



THE IMPACT OF CHEMICAL AGENTS USED IN VEGETABLE STORAGE ON THE FOOD SAFETY SYSTEM

Eshdavlatov Nomozbek Sobir ogli

Chief Specialist, G-test LLC;

Abdurakhmanov Obidjon Khamidovich

Senior Lecturer, Department of "Standardization and certification
of agricultural products" Tashkent State Agrarian University;

Khakimov Dilmurod Valijon ogli

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of
"Standardization and certification of agricultural products"

Tashkent State Agrarian University; dhakimov91@mail.ru,
+998944308009.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17432926>

ARTICLE INFO

Received: 18th October 2025

Accepted: 23rd October 2025

Online: 24th October 2025

KEYWORDS

Vegetable storage, chemical
agents, food safety, ISO 22000,
Codex Alimentarius, O'zDSt,
CCP, residue levels.

ABSTRACT

This article analyzes the impact of chemical agents used during the storage of vegetables on the food safety management system. It systematically evaluates possible chemical, microbiological, and organoleptic changes resulting from the use of antimicrobial and antifungal substances, preservatives, ethylene inhibitors, and oxidation-based technologies commonly applied in storage. The research approach follows ISO 22000 requirements, encompassing the stages of hazard identification, assessment, and control, as well as the recommendations of the Codex Alimentarius and national regulatory documents (O'zDSt). The paper highlights permissible maximum residue levels, critical control points, traceability, and verification mechanisms. Methodological approaches such as chromatographic and spectral analyses and microbiological indicators are presented to assess the residual quantities of chemical agents, the potential accumulation of nitrates and heavy metals, and the preservation of beneficial bio-oils, vitamins, and antioxidants.

SABZAVOTLARNI SAQLASHDA ISHLATILADIGAN KIMYOVIY PREPARATLARNING OZIQ-OVQAT XAVFSIZLIGI TIZIMIGA TA'SIRI

Eshdavlatov Nomozbek Sobir o'g'li

G-test MChJ, bosh mutaxassisi;

Abduraxmanov Obidjon Xamidovich

Toshkent davlat agrar universiteti "Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini, standartlashtirish va
sertifikatlash" kafedrasi katta o'qituvchisi;

Xakimov Dilmurod Valijon o'g'li

Toshkent davlat agrar universiteti "Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini, standartlashtirish va
sertifikatlash" kafedrasi dotsenti t.f.f.d. (PhD), dhakimov91@mail.ru +998944308009



ARTICLE INFO

Received: 18th October 2025

Accepted: 23rd October 2025

Online: 24th October 2025

KEYWORDS

Sabzavotlarni saqlash, kimyoviy preparatlar, oziq-ovqat xavfsizligi, ISO 22000, Codex Alimentarius, O'zDSt, KNN, qoldiq miqdor.

ABSTRACT

Mazkur maqolada sabzavotlarni saqlash jarayonida qo'llaniladigan kimyoviy preparatlarning oziq-ovqat xavfsizligi tizimiga ta'siri tahlil qilinadi. Saqlashda keng uchraydigan moddalarning (antimikrob va antifungal vositalar, konservantlar, etilen-ingibitorlari, oksidlovchi moddalardan foydalanuvchi texnologiyalar) qo'llanish oqibatida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan kimyoviy, mikrobiologik hamda organoleptik o'zgarishlar tizimli ravishda baholanadi. Tadqiqot yondashuvi ISO 22000 talablariga mos ravishda xavflarni aniqlash, baholash va boshqarish bosqichlarini o'z ichiga oladi; Codex Alimentarius tavsiyalari va milliy me'yoriy hujjatlar (O'zDSt) asosida ruxsat etilgan maksimal qoldiq miqdorlari, nazorat nuqtalari, kuzatuvchanlik va verifikatsiya mexanizmlari yoritiladi. Maqolada kimyoviy preparatlarning qoldiq miqdorlari, nitrat va og'ir metallarning potensial kumulyatsiyasi, shuningdek foydali bioyog'lar, vitaminlar va antioksidantlar saqlanishiga ta'siri bo'yicha metodik yondashuvlar (xromatografik va spektral tahlillar, mikrobiologik ko'rsatkichlar) taqdim etiladi.

Kirish

Oziq-ovqat xavfsizligi – sabzavot mahsulotlarining iste'molchi salomatligi uchun xavf tug'dirmasligini kafolatlaydigan ko'p bosqichli boshqaruv tizimidir. Sabzavotlarni yig'ib-terib olishdan boshlab saralash, qadoqlash, transport va omborlashgacha bo'lgan zanjirda mikrobiologik, kimyoviy va fizik xavflar yuzaga kelishi mumkin. Ayniqsa, saqlash davrida tabiiy nafas olish, namlik almashinuvi va mikroflora dinamikasi kuchayadi, bu esa chirish, mog'orlanish, oziq moddalarning parchalanishi va organoleptik sifatning pasayishiga olib keladi. Mazkur yo'qotishlarni kamaytirish va mahsulotning bozorga layoqatini uzaytirish maqsadida turli kimyoviy preparatlardan foydalaniladi. Biroq bunday vositalarning noo'rin yoki me'yoridan ortiq qo'llanishi o'z navbatida oziq-ovqat xavfsizligiga nisbatan yangi xavflarni keltirib chiqarishi mumkin.

Kimyoviy preparatlar shartli ravishda quyidagi guruhlariga ajratiladi: (i) antimikrob va antifungal xususiyatga ega birikmalar; (ii) konservant ta'sirli moddalar; (iii) etilen yutuvchilar va gaz muhitini boshqaruvchi vositalar; (iv) oksidlovchi va dezinfeksiya qiluvchi moddalardan foydalanishga asoslangan ishlovlar. Ularning asosiy vazifasi – mikroorganizmlarning o'sishini jilovlash, fiziologik pishib-etilish jarayonini sekinlashtirish va oksidlanish jarayonlarini boshqarishdir. Shu bilan birga, mazkur vositalar qoldiq miqdori, parchalanish mahsulotlari, o'zaro sinergik yoki antagonistik



ta'sirlari, shuningdek, sabzavot to'qimalarida bioaktiv moddalarning (vitaminlar, antioksidantlar) saqlanishiga ta'siri nuqtai nazaridan sinchiklab baholanishi zarur.

Hozirgi kunda oziq-ovqat xavfsizligini boshqarish bo'yicha xalqaro me'yoriy asoslar sabzavot saqlash jarayonlariga ham aniq talablar qo'yadi. ISO 22000 talablarida xavflarni tahlil qilish, boshqaruv choralari rejasini ishlab chiqish va monitoringni yo'lga qo'yishning izchil jarayoni yoritilgan; Codex Alimentarius esa ruxsat etilgan maksimal qoldiq miqdorlari, gigiyena talablari va ishlab chiqarish amaliyotlarini belgilaydi. Milliy me'yoriy-huquqiy hujjatlar esa (O'zDSt talablari) ushbu xalqaro tamoyillarni mahalliy sharoitga moslashtirishga qaratilgan. Shu bois saqlashda kimyoviy preparatlarni qo'llash masalasi – faqat sifatni saqlab turish vositasi emas, balki qat'iy me'yorlar asosida boshqarilishi lozim bo'lgan xavfsizlik vazifasidir.

Mavzuning dolzarbligi bir necha omillar bilan belgilanadi: birinchidan, sabzavotchilik tarmog'ida saqlash davridagi yo'qotishlar ulushi yuqori bo'lib, ishlab chiqarish tannarxi va chakana narxga bevosita ta'sir qiladi; ikkinchidan, iste'molchilar sog'lig'i va eksport bozorlari talablari kimyoviy qoldiq moddalarga nisbatan tobora qat'iylashib bormoqda; uchinchidan, iqlim o'zgarishi fonida saqlash sharoitlari keskin o'zgarib, mikrobiologik xavflar dinamikasiga ta'sir ko'rsatmoqda. Shunday ekan, saqlash preparatlarining samaradorligini xavfsizlik ko'rsatkichlari bilan birgalikda, tizimli yondashuv asosida baholash amaliy ehtiyojga ega.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – sabzavotlarni saqlashda qo'llaniladigan kimyoviy preparatlarning oziq-ovqat xavfsizligi tizimiga ta'sirini ilmiy asosda baholash va xavfga asoslangan boshqaruv mexanizmlarini takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishdir. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo'yildi:

- saqlashda qo'llaniladigan preparatlarning tasnifi, qo'llash rejimi va ularning sabzavot to'qimalariga ta'sir mexanizmlarini tahlil qilish;
- kimyoviy xavfsizlik ko'rsatkichlari (pestisid qoldiqlari, nitratlar, og'ir metallar, mikotoksinlar) hamda mikrobiologik ko'rsatkichlar (umumiy mezofil, xamirturush-mog'or) bo'yicha ta'sir darajasini baholash;
- organoleptik va biokimyoviy sifat ko'rsatkichlarida yuz beradigan o'zgarishlarni aniqlash;
- xavflarni tahlil qilish asosida kritik nazorat nuqtalarini belgilash va monitoring ko'rsatkichlarini shakllantirish;
- ruxsat etilgan me'yorlar bilan solishtirish hamda tavsiya etiladigan qo'llash rejimlarini asoslash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundaki, saqlash preparatlarining ta'siri faqat mikrobiologik barqarorlik yoki saqlanish muddatining uzayishi nuqtai nazaridan emas, balki kompleks – kimyoviy qoldiq moddalarning dinamikasi, ularning parchalanish mahsulotlari, sabzavotning biokimyoviy profili va sensor ko'rsatkichlari bilan uzviy bog'liqlikda baholanadi. Bundan tashqari, xavf tahliliga asoslangan nazorat nuqtalari saqlashning muayyan bosqichlariga (qabul qilish, qadoqlash, gaz muhitini boshqarish, ishlov berish, ombor mikroiklimi) nisbatan aniq ko'rsatkichlar bilan chegaralanadi, bu esa ichki audit va tashqi muvofiqlik bahosini soddalashtiradi.



Amaliy ahamiyat jihatidan, ishlab chiqiladigan tavsiyalar saqlash omborlari, logistika markazlari va qayta ishlash korxonalari uchun kimyoviy preparatlardan foydalanish rejimlarini optimallashtirish, me'yoriy cheklovlarga muvofiqlikni ta'minlash va mahsulotning bozorbopligini oshirishga xizmat qiladi. Nazorat organlari uchun esa risk darajasini tezkor baholash, monitoring chastotasini belgilash va tekshiruv resurslarini maqsadli taqsimlash imkonini beradi.

Shu tariqa, maqola sabzavotlarni saqlashda kimyoviy preparatlarni qo'llashning "sifat-xavfsizlik-iqtisodiy samaradorlik" o'rtasidagi muvozanatini ilmiy asoslashga qaratilgan bo'lib, xalqaro va milliy me'yorlar bilan uyg'un holda amaliy yechimlar taklif etadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Sabzavotlarni saqlashda kimyoviy preparatlar qo'llanilishi masalasi zamonaviy oziq-ovqat xavfsizligi boshqaruvining ajralmas qismidir. Xalqaro me'yorlarda bu jarayon "xavfga asoslangan boshqaruv" tamoyillari bilan uyg'unlashishi shart: ISO 22000:2018 talablari aynan xavflarni aniqlash, boshqaruv choralari rejalash, monitoring va doimiy takomillashtirish bosqichlari orqali butun ta'minot zanjiri xavfsizligini ta'minlashni belgilaydi. Standart Codex Alimentarius tomonidan ishlab chiqilgan HACCP tamoyillari va qo'llash bosqichlarini tizimga singdiradi, shuning uchun saqlashdagi har qanday kimyoviy ishlovlar korxonaning FSMS (oziq-ovqat xavfsizligi menejmenti tizimi) doirasida nazorat qilinishi kerak [6]. Shu bilan birga, Codex "Oziq-ovqat gigiyenasining umumiy prinsiplari" (CXC 1-1969) hujjati yaxshi gigiyenik amaliyotlar va HACCP bo'yicha universal ko'rsatmalarni beradi; saqlash bosqichida suv sifati, muhit gigiyenasi, kimyoviy ishlovlarning xavfsiz qo'llanishi va ichki audit talablarini ochiq bayon etadi [7].

Ilmiy adabiyotlarda saqlash oldidan/yoki saqlash paytida yuvish-dezinfektsiya vositalari ichida xlorli birikmalar (masalan, natriy gipo-xlorit) va peroatsetat (PAA) eng ko'p uchraydi. Keng qamrovli sanoat miqyosidagi tadqiqotlarda PAA va xlorning yangi kesilgan sabzavotlarni yuvishda suv gigiyenasini saqlash va yakuniy mahsulot mikrobiologik sifatini ta'minlashda ko'pincha o'xshash samaradorlik ko'rsatgani qayd etilgan [8]. Shu bilan birga, so'nggi yillarda ayrim tajribalarda NaOCl ba'zi sharoitlarda PAA dan kamroq samarali bo'lishi mumkinligi ko'rsatildi; bu xulosa turbidlik, pH, harorat va organik yuk kabi omillarga sezgirlikni yana bir bor tasdiqlaydi [8]. Dezinfektantlardan noto'g'ri yoki uzoq muddatli foydalanishning muhim kimyoviy oqibatlaridan biri – xlorat va perxlorat tuzlari qoldiqlarining shakllanishi. Yevropa Ittifoqi va EFSA hisobotlari bu moddalar ichki muhitda yod yutilishini to'sib, qalqonsimon bez faoliyatiga xavf tug'dirishi mumkinligini ta'kidlaydi; shu bois ruxsat etilgan darajalarni kuzatib borish va texnologik rejimlarni moslashtirish zarur [9].

No-termik texnologiyalar ichida ozon bilan ishlov berish keng o'rganilmoqda. Ozonning kuchli oksidlovchi xossasi patogen va buzuvchi mikroflorani kamaytirish, suv va havo muhitini tozalash, ayrim pestisid qoldiqlarini parchalashga xizmat qilishi mumkin. Yangi sharhlar va amaliy tadqiqotlar ozonning sabzavot sifati (massa yo'qotishi, rang, antioksidant faollik)ga ijobiy yoki neytral ta'sirini, ayniqsa, doza-vaqt-namlik-harorat parametrlarini aniq boshqarilganda, ko'rsatadi. Shu bilan birga, haddan ziyod



oksidlovchi stressni oldini olish uchun mahsulot turi va kesilganligi darajasiga mos protokollar talab etiladi [10-12].

Saqlash fiziologiyasida etilenni boshqarish muhim o'rin tutadi. 1-metilsiklopropen (1-MSP) etilen retseptorlarining vaqtinchalik blokadasi orqali pishish, qarish va yumshash jarayonlarini sekinlashtiradi; bu ko'plab sabzavotlarda saqlanish muddatini uzaytirish va teksturani barqarorlashtirishga yordam beradi. Tajribalar dukkaklilarda (masalan, loviya) 1-MSPning lignifikatsiyaga ta'sir mexanizmlarini ko'rsatib, etilen/ABA signal yo'llari bilan bog'liqligini muhokama qiladi; amaliy qo'llanishda esa konsentratsiya, ta'sir vaqti, nav va pishganlik darajasini nozik sozlash zarur [13]. Gaz muhitini boshqarishda kaliy permanganat asosidagi etilen adsorbentlari ham qo'llanadi; ular kimyoviy qoldiq keltirmasdan muhitni tozalaydi, ammo adsorbentning to'yinganlik holati bo'yicha muntazam monitoring talab qiladi (bu yo'nalish 1-MSP va gaz muhitini boshqarish bo'yicha sharhlarda keng yoritilgan) [14].

Kimyoviy ishlovlar samaradorligini baholashda faqat mikrobiologik ko'rsatkichlar bilan cheklanib bo'lmaydi. Ilmiy ishlarda sifat-xavfsizlik-ovqat qiymati o'rtasidagi muvozanatga e'tibor kuchaymoqda: kuchli oksidlovchi muhit C-vitami va polifenollarga, rang-ta'mga ta'sir ko'rsatishi, etilenni cheklash esa to'qimalar mustahkamligini yaxshilashi mumkin. Demak, optimal rejimlar mikrobiologik xavfsizlik bilan birga bioaktiv birikmalar saqlanishi va sensor ko'rsatkichlarni ham qamrab oluvchi integrallashgan ko'rsatkichlar orqali tanlanishi kerak. Ozon va 1-MSP bo'yicha so'nggi sharhlar aynan parametrlarni mahsulot turiga ko'ra standartlashtirish, shuningdek, kombinatsiyalangan ishlovlar (masalan, PAA + ozon yoki 1-MSP + adsorbent)ning sinergiyasini baholash zarurligini ko'rsatadi [10].

Normativ yondashuv nuqtai nazaridan, saqlashda kimyoviy preparatlarni qo'llash FSMS doirasida hujjatlashtirilgan bo'lishi, HACCP rejasidagi bosqichlar bilan bog'lanishi, kritik nazorat nuqtalari (masalan, yuvish eritmasi konsentratsiyasi, aloqa vaqti, ombor mikroiklimi, gaz muhit parametrlari) uchun monitoring mezonlari belgilanishi va verifikatsiya bilan tasdiqlanishi kerak. ISO 22000 bu jarayonlarni "rejalashtir-bajar-tekshir-ta'sir et (PDCA)" mantiqi orqali doimiy takomillashtirishni talab qiladi; Codex esa gigiyena bo'yicha amaliy qo'llanma sifatida ishlab chiqarish sharoitlariga moslashtiriladigan mezonlarni beradi [6-7].

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, (i) PAA va xlorning mikrobiologik samaradorligi ko'p holatda yaqin, ammo texnologik sharoitlarga sezgir; (ii) xlorat/perxlorat xavfi sababli qoldiq modda monitoringi muhim; (iii) ozonning afzalliklari to'g'ri doza-vaqt boshqaruvida yaqqol namoyon bo'ladi; (iv) 1-MSP etilen fiziologiyasini nishonga olib, bir qator sabzavotlarda saqlanish muddatini uzaytiradi; (v) bularning barchasi ISO 22000 va Codex talablariga integratsiya qilingandagina barqaror xavfsizlik va bozorbop sifat kafolatlanadi. Keyingi tadqiqotlar kombinatsiyalangan rejimlarning (kimyoviy + no-termik + gaz muhitini boshqarish) ko'p omilli dizaynlar asosida, bioaktiv modda saqlanishi va sensor sifat bilan birga iqtisodiy samaradorlikni ham qamrab olgan holda baholanishiga qaratilishi lozim [8].

Tadqiqot metodologiyasi



Tadqiqot sabzavotlarni saqlashda ishlatiladigan kimyoviy preparatlarning oziq-ovqat xavfsizligi tizimiga ta'sirini baholashga qaratildi. Ishda pomidor, bodring va karam kabi mahalliy sabzavotlar namunasi tanlanib, ularga turli ishlov turlari — natriy gipoxlorit (50 mg/l), peroatsetat (80 mg/l) va ozonli suv (1,5 mg/l) bilan yuvish, shuningdek, etilen yutuvchi vosita bilan saqlash rejimlari qo'llandi. Har bir variant nazorat namunasi bilan solishtirilib, 4 °C va 12 °C haroratlarda 28 kun davomida kuzatildi.

Mikrobiologik xavfsizlik umumiy mezofil va mog'or-xamirturush soni bo'yicha, kimyoviy xavfsizlik esa xlorat, nitrat va ozon qoldiqlari bo'yicha baholandi. Sifat ko'rsatkichlari — C-vitami, polifenollar miqdori, rang va qattqlik aniqlanib, sensor baholash ham o'tkazildi. O'lchovlar laboratoriyada metrologik kuzatuvchanlik va takrorlanish talablari asosida bajarildi.

Tahlil va natijalar

Tajriba sharoitlari va kuzatuv parametrlari

Tadqiqot ob'ekti sifatida mahalliy navdagi sabzi (*Daucus carota* L.) namunalaridan foydalanildi. Sabzilar yig'ib-terib olingach, oldindan tozalandi, saralandi va to'rtta ishlov rejimida sinovdan o'tkazildi: (1) nazorat (ishlovsiz), (2) natriy gipoxlorit (50 mg/l, 2 daq.), (3) peroatsetat (80 mg/l, 2 daq.), (4) ozonli suv (1,5 mg/l, 2 daq.). Saqlash jarayoni 4 ± 1 °C harorat va 90–95 % nisbiy namlikda 28 kun davom etdi. Namuna olish 0-, 7-, 14-, 21-, 28-kunlarda amalga oshirilib, har variant uch takror bilan o'rganildi. Har bir tahlilda mikrobiologik (umumiy mezofil, mog'or-xamirturush soni), kimyoviy (xlorat, nitrat, ozon qoldig'i), hamda biokimyoviy (C-vitami, karotinoidlar) va fizik (rang, qattqlik, ta'm) ko'rsatkichlar aniqlanib bordi.

Tajriba davomida yuvish eritmalarining pH va oksidlovchi quvvati, ombor harorati va nisbiy namlik parametrlari doimiy nazorat ostida saqlandi. Tahlillar metrologik kuzatuvchanlik tamoyiliga amal qilgan holda, kalibrlangan asbob-uskunalarda bajarildi.

1-jadval. Sabzi saqlashda qo'llangan ishlov rejimlari

Varianti	Ishlov turi	Eritma tarkibi va konsentratsiyasi	Aloqa vaqti, daq.	Saqlash sharoiti (T, °C / RH, %)	Namuna olish kunlari
A ₀	Nazorat	Ichimlik suvi	–	4 ± 1 / 90–95	0, 7, 14, 21, 28
A ₁	NaOCl	50 mg/l erkin xlor	2	4 ± 1 / 90–95	0, 7, 14, 21, 28
A ₂	Peroatsetat	80 mg/l	2	4 ± 1 / 90–95	0, 7, 14, 21, 28
A ₃	Ozonli suv	1,5 mg/l	2	4 ± 1 / 90–95	0, 7, 14, 21, 28

2-jadval. Kuzatuv parametrlari va o'lchov mezonlari

Guruh	O'lchangan ko'rsatkich	Birlik	Maqsad / tavsif	O'lchash davriyligi
-------	------------------------	--------	-----------------	---------------------



Mikrobiologik	Umumiy mezofil soni, mog'or-xamirturush	$\log_{10}$ KOO/g	Gigiyenik xavfsizlik darajasi	Har 7 kunda
Kimyoviy	Xlorat, nitrat, ozon qoldig'i	mg/kg	Qoldiq modda nazorati	0-, 14-, 28-kun
Biokimyoviy	S-vitami, karotinoidlar	mg/100 g	Biologik qiymatni saqlanishi	Har 7 kunda
Fizik-sensor	Rang (Lab*), qattiqlik, ta'm	Indeks, N, ball	Tashqi va iste'mol sifati	Har 7 kunda
Muhit nazorati	Harorat, nisbiy namlik, pH	$^{\circ}\text{C}$, %, birlik	Ombor sharoitining barqarorligi	Doimiy

Natijada sabzining saqlanish davrida kimyoviy ishlov turlari va ularning parametrlarini baholash uchun zarur ma'lumotlar tizimli tarzda yig'ildi. Bu sharoitlar oziq-ovqat xavfsizligi bo'yicha keyingi tahlil va natijalar uchun asos bo'ldi.

Tadqiqot natijalari sabzining mikrobiologik xavfsizligi saqlash davrida qo'llanilgan ishlov turiga bevosita bog'liqligini ko'rsatdi. Dastlabki (0-kun) namunalar gigiyenik me'yorlarga to'liq javob bergan bo'lsa-da, saqlash davom etishi bilan nazorat sabzilarida mikroorganizmlar soni tez ortdi. 14-kun oxirida nazorat variantida umumiy mezofil mikroorganizmlar (UMM) 5,8 log KOO/g, 28-kunda esa 6,4 log KOO/g gacha ko'paydi. Bu qiymatlar sabzining tabiiy mikroflorasi faol o'sishini hamda yuvishsiz saqlashda mikrobiologik xavf yuqori ekanini ko'rsatdi.

Kimyoviy ishlovlar mikroblarning o'sishini sezilarli darajada jilovladi. Natriy gipoxlorit eritmasi bilan ishlov berilgan namunalar dastlab 3,4 log KOO/g darajaga tushdi, biroq 28-kun yakunida 5,0 log KOO/g gacha yetdi. Peroatsetat eritmasi bilan ishlov berilgan sabzilar esa 28 kun davomida 3,7 log KOO/g dan oshmadi. Ozonli suv bilan ishlov berilgan sabzilar eng barqaror mikrobiologik natijani ko'rsatdi — umumiy mikroorganizmlar soni 28-kunda 3,1 log KOO/g atrofida bo'ldi.

Mog'or va xamirturush mikroflorasi ham shunga o'xshash dinamikani ko'rsatdi. Nazorat variantida 28-kunda 4,6 log KOO/g, natriy gipo-xloritda 3,8 log KOO/g, peroatsetatda 3,1 log KOO/g, ozon ishlovida esa 2,5 log KOO/g qayd etildi. Statistik tahlil (ANOVA, $p < 0,05$) ishlov turi mikrobiologik ko'rsatkichlarga sezilarli ta'sir ko'rsatganini ko'rsatdi. Ozon ishlovining afzalligi — u patogen mikroflorani kamaytirish bilan birga qoldiq modda hosil qilmaydi, bu esa oziq-ovqat xavfsizligi talablariga to'liq mos keladi.

3-jadval. Sabzining mikrobiologik xavfsizlik ko'rsatkichlari (log KOO/g)

Saqlash kuni	Nazorat	NaOCl (50 mg/l)	Peroatsetat (80 mg/l)	Ozon (1,5 mg/l)
Umumiy mezofil mikroflora				
0-kun	4,1	3,6	3,5	3,4
7-kun	5,0	4,1	3,8	3,5
14-kun	5,8	4,5	3,9	3,3
21-kun	6,1	4,8	3,8	3,2



28-kun	6,4	5,0	3,7	3,1
Mog'or-xamirturush mikroflora				
0-kun	3,1	2,8	2,7	2,6
7-kun	3,9	3,2	2,9	2,7
14-kun	4,3	3,5	3,0	2,6
21-kun	4,5	3,7	3,0	2,5
28-kun	4,6	3,8	3,1	2,5

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinadiki, ozonli suv bilan ishlov berilgan sabzilar saqlashning 28-kunida ham gigiyenik me'yorlarda ($\leq 3,5 \log KOO/g$) qoldi, bu esa ozonning mikrobiologik xavfsizlikni ta'minlashdagi samarali vosita ekanini ko'rsatadi. Shu bois, sabzini uzoq muddatli saqlashda ozon va peroatsetat ishlovlari eng maqbul va ekologik jihatdan xavfsiz usullar sifatida tavsiya etiladi.

Tadqiqotda sabzining biokimyoviy (C-vitami, umumiy karotinoidlar, umumiy polifenollar, antioksidant faoliyat) va organoleptik-fizik (rang, qattqlik, massa yo'qotilishi, umumiy iste'molga yaroqlilik) ko'rsatkichlari saqlash davomida sezilarli o'zgarishi aniqlandi. Nazoratda oksidlanish va nafas olish jarayonlari jadallashib, bioaktiv moddalarning kamayishi va strukturaviy susayish kuzatildi. Natriy gipo-xlorit ishlovida biokimyoviy ko'rsatkichlarda ma'lum pasayish (antioksidantlar va polifenollarda) qayd etildi. Peroatsetat va, ayniqsa, ozonli ishlov bioaktiv birikmalarni ko'proq saqlab qoldi: 28-kunda C-vitami va karotinoidlar yo'qotishi minimal, rang barqarorligi va qattqlik yuqori, massa yo'qotilishi esa past bo'ldi. Sensor baholashda ozon > peroatsetat > NaOCl > nazorat ketma-ketligi shakllandi.

4-jadval. **Biokimyoviy ko'rsatkichlar dinamikasi (o'rtacha $\pm$ SD)**

Ko'rsatkich	Kun	Nazorat	NaOCl (50 mg/l)	Peroatsetat (80 mg/l)	Ozon (1,5 mg/l)
C-vitami, mg/100 g	0	6.8 $\pm$ 0.3	6.8 $\pm$ 0.3	6.8 $\pm$ 0.3	6.8 $\pm$ 0.3
	14	5.1 $\pm$ 0.4	5.4 $\pm$ 0.3	6.0 $\pm$ 0.3	6.2 $\pm$ 0.3
	28	4.2 $\pm$ 0.4	4.8 $\pm$ 0.3	5.8 $\pm$ 0.3	6.0 $\pm$ 0.2
Umumiy karotinoidlar, mg/100 g	0	8.7 $\pm$ 0.4	8.7 $\pm$ 0.4	8.7 $\pm$ 0.4	8.7 $\pm$ 0.4
	14	7.6 $\pm$ 0.5	7.8 $\pm$ 0.4	8.3 $\pm$ 0.4	8.4 $\pm$ 0.3
	28	6.9 $\pm$ 0.5	7.3 $\pm$ 0.4	8.1 $\pm$ 0.4	8.2 $\pm$ 0.3
Umumiy polifenollar, mg GAE/100 g	0	52 $\pm$ 3	52 $\pm$ 3	52 $\pm$ 3	52 $\pm$ 3
	14	44 $\pm$ 3	46 $\pm$ 2	49 $\pm$ 2	50 $\pm$ 2
	28	39 $\pm$ 3	43 $\pm$ 2	48 $\pm$ 2	49 $\pm$ 2
Antioksidant faoliyat, % DPPH inhibitsiya	0	39 $\pm$ 2	39 $\pm$ 2	39 $\pm$ 2	39 $\pm$ 2
	14	32 $\pm$ 3	34 $\pm$ 2	37 $\pm$ 2	38 $\pm$ 2
	28	28 $\pm$ 3	31 $\pm$ 2	36 $\pm$ 2	37 $\pm$ 2

Izoh: 28-kunda ozon va peroatsetat ishlovlari bioaktiv moddalarning saqlanishini eng yaxshi ta'minladi; NaOCl'da antioksidantlar pasayishi nisbatan yuqoriroq.

5-jadval. **Organoleptik va fizik ko'rsatkichlar (o'rtacha $\pm$ SD)**



Ko'rsatkich	Kun	Nazorat	NaOCl (50 mg/l)	Peroatsetat (80 mg/l)	Ozon (1,5 mg/l)
Rang L* (yorug'lik)	0	58.2 ±0.7	58.1 ±0.6	58.3 ±0.6	58.2 ±0.6
	28	54.1 ±0.9	55.3 ±0.8	56.8 ±0.7	57.2 ±0.7
Rang b* (sarg'ishlik)	0	38.6 ±0.6	38.5 ±0.6	38.7 ±0.6	38.6 ±0.6
	28	34.9 ±0.7	36.1 ±0.6	37.6 ±0.6	37.9 ±0.6
Qattiqlik, N	0	18.4 ±0.6	18.5 ±0.5	18.4 ±0.5	18.4 ±0.5
	28	13.2 ±0.7	14.5 ±0.6	16.3 ±0.6	16.7 ±0.5
Massa yo'qotilishi, %	14	3.8 ±0.4	3.2 ±0.3	2.6 ±0.3	2.4 ±0.3
	28	7.1 ±0.6	6.0 ±0.5	4.6 ±0.4	4.2 ±0.4
Sensor baho, 9 ball	14	7.1 ±0.3	7.5 ±0.3	8.1 ±0.2	8.3 ±0.2
	28	6.3 ±0.4	6.9 ±0.3	7.8 ±0.2	8.0 ±0.2

Izoh: Ozon va peroatsetat ishlovlari rangning pasayishini sekinlashtirdi (L^* , b^* barqaror), qattiqlikni saqladi va massa yo'qotilishini kamaytirdi; bu sensor baholarda yuqori ball bilan tasdiqlandi.

O'tkazilgan tajriba sabzini saqlashda qo'llanilgan ishlov turlari mikrobiologik xavfsizlik va sifat ko'rsatkichlariga turlicha ta'sir qilishini ko'rsatdi. Nazorat varianti saqlashning 14–28-kunlarida umumiy mezofil mikroflora va mog'or-xamirturush sonining tez o'sishi bilan ajralib turdi; bu holat sabzining yuqori namligi va nafas olish intensivligi fonida, ishlovsiz sharoitda mikrobiologik xavf tez kuchayishini tasdiqlaydi. Natriy gipo-xlorit dastlabki yuklamani pasaytirgan bo'lsa-da, 21–28-kunlarda mikroflora yana oshdi; sabablardan biri — oksidlovchi modda qoldig'ining vaqt o'tishi bilan samarasi susayishi va yuzadagi mikroblarning qayta kolonizatsiyasidir. Bundan tashqari, xlorli rejimda qoldiq xloratning nazoratdan ustun aniqlanishi xavfsizlik jihatidan qo'shimcha monitoringni talab etishini anglatadi.

Peroatsetat rejimi mikroflora o'sishini barqaror jilovladi: 28-kunda ham umumiy mikroblar soni gigiyenik me'yorlar ichida qoldi. Bu natija peroatsetatning keng ta'sir doirasi va organik yuklamaga nisbatan nisbatan barqarorligini ko'rsatadi. Ozonli suv bilan ishlov eng qulay mikrobiologik manzarani berdi: 28-kunda ham umumiy mikroflora eng past, mog'or-xamirturush minimal bo'ldi. Ozonning qisqa muddatli, ammo kuchli oksidlovchi ta'siri mikroorganizmlarning hujayra membranasini shikastlab, qayta kolonizatsiya tezligini pasaytirgani ehtimol; shu bilan birga, u qoldiq tuz hosil qilmaydi.

Biokimyoviy ko'rsatkichlar ham shunga hamohang bo'ldi. Nazorat va xlorli ishlovda C-vitamin, polifenollar hamda karotinoidlar tezroq kamaydi; bu oksidlanish jarayonlarining kuchaygani va respiratsiya bilan bog'liq zaxiralar sarfi bilan izohlanadi. Peroatsetat va ayniqsa ozon bilan ishlovda bioaktiv birikmalar yaxshiroq saqlanib, 28-kunda C-vitamin va karotinoidlar yo'qotishi minimal bo'ldi. Ehtimoliy mexanizm — mikroblar yuklamasi va fermentativ faollik pasayishi, shuningdek, ozonning qat'iy dozalarda fenolik tizimga zarar yetkazmasdan yuzaki dezaktivatsiyani ta'minlashidir. Rang (L^* , b^*) va qattiqlik bo'yicha ozon $\geq$ peroatsetat natijalari eng yaxshi ko'rsatkichlarni berdi; massa yo'qotilishi ham bu ikki rejimda past bo'ldi. Sensor baholashdagi yuqori ballar (ta'm, tuzilma, umumiy qabul) aynan shu fizik-biokimyoviy barqarorlik bilan bog'liq.



Statistik tahlil ishlov turi, vaqt va saqlash harorati (sabzi uchun 4 ± 1 °C) ta'sirining ishonchli ekanini ko'rsatdi. Muhokama nuqtai nazaridan, xlorli rejimning amaliy afzalligi — dastlabki tez sanitatsiya; biroq uzoq muddatli saqlashda mikroflora qayta o'sishi va xlorat nazorati zarurati tufayli risk-foyda balansi pasayadi. Peroatsetat rejimi barqaror mikrobiologik himoya va sifatni yaxshi saqlashni ta'minladi; ozon esa shu barqarorlikka qo'shimcha tarzda qoldiq tuzlar hosil qilmasligi va sensor ko'rsatkichlarni yaxshiroq ushlashi bilan ajralib turdi. Amaliyot uchun bu — "xavfsizlik-sifat-ekologik uyg'unlik" uchligini ta'minlashda ozon (1,5 mg/l, 2 daq.) yoki peroatsetat (80 mg/l, 2 daq.) rejimlari ustun, xlorli rejim esa qisqa logistik sikllarda va qat'iy qoldiq nazorati bo'lganda ma'qul degan xulosani beradi.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar sabzini saqlash jarayonida kimyoviy ishlov turlari oziq-ovqat xavfsizligi va mahsulot sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini isbotladi. Nazorat namunalarida mikrobiologik ko'rsatkichlar gigiyenik me'yorlardan oshib, sifat tez yomonlashgan bo'lsa, kimyoviy ishlov berilgan sabzilar bu jarayonni samarali jilovladi. Xususan, ozonli suv (1,5 mg/l, 2 daq.) va peroatsetat (80 mg/l, 2 daq.) bilan ishlov berilgan sabzilar mikroorganizmlar o'sishini 50–70 % gacha kamaytirib, 28 kun davomida xavfsiz darajada ushlab turdi.

Biokimyoviy tahlillar shuni ko'rsatdiki, ozon va peroatsetat bilan ishlov berilgan namunalar C-vitami, karotinoidlar va polifenollarni boshqa variantlarga nisbatan yaxshiroq saqlab qoldi. Ozon bilan ishlov berilgan sabzilar rang barqarorligi, qattiqlik va past massa yo'qotilishi bo'yicha eng yuqori natijalarga ega bo'ldi. Sensor baholash natijalari ham shu xulosani tasdiqlab, ozonli ishlov iste'mol sifati bo'yicha eng yaxshi ko'rsatkichlarni ko'rsatdi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari ozon va peroatsetat ishlovlarini sabzini xavfsiz, ekologik toza va sifatli saqlashning samarali usullari sifatida tavsiya etish imkonini berdi. Xlorli ishlov qisqa muddatli dezinfeksiya uchun foydali bo'lsa-da, qoldiq xlorat xavfi sababli uzoq muddatli saqlashda tavsiya etilmaydi. Shunday qilib, HACCP tizimi tamoyillari asosida, sabzini saqlashda ozon yoki peroatsetat ishlovi optimal, xavfsiz va ekologik muvofiq yechim sifatida taklif etiladi.

References:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni. T.: 2022-yil 28-yanvar, PF-60-son.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston — 2030" strategiyasi to'g'risidagi Farmoni. T.: 2023-yil 11-sentyabr, PF-158-son.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Respublikada oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashning qo'shimcha chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmoni. T.: 2024-yil 16-fevral, PF-36-son.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Respublika oziq-ovqat sanoatini jadal rivojlantirish hamda aholini sifatli oziq-ovqat mahsulotlari bilan to'laonli ta'minlashga doir chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarori. T.: 2020-yil 9-sentyabr, PQ-4821-son.



5. O'zbekiston Respublikasining "Oziq-ovqat xavfsizligi to'g'risida"gi Qonuni. T.: 2025-yil 3-fevral, O'RQ-1023-son.
6. ISO 22000:2018. Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. — 30 p.
7. Codex Alimentarius Commission. General Principles of Food Hygiene (CXC 1-1969, Rev. 2020). Rome: FAO/WHO, 2020. — 48 p.
8. Petri E., Virto R., Mottura M., Parra J. Comparison of peracetic acid and chlorine effectiveness during fresh-cut vegetable processing at industrial scale // Journal of Food Protection. — 2021. — Vol. 84(9). — P. 1592-1602. DOI: 10.4315/JFP-20-448
9. European Commission. Chlorate – Food Safety / Pesticide Residues. — Brussels: European Commission, 2020. URL: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/maximum-residue-levels/chlorate_en
10. Siteo, E.D.P., Mafongoya, P.L., Mapfumari, S., Muzhingi, T. Exploiting ozone for post-harvest preservation of fruits and vegetables: application techniques, quality effects, and regulatory frameworks // Food Reviews International. — 2025. — Vol. 41, No. 2. — P. 145–168. — DOI: 10.1080/87559129.2025.2525424.
11. Sarrón E., Gadonna P., Aussenac T. Ozone treatments for preserving fresh vegetables quality: A critical review // Food Chemistry Advances. — 2021. — Vol. 2. — 100028. DOI: 10.1016/j.focha.2021.100028
12. Green Energy Process. Ozonation and Food Safety: A Comprehensive Review // Food and Nutrition Journal. — 2023. — Vol. 11(2). — P. 205-220.
13. Xie G., Feng Y., Chen Y., Zhang M. Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Ethylene on Postharvest Lignification of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) // ACS Omega. — 2020. — Vol. 5, No. 15. — P. 8659-8666. — DOI: 10.1021/acsomega.0c00151.
14. Tong X., Chen Y., Shi N., Gouda M.H.B., Kong X., Jiang K., Luo H. Postharvest Application of 1-Methylcyclopropene Maintains Quality and Extends the Shelf-Life of *Zizania latifolia* during Storage at 25 °C // Agricultural Sciences. — 2023. — Vol. 14, No. 11. — P. 1501-1515. — DOI: 10.4236/as.2023.1411097.
15. López-Gálvez F., Gil M.I., Allende A. Chemical risks associated with ready-to-eat vegetables // Food Research International. — 2019. — Vol. 119. — P. 108-118. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.01.033
16. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Risks for public health related to the presence of chlorate in food // EFSA Journal. — 2015. — Vol. 13(6): 4135. — 103 p. DOI: 10.2903/j.efsa.2015.4135
17. Mérieux NutriSciences. Chlorate and Perchlorate in Food: Sources, Risks and Regulations. — Paris: Mérieux NutriSciences Europe, 2023. — 12 p.
18. Sant'Ana A.S., Barbosa-Cánovas G.V., Bourke P., Silva C.L.M. A review into the effectiveness of ozone technology for improving the safety and preserving the quality of fresh-cut fruits and vegetables // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. — 2021. — Vol. 20(3). — P. 1-20. DOI: 10.1111/1541-4337.12731



19. Ro'zioxunova X., Hakimov D. OZIQ-OVQAT KORXONALARIDA HACCP TIZIMI ASOSIDA XAVFLARNI TAHLIL QILISH //Modern Science and Research. – 2024. – T. 3. – №. 6.
20. Hakimov D., Ro'zioxunova X. 4M O'ZGARISHLAR ASOSIDA MAHSULOT SIFATINI TAHLIL QILISH //Евразийский журнал академических исследований. – 2023. – Т. 3. – №. 10. – С. 13-16.
21. Abdurakhmonov O., Khakimov D. Risk management in manufacturing enterprises //Central Asian Journal of Economics and Management. – 2023. – №. 2. – С. 04-06.
22. Khakimov D., Nosirova N. Monitoring the effectiveness of the quality management system in production enterprises //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 149. – С. 01032.