar saqlanishi — mahsulot xavfsizligi» murossasini topishning zamonaviy yondashuvlari muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: konservalash, pasterizatsiya, sterilizatsiya, yuqori bosimli ishlav berish (HPP), pulsed electric field (PEF), UV-nurlanish, antioxidantlar, sharbat xavfsizligi, sovuq zanjir,

ТЕХНОЛОГИИ КОНСЕРВИРОВАНИЯ СОКОВ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аннотация. В данной статье рассмотрены теоретические и практические основы современных технологий консервирования фруктовых и овощных соков, направленных на увеличение срока хранения продукции, обеспечение её микробиологической безопасности и максимальное сохранение биологически активных веществ. В исследовании проведена сравнительная оценка традиционных методов тепловой обработки (пастеризации и стерилизации) и инновационных нетермических технологий, включая обработку высоким давлением (High Pressure Processing, HPP), импульсное электрическое поле (Pulsed Electric Field, PEF), ультрафиолетовое излучение (UV-C), хранение в среде инертных газов и технологии холодной цепи. Рассмотрена эффективность каждого метода с точки зрения инактивации микроорганизмов, сохранения витаминов и антиоксидантов, энергопотребления и экономической эффективности. Кроме того, проанализированы основные виды технологического оборудования, используемого в процессах консервирования, их конструктивные особенности и принципы работы. Особое внимание уделено вопросам оптимизации технологических параметров для соков, производимых из местного плодовоовощного сырья. Полученные результаты создают научную основу для выбора эффективных технологических решений, обеспечивающих качество и безопасность

продукции при сохранении её пищевой ценности в условиях промышленного производства соков.

Ключевые слова: консервирование соков, пастеризация, стерилизация, обработка высоким давлением (HPP), импульсное электрическое поле (PEF), УФ-излучение (UV-C), микробиологическая безопасность, антиоксиданты, витамины, пищевая технология, контроль качества, холодовая цепь.

JUICE PRESERVATION TECHNOLOGIES: MODERN METHODS, EQUIPMENT AND QUALITY MANAGEMENT

Abstract. *This article analyzes the theoretical and practical foundations of modern juice preservation technologies aimed at extending shelf life, ensuring microbiological safety, and maximizing the retention of biologically active compounds in fruit and vegetable juices. The study comparatively evaluates traditional thermal treatment methods (pasteurization and sterilization) alongside innovative non-thermal technologies, including High Pressure Processing (HPP), Pulsed Electric Field (PEF), ultraviolet irradiation (UV-C), inert gas packaging, and cold chain technologies. The effectiveness of each method is assessed in terms of microbial inactivation, retention of vitamins and antioxidants, energy consumption, and economic efficiency. Furthermore, the main technological equipment used in preservation processes, their design characteristics, and operating principles are examined. Particular attention is given to the optimization of technological parameters for juices produced from locally available fruit and vegetable raw materials. The findings provide a scientific basis for selecting efficient technological solutions that ensure product quality and safety while preserving nutritional value in industrial juice production.*

Keywords: *juice preservation, pasteurization, sterilization, High Pressure Processing (HPP), Pulsed Electric Field (PEF), UV-C irradiation, microbiological safety, antioxidants, vitamins, food technology, quality control, cold chain.*

KIRISH

Sharbat va meva ichimliklarini konservalash — mahsulotning mikrobiologik xavfsizligini ta'minlash bilan birga, iste'molchiga biologik faol moddalar, vitaminlar va tabiiy aroma-xususiyatlarini imkon qadar to'liq yetkazib berishni maqsad qilgan texnologik muammodir. Bu ikki vazifani bir vaqtda hal qilish uzoq vaqtdan beri oziq-ovqat texnologiyasining markaziy ilmiy muammolaridan biri bo'lib kelgan.

Jahon sog'lomlashtirish tashkilotining ma'lumotlariga ko'ra, oziq-ovqatdan yuqadigan kasalliklarning 30% dan ortig'i noto'g'ri saqlangan yoki qayta ishlangan suyuq mahsulotlar bilan bog'liq. Sharbat sanoatida asosiy patogenlar — *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. va *Cryptosporidium* — kislotali muhitda ham tirik qola olishi ularni ayniqsa xavfli qiladi.

An'anaviy issiqlik bilan ishlov berish (pasterizatsiya va sterilizatsiya) mikrobiologik xavfsizlikni ta'minlasa-da, termolabil vitaminlar, polefenollar va aroma moddalarining sezilarli yo'qolishiga olib keladi. Bunga muqobil sifatida so'nggi 20 yilda «sovuq» konservalash texnologiyalari — HPP, PEF, UV va mikrofiltratsiya — sanoat miqyosida kirib kelmoqda. Ushbu maqolaning maqsadi mazkur texnologiyalarni ilmiy-texnik jihatdan solishtirish va mahalliy sanoat uchun tatbiq etish imkoniyatlarini baholashdan iborat.

KONSERVALASHTIRISH JARAYONINING ILMIY ASOSLARI

Mikroorganizmlarning o'sish kinetikasi bakteriyalar, mayda zamburug'lar va achitqilar sharoitga qarab logarifmik tarzda ko'payadi. Ularning nobud bo'lish kinetikasi birinchi tartibli tenglama bilan ifodalanadi:

$$\ln(N/N_0) = -k \cdot t$$

bu yerda N — t vaqtdagi tirik hujayralar soni, N_0 — boshlang'ich soni, k — tezlik doimiysi (s^{-1}). D -qiymat (bir logarifmik darajaga kamaytirish uchun kerakli vaqt) konservalash rejimlari standartining asosi hisoblanadi. Masalan, *Salmonella* uchun $70^{\circ}C$ da D -qiymat taxminan 0,1–1 daqiqani tashkil etadi.

F_0 va z -qiymatlari — sterilizatsiya ekvivalenti

Issiqlik ishlov berishni standartlashtirish uchun F_0 — $121^{\circ}C$ da 1 daqiqa sterilizatsiyaga ekvivalent jarayon intensivligi — qiymatidan foydalaniladi. z -qiymat esa D -qiymatni bir logarifmik darajaga o'zgartirish uchun zarur harorat farqini bildiradi (odatda $10^{\circ}C$). Sharbat uchun $F_0 = 3–6$ daqiqa maqbul deb hisoblanadi, ya'ni kuchli sporter sporalarini 10^6 baravarga kamaytirish ta'minlanadi.

pH, suv aktivligi va redoks potentsiali

Sharbatning pH qiymati (odatda 2,8–4,5) asosiy tabiiy konservant hisoblanadi. pH < 4,6 sharoitida *Clostridium botulinum* spory unib chiqolmaydi — bu pasterizatsiyaning sterilizatsiyaga nisbatan yetarliligini asoslaydi. Suv aktivligi (a_w) 0,85 dan past bo'lganda bakteriyalar ko'paya olmaydi; konsentrlangan shiralar va jamlar uchun bu ko'rsatkich muhim. Redoks potentsiali (E_h) anaerob mikroorganizmlarning rivojlanishiga ta'sir ko'rsatadi: inert gaz muhiti E_h ni pasaytiradi va oksidlovchi jarayonlarni sekinlashtiradi.

ISSIQLIK BILAN KONSERVALASH USULLAR

Pasterizatsiya — mahsulotni 60–100°C haroratga ma'lum vaqt davomida qizdirish jarayoni. Pastöer 1864 yilda kashf etgan ushbu usul hozir ham eng keng tarqalgan konservalash texnologiyasi hisoblanadi. Sharbatlar uchun uch asosiy rejim qo'llaniladi:

- Sekin pasterizatsiya (LTLT — Low Temperature Long Time): 63–65°C, 30 daqiqa. Kichik hajmli idishlarda paketlash uchun mos.
- Tez pasterizatsiya (HTST — High Temperature Short Time): 72–75°C, 15–30 soniya. Plastinali issiqlik almashinuvchilar orqali uzluksiz oqimda amalga oshiriladi.
- Ultra-yuqori harorat ishlov berish (UHT): 130–145°C, 2–6 soniya. Tetra Pak tipidagi aseptik qadoqlash bilan birga qo'llanilib, xona haroratida 6–12 oy saqlash muddatini ta'minlaydi.

HTST va UHT tizimlari plastinali va trubkali issiqlik almashinuvchilar yordamida amalga oshiriladi. Regeneratsiya koeffitsienti 90–95% bo'lgan zamonaviy qurilmalar energiya sarfini 4–5 baravarga kamaytiradi.

Sterilizatsiya

pH > 4,6 bo'lgan sabzavot sharbatlari uchun 121°C dan yuqori haroratda sterilizatsiya talab etiladi. Retort sterilizatsiyasi — germetik yopilgan idishlarni avtoklavda 115–125°C da 20–45 daqiqa ishlov berish — uzoq muddatli saqlashni ta'minlaydi. Biroq bunday sharoitda C vitamini 40–80% gacha yo'qolishi, Millard reaksiyasi natijasida rang o'zgarishi va aroma profili buzilishi kuzatiladi.

Ohmic isitish

Elektr toki o'tkazilganda mahsulotning ichki qarshiligi tufayli issiqlik hosil bo'ladigan Om isitish usuli an'anaviy issiqlik almashinuvchilariga nisbatan bir necha afzalliklarga ega. Isitish bir xil taqsimlanadi, yuzaga yopishish (fouling) muammosi yo'q va jarayon vaqti 3–5 marta qisqaradi. Sitrus va yong'oq sharbatlarida Om isitish C vitamini saqlanishini 10–15% yaxshilaydi.

«SOVUQ» KONSERVALASH TEXNOLOGIYALARI

Yuqori bosimli ishlov berish (HPP — High Pressure Processing)

HPP texnologiyasida mahsulot 300–600 MPa (3000–6000 atmosfera) bosimga 1–5 daqiqa davomida ta'sir qilinadi. Izostatic bosim mahsulotning barcha nuqtasiga bir xil ta'sir ko'rsatadi — Pascal qonuniga muvofiq. Bu bosim mikroorganizmlar hujayrasi membranasini buzadi, fermentlar strukturasi o'zgartiradi va spory bo'lmagan barcha vegetativ shakllarni nobud qiladi.

HPP ning asosiy afzalligi shundaki, kovalent bog'lar (vitaminlar, rang pigmentlari, aroma moddalar) parchalanmaydi — faqat yuqori molekular og'irlikdagi oqsillar va polisaxaridlar ta'sirlanadi. Natijada, HPP sharbatida C vitamini 95% gacha, antosianlar 90% gacha saqlanib qoladi. Saqlash muddati 2–4°C da 30–90 kungacha yetadi.

Sanoat HPP qurilmalari (Hiperbaric, Avure Technologies) 50–800 litr sig'imli statsionar po'lat silindr va gidravlik nasos tizimidan iborat. Kapital xarajatlar yuqori (1–5 mln. dollar), biroq premium segmentda to'la o'zini oqlaydi.

Impuls elektr maydoni (PEF — Pulsed Electric Field)

1–50 kV/sm kuchlanishli qisqa elektr impulslari (1–100 mkson) hujayra membranasida qaytmas elektroporatsiya hosil qiladi. PEF tizimi generator, kondensator batareyasi va davolanish kamerasi (treatment chamber)dan iborat. Mahsulot oqim holida kameradan o'tadi — uzluksiz jarayon uchun qulay.

PEF da harorat 35–50°C gacha ko'tariladi, bu termolabil moddalarga minimal ta'sir ko'rsatadi. Citrus sharbatida PEF qo'llaganda limonin miqdori (achchiq ta'm manbai) 20–30% kamayadi — bu qo'shimcha texnologik afzallik. Energiya sarfi 10–50 kJ/kg — HTST ga qaraganda 5–10 marta kam.

UV-nurlanish (ultraviolet processing)

253,7 nm to'lqin uzunligidagi UV-C nuri DNK ni shikastlaydi va replikatsiyani bloklaydi — bu mexanizm barcha mikroorganizmlar uchun universal. Dean Flow reaktorlari yoki Dean Flow Thin Film reaktorlari sharbatni yupqa qatlam holida UV manbai yonidan o'tkazadi. UV doza 400–1200 mJ/cm² maqbul deb topilgan.

UV nurlanish rangni o'zgartirmaydi, aroma profiliga ta'sir qilmaydi va hech qanday kimyoviy qoldiq qoldirmaydi. Sifot sharbatlari (olma, uzum, qovoq) uchun ayniqsa mos. Asosiy cheklov: shaffof bo'lmagan (bulutli, yuqori polpa) sharbatlarda nur chuqurlikka o'tolmaydi.

Mikrofiltrasiya va steril filtrasiya

0,1–0,45 mkm teshikli membrana filtrlari bakteriyalar va achitqilarni mexanik tutib qoladi. Bu usul ayniqsa sovuqda fermentatsiyalanuvchi olma va uzum sharbatlari uchun qo'llaniladi. Steril filtrasiya natijasida olingan mahsulot «sovuq» yoki «raw» sharbat sifatida talabgir bozor segmentiga mo'ljallangan.

KIMYOVIY KONSERVANTLAR VA TABIIY ANTIMIKROB MODDALAR

An'anaviy kimyoviy konservantlar

Sharbat sanoatida ruxsat etilgan kimyoviy konservantlar orasida kaliy sorbat (E202), natriy benzoat (E211) va sulfur dioksid (E220/E221) eng keng tarqalgani. Kaliy sorbat 0,05–0,1% miqdorda qo'llanilib, achitqilar va mog'orga qarshi samarali; benzoat esa kislotali muhitda bakteriostatik ta'sir ko'rsatadi. SO₂ sharbatlarda rang barqarorligini ta'minlaydi va oksidlanishning oldini oladi.

Biroq zamonaviy iste'molchilar «toza tarkib» (clean label) mahsulotlarga talab qo'ymoqda. Benzoatning benzol hosil qilishi (askorbin kislota bilan reaksiyada) va sulfitlarga allergik reaksiya xavfi sababli bu konservantlardan voz kechishga intilish kuchaymoqda.

Tabiiy antimikrob moddalar

O'simlik kelib chiqadigan tabiiy birikmalar konservantlarga muqobil sifatida intensiv o'rganilmoqda. Nisin (*Lactococcus lactis* tomonidan ishlab chiqariladigan peptid) gram-musbat bakteriyalarga qarshi samarali; epigallokatexin gallat (EGCG, yashil choy ekstrakti) keng spektrli antimikrob ta'sirga ega. Uzun donagi ekstrakti (OPC), ziravorlar efir moylari (timol, karvakrol) va laktoperoksidaza tizimi ham muvaffaqiyatli sinovdan o'tgan.

Laktotransferrin va lizosim fermentlari sut sanoatidan sharbatchilikka o'tkazilgan va pH 3,5–5,0 sharoitida faol bo'lishi aniqlangan. Ushbu tabiiy tizimlar HPP yoki UV bilan kombinatsiyalanganida sinergetik effekt beradi — bitta usulga nisbatan doza 30–50% kamayadi.

KONSERVALASH USULLARINING QIYOSIY TAHLILI

Jadval 1. Asosiy konservalash texnologiyalarining ko'rsatkichlari

Usul	Harorat	Vitamin saqlanishi	Saqlash muddati	Kapital xarajat	Asosiy cheklov
HTST (72°C, 15s)	Yuqori	O'rtacha (70–80%)	Sovutgichda 21 kun	Past	Termolabil yo'qotish
UHT (140°C, 4s)	Juda yuqori	Past (50– 65%)	6–12 oy (xona)	O'rtacha	Kuchli issiqlik ta'siri

Usul	Harorat	Vitamin saqlanishi	Saqlash muddati	Kapital xarajat	Asosiy cheklov
HPP (600 MPa)	Xona T°	Juda yuqori (92–97%)	Sovutgichda 60–90 kun	Juda yuqori	Uzluksiz jarayon yo'q
PEF	Past (35–50°C)	Yuqori (85–93%)	Sovutgichda 30–45 kun	Yuqori	Yuqori o'tkazuvchanlik kerak
UV-C	Xona T°	Juda yuqori (95–99%)	Sovutgichda 14–28 kun	O'rtacha	Bulutli sharbat emas
Kimyoviy (sorbit)	Xona T°	Yuqori	3–6 oy	Juda past	Clean label talabi

QADOQLASH VA ASEPTIK TEXNOLOGIYALAR

Aseptik qadoqlash tizimlari

Aseptik texnologiya mahsulot va qadoqni alohida sterilizatsiya qilgach, steril muhitda birlashtirish jarayonidir. Tetra Pak, Combibloc va SIG Combifit kabi tizimlar H₂O₂ va UV kombinatsiyasida qadoq materialini sterilizatsiya qiladi. Bunday tizimlar UHT mahsulotlar uchun ideal bo'lib, xona haroratida 12 oygacha saqlash muddatini ta'minlaydi.

Bag-in-Box (BIB) tizimi katta hajmli (5–1000 litr) aseptik qadoqlash uchun mo'ljallangan. Oksigenga o'tkazmaydigan ko'p qavatli film va yopuvchi klapan oksidlanishni oldini oladi. Restoran va umumiy ovqatlanish muassasalari uchun keng qo'llaniladi.

Qadoq materiali va oksigen barriyer

Sharbat saqlanishida oksigenning roli juda muhim: O₂ konsentratsiyasining 1 mg/L dan oshishi C vitaminini sezilarli parchalaydi va rangni o'zgartiradi. Zamonaviy qadoq materiallari — PET + EVOH ko'p qavatli, oksigenni bog'lovchi (OAS — Oxygen

Absorbing Systems) plastiklar va metallashtirilgan folga — oksigen o'tkazuvchanligini 0,01 cm³/paket sutka darajasiga tushiradi.

Inert gaz (N₂ yoki CO₂) bilan qadoq ustki bo'shlig'ini to'ldirish (head-space flushing) o'rtacha oksigen kontsentratsiyasini 1–2% dan 0,5–1% gacha kamaytiradi. Bu oddiy va arzon yechim saqlash muddatini 20–30% uzaytiradi.

SOVUQ ZANJIR BOSHQARUVI VA HACCP TIZIMI

Eng zamonaviy konservalash texnologiyasi ham sovuq zanjir (cold chain) buzilsa o'z samaradorligini yo'qotadi. HPP yoki PEF bilan ishlov berilgan mahsulotlar 0–4°C da saqlanishi va transportlanishi shart. Temperaturani nazorat qiluvchi aqlli etiketlar (time-temperature indicator) va IoT sensorlar zanjirning to'liq kuzatilishini ta'minlaydi.

HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) tizimi sharbat ishlab chiqarishda quyidagi kritik nazorat nuqtalarini (CCP) belgilaydi: xom ashyo qabul qilish harorati, ekstraksiya va aralashma bosqichidagi pH monitoring, konservalash jarayoni parametrlari (harorat, vaqt, bosim), aseptik qadoqlash muhitining sterillik nazorati, tayyor mahsulot saqlash harorati. Har bir CCP uchun ogihlantirish chegaralari, monitoring usullari va korrektsiya choralari belgilanadi.

Zamonaviy MES (Manufacturing Execution System) va ERP tizimlari bilan integratsiyalashgan HACCP dasturiy ta'minoti real vaqtda monitoring, avtomatik ogihlantirish va to'liq kuzatuvchanlik (traceability) imkonini beradi.

O'ZBEKISTON SHAROITI UCHUN TAVSIYALAR

O'zbekiston boy meva-sabzavot xom ashyosiga ega: qovoq, o'rik, shaftoli, uzum, anor, behi va nok sharbatlari eksport salohiyatiga ega mahsulotlar hisoblanadi. Biroq mahalliy sanoatda quyidagi muammolar mavjud:

- Ko'pchilik kichik va o'rta korxonalarda faqat an'anaviy HTST pasterizatsiya qo'llaniladi, bu esa premium bozorlarga kirish imkonini cheklaydi.
- Sovuq zanjir infratuzilmasi etarli darajada rivojlanmagan — bu HPP va PEF mahsulotlarining bozorga yetib borishida muammo yaratadi.
- Organik va clean-label mahsulotlarga ichki bozor talabi hali shakllanish bosqichida.

Qisqa muddatli tavsiyalar sifatida: HTST tizimlarini modernizatsiya qilish (regeneratsiya koeffitsientini oshirish), fermentativ oldindan ishlov berish + HTST kombinatsiyasini joriy etish, aseptik BIB qadoqlashga o'tish. O'rta muddatda esa UV-C

reaktorlarini PET qadoqlash liniyalariga ulash va zamonaviy HACCP dasturiy ta'minotini joriy etish maqsadga muvofiq.

XULOSA

Sharbat konservalashtirish texnologiyalari tez rivojlanayotgan soha bo'lib, an'anaviy issiqlik usullaridan «sovuq» va kombinatsiyalashgan texnologiyalarga o'tish tendentsiyasi yaqqol ko'rinmoqda. Asosiy xulosalar quyidagicha:

- HPP texnologiyasi vitamin saqlanishi va premium sifat jihatidan eng yuqori ko'rsatkichni beradi, biroq katta kapital xarajat talab qiladi — faqat yuqori qo'shimcha qiymatli mahsulotlarda iqtisodiy jihatdan oqlangan.
- PEF va UV-C texnologiyalari HTST ga munosib muqobil bo'lib, o'rta kapital xarajatda vitamin saqlanishini 15–25% yaxshilaydi.
- Tabiiy antimikrob moddalar va fermentativ konservalash «clean label» tendentsiyasiga javob beradi va kimyoviy konservantlarni almashtirish uchun istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.
- HACCP va raqamli monitoring tizimlari konservalash texnologiyasining ajralmas tarkibiy qismi bo'lishi kerak.
- O'zbekiston uchun qisqa muddatda HTST modernizatsiyasi + aseptik qadoqlash, o'rta muddatda esa UV-C va PEF texnologiyalarini bosqichma-bosqich joriy etish optimal strategiya hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Berk Z. (2016). Food Process Engineering and Technology. 3rd ed. Academic Press, London.
2. Barbosa-Cánovas G.V. et al. (2014). Novel Food Processing Technologies. CRC Press.
3. Buckow R. et al. (2013). Pulsed electric field processing, quality, and safety aspects of beverages. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(5), 455–467.
4. Evrendilek G.A. (2017). High-pressure carbon dioxide processing of fruit juices. Food Engineering Reviews, 9(4), 243–255.
5. Koutchma T. (2014). Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations. Academic Press.
6. Lado B.H., Yousef A.E. (2002). Alternative food-preservation technologies. Microbes and Infection, 4(4), 433–440.
7. Qodirov T.A., Nazarov Sh.I. (2023). Meva-sabzavot mahsulotlarini konservalashda HPP texnologiyasini qo'llash istiqbollari. O'zbekiston oziq-ovqat sanoati, 1, 22–29.
8. Toshmatova D.R., Jurayev A.X. (2024). Sharbatlarda tabiiy konservantlarni qo'llash tadqiqoti. Agrar fan va texnologiya, 3, 77–84.
9. Umarov B.B. (2022). Aseptik qadoqlash texnologiyasini mahalliy sanoatga tatbiq etish muammolari. Fan va ishlab chiqarish, 4, 41–47.