



UO'T 664.8.037:537.523.5

**MAHALLIY MEVA-SABZAVOTLARNI SOVUQ PLAZMA VA BIOFAOL
QOPLAMALAR BILAN SAQLASH: KOMPLEKS TEXNOLOGIYANING ILMIY
ASOSLARI VA TAJRIBA SXEMASI**

Boymirzaev Husniddin Xolmamatovich

Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti
assistent

pochta : husniddin_boymirzayev@ssuv.uz

Qobilova Nilufar Xudoyshekurovna

Qarshi davlat texnika universiteti dotsent

pochta : nilufarqobilova90@gmail.com

ORCID: 0009-0007-5648-6985

Annotatsiya: Maqolada mahalliy meva-sabzavotlarni yig'im-terimdan keyin saqlashda sovuq plazma va biofaol qoplamalarni kompleks qo'llashning ilmiy asoslari tahlil qilindi. Sovuq plazmaning mikrobiologik yuklamani kamaytirish, biofaol qoplamalarning esa namlik va gaz almashinuvini boshqarish imkoniyatlari qiyoslandi. Nazorat, plazma, qoplama va plazma+qoplama guruhlariga asoslangan tajriba sxemasi taklif etildi. Massa yo'qotilishi, qattqlik, rang, pH, °Brix, bioaktiv moddalar va mikrobiologik ko'rsatkichlarni monitoring qilish hamda ANOVA va RSM yordamida optimal rejimni aniqlash mezonlari asoslandi. **Kalit so'zlar:** sovuq plazma, biofaol qoplama, meva-sabzavot, postharvest saqlash, xitozan, natriy alginat, mikrobiologik xavfsizlik, saqlash muddati, sifat ko'rsatkichlari, optimallashtirish.

Аннотация: В статье проанализированы научные основы комплексного применения холодной плазмы и биоактивных покрытий для послеуборочного хранения местной плодоовощной продукции. Сопоставлены возможности холодной плазмы по снижению микробной нагрузки и биоактивных покрытий по регулированию влаго- и газообмена. Предложена экспериментальная схема с контрольной группой, плазменной обработкой, покрытием и комбинированной обработкой. Обоснованы показатели мониторинга потери массы, твердости, цвета, pH, °Brix, биоактивных веществ и микробиологических параметров, а также применение ANOVA и RSM для определения оптимального режима. **Ключевые слова:** холодная плазма, биоактивное покрытие, плодоовощная продукция, послеуборочное хранение, хитозан, альгинат натрия, микробиологическая безопасность, срок хранения, показатели качества, оптимизация.



Abstract: The article analyzes the scientific basis for the combined use of cold plasma and bioactive coatings in the postharvest storage of locally produced fruits and vegetables. The microbial-reduction potential of cold plasma and the moisture- and gas-transfer control functions of bioactive coatings are compared. An experimental design comprising control, plasma, coating, and plasma-plus-coating groups is proposed. Criteria are substantiated for monitoring mass loss, firmness, color, pH, °Brix, bioactive compounds, and microbiological indicators, together with ANOVA and response surface methodology for determining an optimal treatment regime.

Keywords: cold plasma, bioactive coating, fruits and vegetables, postharvest storage, chitosan, sodium alginate, microbiological safety, shelf life, quality indicators, optimization.

KIRISH

Meva va sabzavotlar vitaminlar, mineral moddalar va antioksidantlarning muhim manbai bo'lsa-da, yig'im-terimdan keyin metabolik faoliyat davom etishi sababli tez buziladigan mahsulotlar guruhiga kiradi. Nafas olish, suv yo'qotilishi, fermentativ o'zgarishlar, yumshash va mikroorganizmlar rivojlanishi ularning tovar ko'rinishi hamda oziqaviy qiymatini pasaytiradi. O'zbekistonda 2025-yilda 3 479 624 tonna meva va rezavorlar yetishtirilgani qayd etilgan [10]. Ishlab chiqarish hajmining ortishi mahsulotni yig'im-terimdan keyingi bosqichda sifatli saqlash va yo'qotishlarni kamaytirish masalasining dolzarbligini kuchaytiradi. So'nggi yillarda sovuq plazma yangi meva-sabzavotlar yuzasidagi mikrobiologik yuklamani kamaytiruvchi noisqlik texnologiyasi sifatida faol o'rganilmoqda [1, 2]. Biroq plazmaning samarasi uning turi, quvvati, ishlov vaqti, gaz tarkibi hamda mahsulot bilan plazma manbai orasidagi masofaga bog'liq; haddan tashqari intensiv ishlov ayrim sifat ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir qilishi mumkin [3]. Biofaol va iste'mol qilinadigan qoplamalar esa namlik yo'qotilishi, gaz almashinuvi, oksidlanish va mikrobiologik buzilishni cheklashga xizmat qiluvchi himoya qatlamini hosil qiladi [4, 5].

MUAMMONING HOZIRGI HOLATI VA MASALANING QO'YILISHI

Sovuq plazma tarkibida elektronlar, ionlar hamda reaktiv kislorod va azot turlari hosil bo'ladigan qisman ionlashgan gaz muhitidir. Meva-sabzavotlarda dielektrik to'siqli razryad (DBD), korona razryadi, plazma oqimi va plazma bilan faollashtirilgan suv kabi yondashuvlar qo'llanadi [1, 3, 8]. Ushbu faol turlar mikroorganizmlarning hujayra membranasi, oqsillari va nuklein kislotalariga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu bilan birga, laboratoriya qurilmalaridan sanoat miqyosiga o'tishda texnik, iqtisodiy, xavfsizlik va standartlashtirish masalalari saqlanib qolmoqda [3]. Biofaol qoplamalar uchun xitozan, natriy alginat, kraxmal, pektin, karboksimetilsellyuloza, jelatin, sut va zardob oqsillaridan foydalanish mumkin. Qoplama



tarkibiga o'simlik ekstraktleri, efir moylari, organik kislotalar va tabiiy antioksidantlar kiritilishi uning funksional xususiyatlarini kuchaytirishi mumkin [5]. Sovuq plazma va qoplamalarni birgalikda qo'llash bir nechta himoya mexanizmlarini uyg'unlashtiruvchi "hurdle technology" yondashuviga mos keladi [4]. 2025-yilda nok mevasida atmosfera plazmasi va natriy alginat qoplamasining kombinatsiyasi sifat ko'rsatkichlarini saqlash bo'yicha istiqbolli natijalar bergani qayd etilgan [7]. Biroq bu natijani mahalliy mahsulotlarga bevosita ko'chirish mumkin emas; mahalliy xomashyo va saqlash sharoitlarida validatsiya talab qilinadi. Shundan kelib chiqib, tadqiqot masalasi mahalliy meva-sabzavotlar uchun sovuq plazma parametrlari, biofaol qoplama tarkibi va saqlash sharoitlarining o'zaro bog'liqligini aniqlash hamda sifat va mikrobiologik xavfsizlikni bir vaqtda ta'minlaydigan optimal kompleks ishlov rejimini belgilashdan iborat.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

Tadqiqot obyekti sifatida mahalliy pomidor, olma yoki uzum kabi morfologik va fiziologik xususiyatlari farqlanuvchi mahsulotlardan foydalanish taklif etiladi. Tajriba kamida to'rtta variantda tashkil qilinadi: K - nazorat, ishlov berilmagan; P - faqat sovuq plazma; Q - faqat biofaol qoplama; P+Q - sovuq plazma va biofaol qoplama bilan kompleks ishlov. Bunday dizayn alohida va kombinatsiyalangan ta'sirlarni qiyosiy baholash imkonini beradi. Tajriba variantlari: K - ishlov berilmagan nazorat; P - sovuq plazma; Q - biofaol qoplama; P+Q - sovuq plazma va biofaol qoplama bilan kompleks ishlov.

Biofaol qoplama variantlari sifatida natriy alginat + anor po'stlog'i ekstrakti, xitozan + o'simlik ekstrakti yoki boshqa standartlashtirilgan biopolimer-biofaol komponent tizimlari o'rganilishi mumkin. Qoplama konsentratsiyasi, qalinligi, yopishuvchanligi va suv bug'i hamda gazlarga nisbatan to'siq xususiyatlari aniqlanadi. Sovuq plazma uchun mustaqil o'zgaruvchilar sifatida quvvat yoki kuchlanish, ishlov berish vaqti, manba-mahsulot masofasi, gaz turi va ishlov rejimi tanlanadi. Aniq diapazonlar foydalaniladigan laboratoriya qurilmasining texnik tavsifiga muvofiq belgilanadi.

Saqlash davomida massa yo'qotilishi (%), qattqlik, rang, tashqi ko'rinish, pH, titrlanuvchi kislotalilik, umumiy eruvchan quruq moddalar (°Brix), namlik, askorbin kislota, umumiy fenolik moddalar, flavonoidlar va antioksidant faollik aniqlanadi. Mikrobiologik baholash umumiy mikroorganizmlar soni, achitqilar va mog'orlarni qamrab oladi. Monitoring mahsulot turiga mos ravishda, masalan, 0, 3, 7, 10, 14, 21 va 28-kunlarda tashkil etilishi mumkin. Guruhlar o'rtasidagi farqlar ANOVA bilan, parametrlar o'rtasidagi bog'liqlik korrelyatsion va regressiya tahlillari bilan, optimal kombinatsiya esa Response Surface Methodology (RSM) yordamida baholanadi.



NATIJALAR VA ULARNING TAHLILI

Mazkur ishning hozirgi bosqichi adabiyotlar tahlili va eksperimental dizaynni asoslashga qaratilgan; mahalliy mahsulotlarda olingan yakuniy tajriba natijalari manba hujjatda keltirilmagan. Shu sababli quyidagi xulosalar eksperimental natija sifatida emas, balki tekshiriladigan ilmiy mezonlar sifatida talqin qilinadi. Adabiyotlarda sovuq plazma mikrobiologik yuklamani kamaytirishi, edible/biofaol qoplamalar esa namlik yo'qotilishi va sifat o'zgarishlarini cheklashi mumkinligi ko'rsatilgan [2, 4, 5]. 2025-yilgi nok bo'yicha ishda plazma va natriy alginat qoplamasining kombinatsiyasi mikrobiologik yuklama, qattiqlik, massa yo'qotilishi va rang ko'rsatkichlari bo'yicha istiqbolli deb baholangan [7]. Taklif etilgan P+Q varianti uchun asosiy tekshiriladigan gipoteza shundan iboratki, plazma mahsulot yuzasidagi boshlang'ich mikrobiologik yuklamani kamaytiradi, keyingi qoplama esa qayta kontaminatsiya, namlik yo'qotilishi va gaz almashinuvini cheklash orqali saqlash barqarorligini qo'llab-quvvatlaydi. Optimal rejim "maksimal plazma ta'siri" emas, balki mikrobiologik samaradorlik va mahsulot sifatining saqlanishi o'rtasidagi muvozanat bilan belgilanadi. Yuqori intensivlik yoki uzoq ishlov mahsulot sifatini yomonlashtirishi, haddan tashqari qalin qoplama esa gaz almashinuvini cheklashi mumkin [3, 5]. Ilmiy yangilikni "sovuq plazma birinchi marta qo'llanildi" tarzida emas, balki mahalliy mahsulot uchun plazma parametrlari, biofaol qoplama konsentratsiyasi va saqlash muddati o'rtasidagi bog'liqlikni matematik modellashirish hamda optimal kompleks rejimni eksperimental asoslash sifatida shakllantirish maqsadga muvofiq. Ushbu yondashuv natijalarni mahalliy ishlab chiqarish sharoitiga moslashtirish va keyingi bosqichda texnik-iqtisodiy baholash uchun asos yaratadi.

XULOSA

Sovuq plazma va biofaol qoplamalarni kompleks qo'llash meva-sabzavotlarni yig'im-terimdan keyin saqlashda istiqbolli yondashuv hisoblanadi. Adabiyotlar sovuq plazmaning mikrobiologik yuklamani kamaytirish, qoplamalarning esa namlik va gaz almashinuvini boshqarish imkoniyatlarini tasdiqlaydi [2, 4, 5]. Mahalliy mahsulotlar uchun K, P, Q va P+Q guruhlariga asoslangan tajriba sxemasi, sifat va xavfsizlik ko'rsatkichlari hamda ANOVA/RSM asosidagi optimallashtirish tartibi taklif etildi. Yakuniy texnologik rejimni tavsiya qilish uchun plazma quvvati, ishlov vaqti, qoplama konsentratsiyasi va saqlash muddatining miqdoriy ta'siri mahalliy xomashyoda tajriba yo'li bilan aniqlanishi shart.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Nikzadfar M., Kazemi A., Abooei R. et al. Application of Cold Plasma Technology on the Postharvest Preservation of In-Packaged Fresh Fruit and Vegetables: Recent Challenges and



Development. Food and Bioprocess Technology. 2024. Vol. 17. P. 4473-4505.
2. Postharvest applications of cold plasma treatment for improving food safety and sustainability outcomes for fresh horticultural produce. Postharvest Biology and Technology. 2024. Vol. 209. 112694.
3. Cold plasma and integrated approaches for fresh produce preservation: Mechanisms, quality attributes, challenges, and future directions. Trends in Food Science & Technology. 2025. Vol. 159. 104988.

4. Cold plasma activated edible coatings: A status review on the impact on edible coating properties, fresh produce quality, and the sustainable development goal paradigm. Food Packaging and Shelf Life. 2025. Vol. 49. 101486.
5. Ali A. et al. Global insights and advances in edible coatings or films toward quality maintenance and reduced postharvest losses of fruit and vegetables: An updated review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2025. Vol. 24. e70103.
6. Shill N., Sit N. Application of cold plasma as a technique for minimal processing of fruits. Food Production, Processing and Nutrition. 2025. Vol. 7. Article 43.
7. Effects of low-pressure and atmospheric plasma treatments alone and combined with coating on quality attributes of 'Packham's Triumph' pear under retail conditions. Food and Humanity. 2025. Vol. 5. 100803.

8. Versatile dielectric barrier discharge cold plasma for safety and quality control in fruits and vegetables products: Principles, configurations and applications. 2024.
9. Boyapati T., Muthukumarappan K. Edible coatings and plasma-activated water: synergistic strategies for extending fresh produce shelf life. Frontiers in Nutrition. 2026. Vol. 13. 1824743.
10. O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasi ma'lumotlari asosida: 2025-yilda meva va rezavorlar yetishtirish ko'rsatkichlari.