

VPLIV ELEKTROLIZIRANE OKSIDATIVNE VODE NA OHRANJANJE KAKOVOSTI PLODOV JAGODE (FRAGARIA X ANANASSA DUCH.)

TATJANA UNUK¹, TANJA BAŠKOVČ², GAJ
VIDMAR³ ANDREJ VOGRIN⁴ IN NINA TOJNKO⁵

Sprejeto

12. 1. 2026

Recenzirano

31. 3. 2026

Izdano

31. 7. 2026

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Slovenija, e-pošta: tatjana.unuk@um.si.

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Slovenija, e-pošta: tanja.Baskovc@student.um.si.

³ Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Slovenija; Univerzitetni rehabilitacijski in inštitut Republike Slovenije Soča, Ljubljana, Slovenija; Univerza na Primorskem, FAMNIT, Koper, Slovenija, e-pošta: gaj.vidmar@mf.uni-lj.si.

⁴ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Slovenija, e-pošta: andrej.vogrin@um.si.

⁵ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Slovenija, e-pošta: nina.tojnko@um.si.

DOPISNA AVTORICAtatjana.unuk@um.si**Znanstvena veda:****Naravoslovje****Ključne besede:**

jagoda,
skladiščenje,
mikrobiološka
aktivnost,
kakovost,
senzorična
vrednost.

Jagoda je sadna vrsta s hitro pokvarljivimi plodovi, zato pridelovalci iščejo načine za izboljšanje njihove skladiščne obstojnosti. Namen raziskave je bil preveriti vpliv elektrolizirane oksidativne vode (EOV) na mikrobno in fiziološko stabilizacijo plodov ter njihovo senzorično kakovost. Raziskava je bila izvedena v ekološkem nasadu sorte 'Clery', pri čemer sta bila preizkušena dva načina aplikacije (škropljenje, potapljanje) in dve koncentraciji EOV (4 % in 8 %). Rezultati so pokazali, da sta spol in starost poskuševalcev vplivala na senzorične ocene plodov, medtem ko enkratna aplikacija EOV ni pomembno izboljšala skladiščne obstojnosti. Kot ključni dejavnik za omejevanje mikrobne aktivnosti se je ponovno izkazala temperatura skladiščenja.



<https://doi.org/10.18690/analipazu.16.1-2.1-20.2026>
Besedilo © Unuk, Baškovč, Vidmar, Vogrin in Tojnko
2026



INFLUENCE OF ELECTROLYZED OXIDIZING WATER (EOV) ON THE PRESERVATION OF STRAWBERRY (FRAGARIA × ANANASSA DUCH.) FRUIT QUALITY

TATJANA UNUK¹, TANJA BAŠKOVČ², GAJ VIDMAR³ ANDREJ VOGRIN⁴ AND NINA TOJNKO⁵

Accepted

12. 1. 2026

Revised

31. 3. 2026

Published

31. 7. 2026

¹ University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Science, Slovenia, e-mail: tatjana.unuk@um.si.

² University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Science, Slovenia, e-mail: tanja.Baskovc@student.um.si.

³ University of Ljubljana, Faculty of Medicine, Slovenia; University Rehabilitation Institute, Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia; University of Primorska, FAMNIT, Koper, Slovenia, e-mail: gaj.vidmar@mf.uni-lj.si.

⁴ University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Science, Slovenia, e-mail: andrej.vogrin@um.si.

⁵ University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Science, Slovenia, e-mail: nina.tojnkko@um.si.

CORRESPONDING AUTHOR

tatjana.unuk@um.si

Strawberry is a highly perishable fruit crop, prompting growers to seek methods for improving its postharvest storage potential during cultivation. The aim of this study was to evaluate the effect of electrolyzed oxidative water (EOW) on the microbial and physiological stabilization of strawberry fruits and their sensory quality. The experiment was conducted in an organic plantation of the 'Clery' cultivar, where two application methods (spraying and fruit dipping) and two EOW concentrations (4% and 8%) were tested. The results showed that the gender and age of the assessors significantly influenced sensory evaluations, whereas a single EOW application did not significantly improve fruit storage performance. Storage temperature was confirmed as the primary factor affecting microbial activity and postharvest preservation.

Science:
Natural Science

Keywords:

strawberry,
storage,
microbial
activity,
quality,
sensorial
evaluation.

1 Uvod

Pridelava sadja v Sloveniji je pod vplivom številnih dejavnikov, ki neposredno usmerjajo njen razvoj in učinkovitost. Med najpomembnejše sodijo izrazite podnebne spremembe, preusmerjanje v bolj trajnostne oblike pridelave, omejitve uporabe fitofarmacevtskih sredstev (FFS), visoke okoljske zahteve, pomanjkanje pridelovalnih površin, visoki stroški pridelave, pomanjkanje delovne sile, pritisk cenejšega uvoženega sadja, stroge zahteve trgovcev ter visoka pričakovanja potrošnikov. Slovenski pridelovalci lahko na navedene izzive odgovorijo zgolj s pridelavo visokokakovostnega sadja, ki je potrošnikom ponujeno v polni (užitni) zrelosti in dosega najvišje kakovostne standarde.

Posebno zahtevno področje predstavlja poobiravno ravnanje z jagodičastim sadjem, ki ima specifično teksturo in neklimakterični značaj. To sadje mora polno zrelost doseči na rastlini, zato ima zelo kratko poobiravno življenjsko dobo ter omejeno obstojnost na prodajni polici. To daje pojmom »lokalna oskrba« in »kratke prodajne verige« poseben pomen.

V poobiralnem obdobju je ključno vzdrževanje mikrobne in fiziološke stabilnosti pridelka, pri čemer predstavlja mikrobna stabilnost pri jagodičastem sadju še posebej velik izziv. V zadnjih letih je bilo razvitih več naravnih fungicidov, vendar sintetična sredstva še vedno izkazujejo večjo učinkovitost pri zatiranju škodljivih mikroorganizmov med pridelavo, po obiranju in med skladiščenjem. V prizadevanjih za ohranjanje kakovosti in podaljšanje obstojnosti svežih plodov se na trgu pojavlja vse več alternativnih pristopov; iščejo se preproste, učinkovite, zdravju in okolju prijazne ter cenovno dostopne metode za preprečevanje pojava bolezni in propadanja plodov. Po mnenju številnih bi lahko eno takšnih rešitev predstavljala elektrolizirana oksidativna voda (EOV), ki nastane z elektrolizo v elektrolitski celici.

Namen predstavljene raziskave je bil ugotoviti učinkovitost enkratne aplikacije EOV za fiziološko in mikrobno stabilizacijo pridelka jagod v različnih pogojih hlajenja. Poleg tega je bil cilj raziskave s pomočjo senzoričnega vrednotenja pridelka ugotoviti, v kolikšni meri je uporaba EOV zaznavna in moteča pri potencialnih potrošnikih različnih demografskih skupin.

Na podlagi tega smo oblikovali naslednje hipoteze:

- EOv bo pozitivno vplivala na skladiščni potencial jagod, saj bo ohranila kakovost pridelka in zmanjšala propad plodov zaradi mikrobne aktivnosti.
- Uporaba EOv bo zmanjšala transpiracijo in s tem omejila fiziološke spremembe plodov med skladiščenjem.
- Učinek potapljanja plodov v EOv bo primerljiv z učinkom foliarne aplikacije, izvedene tik pred obiranjem.
- Uporaba EOv ne bo zaznavna oziroma moteča pri senzoričnem vrednotenju plodov.

1.1 Skladiščne sposobnosti jagod

Kot že omenjeno jagoda spada med neklimakterične plodove, kar pomeni, da mora polno zrelost doseči na rastlini. Glavni razlog, da jagodo uvrščamo med sadne vrste z najhitreje pokvarljivimi plodovi, je njena tanka povrhnjica (epidermis). Ta plodu zagotavlja zaščito pred mehanskimi vplivi, omejuje transpiracijo (izhlapevanje vode) ter uravnava izmenjavo plinov. Zaradi tankega celičnega sloja povrhnjice v plodu poteka intenzivno dihanje, kar vpliva na pospešene zunanje in notranje spremembe ter povečuje občutljivost plodov za okužbe s škodljivimi organizmi (Koron, 2019).

K poslabšanju kakovosti plodov v veliki meri prispeva transpiracija, ki povzroča izgubo vode, zmanjšanje mase ter posredno vpliva na senzorične lastnosti, kot sta izguba leska in zmanjšanje čvrstosti. Poleg tega se v prvih treh dneh po obiranju v plodovih izrazito zmanjša tudi vsebnost vitamina C (Pérez Rubio in sod., 2008).

1.2 Potencial EOv za uporabo pri jagodičastem sadju

Elektrolizirana oksidativna voda (EOv) se uveljavlja kot ena izmed obetavnih alternativ kemičnemu mikrobnemu stabiliziranju pridelka. V ta namen se kot posebej učinkovita izkazuje kislina EOv (s specifičnim protiglivičnim delovanjem), za katero so značilni nizek pH, visok oksidoredukcijski potencial (ORP) in prisotnost aktivnega klora (Villarreal-Barajas in sod., 2021). Medtem ko Calvo Crespo in sod. (2019) protimikrobni učinek kisline EOv pripisujejo predvsem nizkemu pH, Liu in sod. (2017) ugotavljajo, da EOv deluje predvsem zaradi visokega ORP in oksidativnega delovanja hipoklorove kisline.

EOV se vse pogosteje potrjuje kot učinkovita metoda netermične sterilizacije ter kot alternativa tradicionalnim baktericidom (Wang in sod., 2023). Sun in sod. (2021) jo izpostavljajo kot pripravek z velikim potencialom za uporabo v živilski industriji. Klor in nizek pH delujeta protimikrobno, pri čemer ne povzročata strukturnih poškodb celičnih membran in beljakovin ter imata minimalen vpliv na kakovost živil (Chen in sod., 2017; Iram in sod., 2021). Ponekod se kislja EOVS že uporablja za razkuževanje semen ter za mikrobni nadzor bolezni po spravilu pridelka (Wang in sod., 2023).

Številne nedavne raziskave so potrdile, da ima EOVS velik potencial pri zagotavljanju mikrobne stabilnosti pridelka, povečevanju odpornosti rastlin ter ohranjanju kakovosti plodov po obiranju zaradi možnosti uravnavanja fiziološkega metabolizma (Jia in sod., 2022). Njeno delovanje Zhang in sod. (2021) povezujejo tudi z nadzorom sinteze etilena in s tem upočasnitvijo staranja plodov ter posledično s podaljšanjem njihovega roka uporabnosti, z ohranjanjem bioaktivnih spojin in vitaminov, z blaženjem poškodb zaradi hlajenja (npr. preprečevanjem porjavenja tkiva) ter zmanjševanjem ostankov fitofarmacevtskih sredstev (Qi in sod., 2017). Ravno ohranjanje kakovosti in upočasnitev staranja plodov po spravilu sta ključnega pomena za trajnostno usmerjeno prehransko verigo.

Villarreal-Barajas in sod. (2021) izpostavljajo prednosti uporabe EOVS v kmetijski pridelavi z vidika dekontaminacije gliv in razstrupljanja mikotoksinov na varnejši in družbeno sprejemljivejši način. Za doseganje optimalnega protimikrobnega učinka se EOVS ponekod kombinira s fizikalnimi in kemičnimi postopki, pri čemer kakovost živil ni poslabšana (Iram in sod., 2021).

2 Material in metode dela

2.1 Lokacija in izvedba poskusa

Poskus je bil izveden na ekološki kmetiji Vogrin Ane v Zrkovcih pri Mariboru, kjer jagode pridelujejo v plastičnih tunelih. Nasad je opremljen z namakalnim sistemom (slika 1). V poskus je bila vključena sorta jagod 'Clery' (Slika 2), ki spada med enkrat rodne sorte in je trenutno najbolj zastopana sorta v intenzivni pridelavi jagod v Sloveniji.

Pri zasnovi poskusa je bilo predvideno, da se aplikacija EOv in vzorčenje plodov izvedeta pri tretjem oziroma četrtem obiranju, v fazi polne zrelosti. Izbrana sta bila dva načina aplikacije EOv: škropljenje plodov 12 ur pred obiranjem ter potapljanje plodov v EOv takoj po obiranju. Uporabljeni sta bili 4 % in 8 % koncentracija EOv.

Poskus je bil zasnovan po sistemu naključnih blokov in je vključeval pet obravnavanj s tremi ponovitvami.

Obravnavanja:

1. kontrola,
2. škropljenje s 4 % koncentracijo EOv v nasadu,
3. škropljenje z 8 % koncentracijo EOv v nasadu,
4. potapljanje plodov v 4 % koncentracijo EOv in
5. potapljanje plodov v 8 % koncentracijo EOv.

Izvedba poskusa:

- Škropljenje z EOv: izvedeno večer pred obiranjem z ročno nahrbtno škropilnico Classic 425 Solo. Tretiranje je bilo izvedeno s 4 % in 8 % koncentracijo EOv. Zračna vlaga v tunelu je dosegala 95 %, zunanja temperatura zraka pa 13 °C.
- Potapljanje plodov: izvedeno neposredno po obiranju, prav tako s 4 % in 8 % koncentracijo EOv.
- Vzorčenje za senzorično analizo: odvzet naključni vzorec 5 x 0,5 kg po obravnavanju.
- Vzorčenje za laboratorijsko določanje parametrov kakovosti: odvzet naključni vzorec velikosti 10 plodov na ponovitev.
- Vzorčenje za hladilnico: odvzet naključni vzorec velikosti 10 plodov na ponovitev za vsak način skladiščenja.



Slika 1: Nasad v začetku zorenja jagod, 8. 5. 2024



Slika 2: Plodovi sorte 'Clery' pred obiranjem, 9. 5. 2024

2.2 Sorta 'Clery'

'Clery' je italijanska sorta, ki je nastala s križanjem 'Sweet Charlie' x 'Marmolada'. Trenutno je najzanimivejša sorta, ker je zgodnja, ima zanimiv plod, precej tolerantna na listne in koreninske bolezni, dobrega okusa in ima srednje velik pridelek. Pridelujemo jo lahko kot enkrat ali dvakrat rodno, prilagodljiva je na različne načine pridelave v sezoni in izven nje (Nikolić in sod., 2010). Rastlina je srednje bujna, s svetlo zelenimi listi, srednje velikimi cvetovi, zgodaj in obilno cveti, zato jo žlahtnitelji uvrščajo v visoko produktivno sorto. Spada med zelo zgodnje sorte in zori 8 dni pred sorto 'Elsanta' (Ventura et. al., 1999). Ima srednje velik do velik plod, ki je izdolbeno stožčaste oblike, svetleče karminasto rdeče barve s čvrstim in svetlim mesom. Plodovi so aromatični in zelo dobrega okusa (Koron, 2014). Sorta je primerna za pridelavo v tleh, loncih ali vrečah na prostem in v zaprtih prostorih v celinskem delu Evrope (Ventura et. al., 1999).

2.3 Priprava EOv

Za izdelavo EOv je bil uporabljen Select KCl – topni kalijev klorid (0-0-61). S 330 grammi na liter (pri 20 °C) je to eden bolj topnih virov KCl, ki se ga pridobiva iz

Mrtvega morja. Kalij v Select KCl vsebuje zanemarljive količine težkih kovin (Everris International B.V. (n.d.).

2.4 Analiza parametrov kakovosti

V sklopu poskusa smo izmerili standardne parametre kakovosti: povprečno maso 10 plodov (g), premer 10 plodov (cm), čvrstost plodov (orodje Durofel, proizvajalec Setop Giraud Technologie), suho snov ($^{\circ}$ Brix, refraktometer) in skupne titracijske kisline (g/L).

2.5 Senzorična analiza plodov

Za ocenjevanje senzoričnih lastnosti plodov smo uporabili hedonsko dvopolno lestvico (Golob in sod., 2005), na podlagi katere smo ocenili všečnost izbranih parametrov kakovosti posameznega vzorca jagod. Anketni vprašalnik smo pripravili v pisni in spletni obliki (orodje 1KA). V anketnem vprašalniku so poskuševalci najprej navedli spol in starost, sledile so ocene izgleda, vonja in okusa. Posamezen ocenjevalni parameter je bil opremljen z nestrukturirano deset centimetrsko črtno skalo. Levi konec je označeval, da poskuševalcu lastnost vzorca ne ugaja, desni konec pa, da mu zelo ugaja. Oznako na daljici, ki je predstavljala oceno všečnosti posamezne lastnosti testiranega vzorca, smo pretvorili v številsko vrednost, kjer je oznaka skrajno levo predstavljala 0 točk, skrajno desno pa 100 točk. Poskuševalce smo povprašali tudi, ali zaznajo kakšen tuji vonj in/ali priokus, če je ta za njih moteč in na kaj jih spominja. Na koncu vprašalnika so lahko poskuševalci podali tudi pisne opombe.

2.6 Spremljanje skladiščnih sposobnosti plodov jagod

V raziskavi smo preverjali skladiščno sposobnost plodov iz posameznih obravnavanj. Petnajst košaric vzorcev (5 obravnavanj po tri ponovitve) smo en teden skladiščili pri sobni temperaturi (24 $^{\circ}$ C) in enako število vzorcev v hladilnici pri 4 $^{\circ}$ C. Posamezen vzorec je vseboval 10 plodov. Vsak dan smo tehtali maso plodov in pregledali njihovo zdravstveno stanje.

2.7 Statistična analiza podatkov

Podatke smo statistično analizirali s programom IBM SPSS Statistics 29 (IBM Corp. Armonk, NY, ZDA). Razlike med povprečnimi vrednostmi številskih izidov glede

na obravnavane dejavnike smo analizirali z analizo variance (enosmerno ali s t-testom, kadar smo analizirali posamezen opisni ali dvojiški dejavnik, oziroma večsmerno, ko smo analizirali vpliv več dejavnikov hkrati, pri čemer smo v model vključili tudi izbrani interakciji). Kjer smo pri enosmerni analizi variance ugotovili statistično značilne razlike glede na obravnavani dejavnik, smo razlike med obravnavanji testirali z Duncan-ovim testom mnogoterih primerjav (angl. multiple range test, MRT). Dvojiške izide (odgovore DA/NE) smo analizirali s testom hi-kvadrat (zaradi nizkih pričakovanih frekvenc smo uporabili permutacijsko obliko), pri čemer smo kot odstopajoče obravnavali celice z absolutno vrednostjo standardiziranega ostanka nad 2.

Senzoričnega ocenjevanja plodov jagod se je udeležilo 27 oseb (17 moških in 10 žensk) v starosti od 19 do 78 let, ki smo jih glede na starostno strukturo razvrstili v 4 starostne razrede (starost do 20 let, 21 do 40 let, 41 do 60 let in nad 60 let).

3 Rezultati z razpravo

Rezultati analize parametrov kakovosti plodov so prikazani v Tabeli 1. Poudariti je potrebno, da vrednosti izbranih parametrov niso posledica izvedbe poskusa. Odsotnost signifikantnih razlik (razen v vsebnosti suhe snovi) potrjuje primeren pristop k vzorčenju plodov, same vrednosti pa odražajo lastnosti sorte.

Tabela 1: Povprečne vrednosti osnovnih parametrov kakovosti jagod (vrednosti v oklepajih predstavljajo standardni odklon)

Obravnavanje in <i>p</i> vrednost	Povprečje in standardni odklon				
	mase plodov (g)	premera plodov (cm)	čvrstosti plodov (kg/0,5 cm ²)	suhe snov (°Brix)	skupnih titracijskih kislin (g/L)
Potapljanje 8 %	220,90 a	35,53 a	0,039 (0,08) a	6,9 (0,2) a	5,3 (0,4) a
Potapljanje 4 %	224,43 a	35,57 a	0,040 (0,009) a	7,2 (0,2) a	5,1 (0,4) a
Škropljenje 8 %	216,00 a	36,40 a	0,041 (0,006) a	7,0 (0,1) a	5,1 (0,3) a
Škropljenje 4 %	214,73 a	35,17 a	0,038 (0,005) a	7,8 (0,3) b	5,3 (0,6) a
Kontrola	216,57 a	35,90 a	0,041 (0,007) a	7,4 (0,4) ab	5,1 (0,3) a
<i>p</i> (ANOVA)	0,914	0,622	0,178	0,008*	0,937

SO – standardni odklon

* – statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)

a, b – homogene podskupine glede na Duncan-ov test mnogoterih primerjav

3.1 Senzorično vrednotenje jagod

V Tabeli 2 so prikazani podatki o vplivu uporabe in načina aplikacije EOv na izbrane senzorične parametre plodov (izgled, vonj in okus) ter o vplivu starosti in spola poskuševalcev na vsečnost ocenjenih senzoričnih parametrov jagod. Statistično značilna sta bila le dva vpliva: starost poskuševalcev je statistično značilno vplivala na vsečnost (povprečno oceno) izgleda jagod ($p = 0,030$), spol poskuševalcev pa na vsečnost okusa ($p = 0,036$). Ker interakcije med dejavniki niso bile statistično značilne, je bil vsak dejavnik v nadaljevanju analiziran ločeno, brez sočasnega upoštevanja ostalih dejavnikov.

Tabela 2: p vrednosti vpliva aplikacije EOv, spola poskuševalca in njegove starosti na oceno izbranih senzoričnih parametrov (povzetek analize variance za rezultate anketnega vprašalnika)

Parameter	Aplikacija EOv	Koncentracija EOv	Spol poskuševalca	Starost poskuševalca	Interakcija aplik×konc.	Interakcija spol×starost
Izgled	0,554	0,523	0,502	0,030*	0,202	0,454
Vonj	0,483	0,249	0,151	0,588	0,720	0,562
Okus	0,391	0,836	0,036*	0,239	0,704	0,831

* – statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)

3.1.1 Vpliv starosti poskuševalca na senzorično vrednotenje plodov

Enosmerna analiza variance je, tako kot večsmerna analiza, potrdila vpliv starosti poskuševalca na oceno izgleda plodov ($p=0,027$) (Tabela 3). Najmlajši poskuševalci (starost do 20 let) so v povprečju za izgled plodov podali višje ocene kot ostali (Tabela 3). Starost poskuševalcev ni pomembno vplivala na oceno vonja in okusa plodov, je pa vplivala na zaznavanje tujega motečega vonja ($p=0,005$), pri čemer je bil višji delež odgovorov DA med najmlajšimi poskuševalci (do 20 let).

Tabela 3: Korelacija med starostjo poskuševalcev in oceno senzoričnih parametrov plodov jagod (opisne statistike ter rezultati analize variance in hi-kvadrat testa)

Senzorični parametri	do 20 let (n = 24)	21 do 40 let (n = 40)	41 do 60 let (n = 47)	nad 60 let (n = 17)	<i>p</i>
Izgled	94,0 (9,7) a	86,9 (11,1) b	85,1 (12,6) b	85,1 (15,7) b	0,027*
Vonj	72,9 (28,3) a	72,0 (24,6) a	71,2 (16,2) a	77,9 (15,7) a	0,741
Okus	73,4 (22,4) a	67,1 (27,2) a	68,2 (22,3) a	77,9 (24,4) a	0,379
Zaznavanje tujega vonja	25 % (od 24)	18 % (od 40)	17 % (od 42)	6 % (od 17)	0,468
Da → Tuj vonj moteč	21 % (od 10)	8 % (od 19)	0 % (od 26)	0 % (od 5)	0,005*
Zaznavanje priokusa	42 % (od 24)	25 % (od 40)	36 % (od 42)	19 % (od 17)	0,153
Da → Priokus moteč	38 % (od 16)	36 % (od 22)	34 % (od 29)	0 % (od 5)	0,484

Opomba: za številске izide je navedeno povprečje (st. odklon), za dvojiške pa delež odgovorov

* – statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)

a, b – homogene podskupine glede na Duncan-ov test mnogoterih primerjav

3.1.2 Vpliv spola poskuševalca na senzorično vrednotenje plodov

Enosmerna analiza variance je, podobno kot večsmerna analiza, pokazala statistično značilno razliko med spoloma pri vrednotenju okusa ($p = 0,018$), pri čemer so moški ta senzorični parameter v povprečju ocenjevali višje kot ženske. Tudi ocena vonja je bila v povprečju višja pri moških, vendar je bila razlika na meji statistične značilnosti ($p = 0,054$). Pri oceni izgleda med spoloma ni bilo statistično značilnih razlik.

Spol poskuševalcev ni statistično značilno vplival na zaznavanje tujega vonja, vendar je statistično značilno večji delež žensk tuji vonj opisal kot moteč ($p = 0,002$). Pri zaznavanju priokusa in pri opredelitvi njegove neprimernosti značilnih razlik med spoloma nismo potrdili (Tabela 4).

Tabela 4: Korelacija med spolom poskuševalcev in oceno senzoričnih parametrov jagod (opisne statistike ter rezultati analize variance in hi-kvadrat testa)

Senzorični parametri	moški (<i>n</i> = 80)	ženska (<i>n</i> = 48)	<i>p</i>
Izgled	86,9 (13,1)	88,0 (11,3)	0,643
Vonj	75,7 (18,5)	67,6 (25,0)	0,054
Okus	74,2 (22,0)	73,3 (26,4)	0,018*
Zaznavanje tujega vonja	13 % (od 75)	23 % (od 48)	0,220
Da → Tuj vonj moteč	6 % (od 35)	40 % (od 25)	0,002*
Zaznavanje priokusa	25 % (od 75)	38 % (od 48)	0,164
Da → Priokus moteč	24 % (od 41)	45 % (od 31)	0,080

Opomba: za številske izide je navedeno povprečje (st. odklon), za dvojiške pa delež odgovorov

*- statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)

3.1.3 Vpliv načina aplikacije EOv na oceno senzoričnih parametrov

Analiza variance ni potrdila statistično značilnega vpliva načina aplikacije EOv na ocene izgleda, vonja in okusa jagod. Tudi pri vprašanjih o vonju in okusu razlike glede na način aplikacije (škropljenje, potapljanje) niso bile statistično značilne (Tabela 5).

Tabela 5: Korelacija med načinom aplikacije EOv in oceno senzoričnih parametrov jagod (opisne statistike ter rezultati analize variance in hi-kvadrat testa)

Senzorični parametri	potapljanje (<i>n</i> = 51)	škropljenje (<i>n</i> = 53)	kontrola (<i>n</i> = 24)	<i>p</i>
Izgled	87,2 (13,3)	88,4 (11,0)	85,1 (13,6)	0,563
Vonj	71,4 (23,9)	74,7 (17,3)	70,9 (24,6)	0,675
Okus	66,7 (26,8)	70,8 (22,5)	75,7 (21,9)	0,317
Zaznavanje tujega vonja	16 % (od 49)	24 % (od 51)	4 % (od 23)	0,132
Da → Tuj vonj moteč	32 % (od 22)	14 % (od 28)	10 % (od 10)	0,260
Zaznavanje priokusa	30 % (od 49)	35 % (od 51)	17 % (od 23)	0,306
Da → Priokus moteč	33 % (od 27)	36 % (od 33)	25 % (od 12)	0,844

Opomba: za številske izide je navedeno povprečje (st. odklon), za dvojiške pa delež odgovorov

* – statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)

3.1.4 Vpliv koncentracije EOV na senzorične vrednosti plodov

Ugotovili smo, da uporabljena koncentracija EOV (4 % ali 8%) ni statistično značilno vplivala na oceno izgleda, vonja in okusa plodov jagod. Vpliv koncentracije EOV na zaznavanje tujega vonja je bil na meji statistične značilnosti ($p=0,055$), pri čemer je delež odgovorov DA (zaznan tuji vonj) naraščal s koncentracijo EOV. Pri ostalih treh vprašanjih o vonju in okusu razlike med koncentracijami EOV niso bile statistično značilne (Tabela 6).

Tabela 6: Korelacija med koncentracijo EOV in oceno senzoričnih parametrov plodov jagod (opisne statistike ter rezultati analize variance in hi-kvadrat testa)

Senzorični parametri	kontrola [0 %] (<i>n</i> = 24)	4 % (<i>n</i> = 52)	8 % (<i>n</i> = 52)	<i>p</i>
Izgled	85,1 (13,6)	88,6 (11,4)	87,1 (12,9)	0,522
Vonj	70,9 (24,6)	75,4 (20,1)	70,8 (21,3)	0,492
Okus	75,7 (21,9)	68,2 (22,9)	69,5 (26,6)	0,444
Zaznavanje tujega vonja	4 % (od 23)	16 % (od 50)	24 % (od 50)	0,055
Da → Tuj vonj moteč	10 % (od 10)	22 % (od 23)	22 % (od 27)	0,828
Zaznavanje priokusa	17 % (od 23)	28 % (od 50)	38 % (od 50)	0,199
Da → Priokus moteč	25 % (od 12)	41 % (od 29)	29 % (od 31)	0,543

Opomba: za številske izide je navedeno povprečje (st. odklon), za dvojiške pa delež odgovorov

*- statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)

3.2 Skladiščenje plodov

V nadaljevanju so bili analizirani podatki o deležu zmanjšanja mase desetih plodov po 7 dneh skladiščenja ter delež propadlih plodov po 4 in 7 dneh skladiščenja na sobni temperaturi in v hladilnici. Rezultati so povzeti v Tabeli 7.

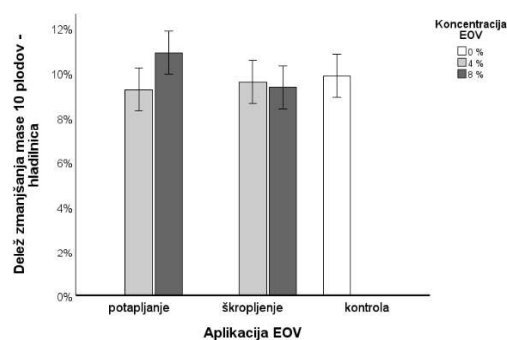
Tabela 7: Opisne statistike in povzetek analize variance za analizo učinkov skladiščenja

Povprečje (SO) Obravnavanje	Delež zmanjšanja mase plodov po 7 dneh – sobna temp.	Delež zmanjšanja mase plodov po 7 dneh – hladilnica	Delež propadlih plodov po 4 dneh – sobna temp.	Delež propadlih plodov po 7 dneh – sobna temp.	Delež propadlih plodov po 4 dneh – hladilnica	Delež propadlih plodov po 7 dneh – hladilnica
Potapljanje 8 %	20,2 % (1,2 %)	10,9 % (0,6 %)	46,7 % (11,5 %)	100,0 % (0,0 %)	3,3 % (5,8 %)	23,3 % (5,8 %)
Potapljanje 4 %	21,0 % (1,6 %)	9,3 % (0,6 %)	86,7 % (5,8 %)	100,0 % (0,0 %)	3,3 % (5,8 %)	10,0 % (0,0 %)
Škropljenje 8 %	18,7 % (0,3 %)	9,4 % (0,4 %)	36,7 % (5,8 %)	99,7 % (5,8 %)	0,0 % (0,0 %)	10,0 % (10,0 %)
Škropljenje 4 %	19,8 % (1,4 %)	9,6 % (1,0 %)	53,3 % (11,5 %)	100,0 % (0,0 %)	6,7 % (11,5 %)	13,3 % (5,8 %)
Kontrola	21,7 % (1,1 %)	9,9 % (0,9 %)	40,0 % (17,3 %)	93,3 % (11,5 %)	3,3 % (5,8 %)	13,3 % (5,8 %)
<i>p</i> (aplikacija EOV)	0,097	0,19	0,008*	0,628	1,000	0,201
<i>p</i> (koncentracija EOV)	0,925	0,132	0,001*	0,628	0,418	0,201
<i>p</i> (interakcija)	0,256	0,054	0,103	0,628	0,418	0,046*

SO – standardni odklon

* – statistično značilen vpliv dejavnika ($p < 0,05$)**3.2.1 Učinek aplikacije EOV na izgubo mase plodov med skladiščenjem**

Način aplikacije EOV ni imel izrazitega vpliva na intenzivnost transpiracije in s tem izgubo mase plodov v različnih pogojih skladiščenja (sobna temperatura, skladiščenje pri 4 °C) (Tabela 7). Po 7 dneh skladiščenja med obravnavanji znotraj istega načina skladiščenja nismo potrdili razlik (Slika 3). Izguba mase pridelka je po 7 dneh skladiščenja pri sobni temperaturi v povprečju znašala 20 %, skladiščenje pri nižji temperaturi (4 °C) pa je izgubo mase zaradi zmanjšane transpiracije prepolovilo, kar je posledica nižje temperature. Statistično značilnih razlik med obravnavanji pri skladiščenju na sobni temperaturi nismo potrdili, v hladilnici pa je bil učinek interakcije koncentracije EOV in načina aplikacije na preprečevanje propadanja plodov na meji statistične značilnosti ($p = 0,054$).



Slika 3: Delež zmanjšanja mase plodov jagod po 7 dneh v hladilnici (povprečje s 95 % intervalom zaupanja)

Po izvedenem potapljanju plodov je bil pri višji koncentraciji EOV (8 %) delež zmanjšanja mase nekoliko večji kot pri nižji koncentraciji, po izvedenem škropljenju pa obratno. Aplikacija EOV v celoti ni imela statistično značilnega vpliva na zmanjšanje mase plodov med skladiščenjem (Slika 3) in posledično ni vplivala na fiziološko stabilnost pridelka.

3.2.2 Vpliv EOV na propadanje plodov zaradi mikrobne aktivnosti v različnih pogojih skladiščenja

Rezultati po 4 dneh skladiščenja

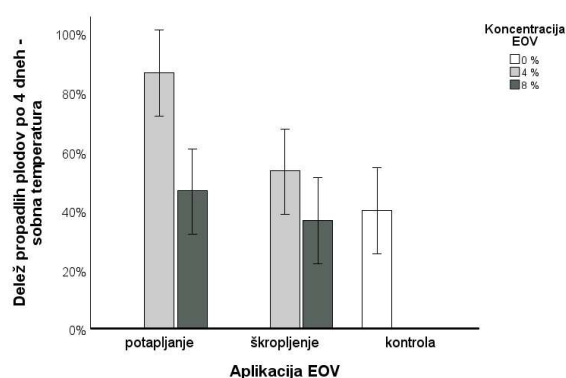
Po 4 dneh skladiščenja pri sobni temperaturi so bile razlike v deležu propadlih plodov zaradi pojava skladiščnih bolezni med obravnavanji izrazite in pogojene tako s koncentracijo EOV ($p=0,001$) kot z načinom njene aplikacije ($p=0,008$). V povprečju je bil delež propadlih plodov nižji pri škropljenju (primerljiv s kontrolo) in pri višji koncentraciji EOV (primerljiv s kontrolo) (Slika 4).

Izrazito večji delež propadlih plodov (86,7 %) smo v tem času zabeležili po potapljanju plodov v nižjo koncentracijo EOV (4 %), medtem ko se v povprečju delež propadlih plodov pri ostalih obravnavanjih bistveno ni razlikoval od kontrole (40 % propadlih plodov) (Tabela 7).

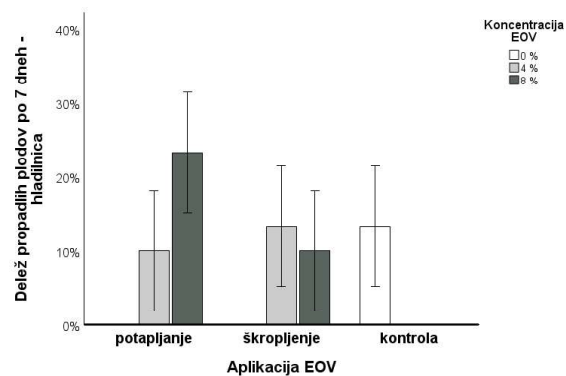
V hladilnici (skladiščenje pri 4 °C) je bil po 4 dneh skladiščenja delež propadlih plodov bistveno manjši in ni presegal 6,7 %; kontrola ni bistveno odstopala od ostalih obravnavanj (3,3 % propadlih plodov). Rezultati kažejo, da je bila za preprečevanje skladiščnih bolezni nižja temperatura skladiščenja učinkovitejša od enkratne aplikacije EOV.

Rezultati po 7 dneh skladiščenja

Na sobni temperaturi je po 7 dneh skladiščenja propadlo skoraj 100 % plodov, statistično značilnih razlik med obravnavanji nismo potrdili. V hladilnici pa je po 7 dneh skladiščenja propadlo med 10 in 23 % plodov (pri kontroli 13,3 %), največ po potapljanju plodov v 8 % EOV (23,3 %). Statistično značilna razlika med obravnavanji je bila ugotovljena kot posledica interakcije koncentracije EOV in načina aplikacije ($p=0,046$) (Tabela 7). Obravnavanja z aplikacijo EOV se niso statistično značilno razlikovala od kontrole (Slika 5).



Slika 4: Delež propadlih plodov po 4 dneh na sobni temperaturi (povprečje s 95 % intervalom zaupanja)



Slika 5: Delež propadlih plodov po 7 dneh v hladilnici (povprečje s 95 % intervalom zaupanja)

K raziskavi smo pristopili s predpostavko, da ima uporaba EOV pozitiven vpliv na dolžino skladiščenja jagod, ohranja kakovost plodov in zmanjšuje mikrobno aktivnost ter s tem povezano propadanje, vendar te hipoteze nismo potrdili. Uporabo EOV so številni avtorji, med njimi Sun in sod. (2021) ter Zhang in sod.

(2021) potrdili kot ukrep, ki pomembno prispeva k zmanjšanju prisotnosti mikrobov na plodovih in s tem k zmanjšanju pojava skladiščnih bolezni, prav tako ji pripisujejo pomemben vpliv na fiziološko stabilizacijo pridelka in ohranjanje kakovosti. Na osnovi prilagojenih skladiščnih pogojev smo ugotovili, da EOv po enkratni aplikaciji ni dosegla tega cilja in da je imela odločilen vpliv na sposobnost skladiščenja pridelka in ohranjanja kakovosti temperatura skladiščenja, kar je skladno s študijo De Bruna in sod. (2023). Z naraščanjem temperature se na vsakih 10 °C intenzivnost dihanja celic poveča za štirikrat, zato se tako kakovost plodov močno poslabša tudi brez prisotnosti škodljivih mikroorganizmov (Perez Rubio in sod., 2008).

Pri zasnovi raziskave smo predvideli, da bo EOv povečala skladiščni potencial jagod, vendar tega ne moremo potrditi. Glede učinka uporabe EOv menimo, da ima enkratna aplikacija EOv premalo izrazit učinek, kar je skladno z ugotovitvami Guentzel in sod. (2011). Ti navajajo, da bi bilo EOv smiselno uporabljati v nasadih skozi celotno rastno sezono kot preventivni ukrep in na ta način omejevati okužbo plodov in povečati njihovo skladiščno sposobnost.

V raziskavi smo tudi predvideli, da bo učinek potapljanja plodov v EOv neposredno po obiranju enak učinku foliarnega nanosa 12 h pred obiranjem. Glede na to, da učinka EOv po enkratni aplikaciji nismo potrdili, je hipoteza delno pravilna, vendar ne gre zanemariti nekoliko intenzivnejšega propadanja pridelka po potapljanju v EOv, kar je lahko posledica izrazitejšega povečanja vlage potopljenih plodovih. Pri izvajanju tega ukrepa smo ugotovili tudi, da to delo poteka počasneje in da hitreje pride do dodatnih poškodb plodov, zato ga pri hitro pokvarljivem sadju iz tega vidika odsvetujemo.

V začetni fazi naše raziskave smo tudi pričakovali, da bo uporaba EOv pri senzoričnem vrednotenju plodov jagod opazna in moteča, kar smo v raziskavi potrdili. Guentzel in sod. (2011) odločno zavračajo trditve, da bi lahko klor, ne glede na način aplikacije, motil ali poslabšal senzorično vrednost plodov. Tudi Sun in sod. (2021) trdijo, da uporaba EOv nima negativnega vpliva na kakovost tretiranega živila. V naši raziskavi smo ugotovili, da na zaznavanje prisotnosti in motečega vpliva klora vplivata tako spol kot starost poskuševalcev. Najmlajši poskuševalci (do 20 let) so bolj občutljivi pri zaznavanju tujega vonja, ki ga opredeljujejo kot motečega, vendar njegovega vira ne prepoznajo. Ugotovili smo tudi, da obstaja statistično značilna razlika med spoloma glede vrednotenja priokusa po kloru, saj so ga ženske zaznale in opredelile kot motečega v večji meri, kot moški. Poleg tega smo ugotovili

še, da način aplikacije in koncentracija EOv (4 % in 8 %) nista imela statistično značilnega učinka na zaznavanje tujega vonja in priokusa.

4 Sklepi

V maju 2024 smo v ekološkem nasadu jagod izvedli poskus stabilizacije pridelka jagod z EOv, ki mu je sledilo senzorično vrednotenje pridelka ter skladiščenje v različnih pogojih.

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko sklepamo:

- Enkratna uporaba elektrolizirane oksidativne vode (EOv) v obliki škropljenja ali potapljanja plodov (v koncentracijah 4 % ali 8 %) nima pomembnega vpliva na skladiščni potencial plodov jagod. Potapljanje plodov v EOv neposredno po obiranju lahko celo poveča tveganje za razvoj mikroorganizmov in posledično pospeši propad pridelka.
- Spol poskuševalcev ima statistično značilen vpliv na vrednotenje okusa; moški okus praviloma ocenijo boljše kot ženske in v manjšem deležu zaznajo tuj vonj.
- Starost poskuševalcev pomembno vpliva na oceno izgleda plodov, mlajši poskuševalci (do 20 let) za ta parameter praviloma dodelijo najvišje ocene.
- Mlajši poskuševalci (do 20 let) pogosteje zaznajo prisotnost tujega vonja in v večini primerov tudi priokusa, ki ga opredelijo kot motečega, vendar ne prepoznajo njegovega izvora.
- Način enkratne aplikacije in koncentracija EOv nimata pomembnega vpliva na zaznavanje tujega vonja in priokusa.
- Temperatura skladiščenja je ključen dejavnik pri ohranjanju kakovosti plodov in podaljševanju časa skladiščenja.

Dodatna ugotovitev/opomba: uporabo EOv bi bilo smiselno vključiti v preventivne ukrepe varstva rastlin, saj deluje predvsem kontaktno in kratkotrajno. Njena uporaba je možna tudi v kombinaciji z določenimi fitofarmacevtskimi sredstvi. Pri tem je nujno prilagajanje koncentracije EOv, da se prepreči pojav fitotoksičnosti na plodovih ali rastlinah ter nastanek motečega priokusa po kloru.

Literatura

- Calvo Crespo, H., Redondo, D., Remón, S., Venturini, E. M., & Arias, E. (2019). Efficacy of electrolyzed water, chlorine dioxide and photocatalysis for disinfection and removal of pesticide residues from stone fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 148, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.10.009>
- Chen, Y., Hung, Y., Chen, M., & Lin, H. (2017). Effects of acidic electrolyzed oxidizing water on retarding cell wall degradation and delaying softening of blueberries during postharvest storage. *LWT – Food Science and Technology*, 84, 650–657. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.011>
- De Bruno, A., Gattuso, A., Ritorto, D., Piscopo, A., & Poiana, M. (2023). Effect of edible coating enriched with natural antioxidant extract and bergamot essential oil on the shelf life of strawberries. *Foods*, 12(3), 488. <https://doi.org/10.3390/foods12030488>
- Everris International B.V. (n.d.). Select KCl [technical data sheet]. <https://irrisyst.eu/files/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0%20%20kcl.pdf>
- Golob, T., Jamnik, M., Bertoneclj, J., & Dobenšek, U. (2005). Senzorična analiza: metode in preskuševalci. *Acta Agriculturae Slovenica*, 85(1), 55–66.
- Guentzel, J. L., Callan, M. A., Liang Lam, K., Emmons, S. A., & Dunham, V. L. (2011). Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants. *Crop Protection*, 30(10), 1274–1279. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.05.021>
- Iram, A., Wang, X., & Demirci, A. (2021). Electrolyzed oxidizing water and its applications as sanitation and cleaning agent. *Food Engineering Reviews*, 13, 411–427. <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09278-9>
- Jia, L., Li, Y., Liu, G., & He, J. (2022). Acidic electrolyzed water improves the postharvest quality of jujube fruit by regulating antioxidant activity and cell wall metabolism. *Scientia Horticulturae*, 304, 111253. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111253>
- Koron, D. (2014). *Jagodišje*. Ljubljana: Kmečki glas, 91–104.
- Koron, D. (2019). *Gojenje jagodišja*. Ljubljana: Kmečki glas, 111–128.
- Liu, Q., Wu, J., Lim, Z. Y., Aggarwal, A., Yang, H., & Wang, S. (2017). Evaluation of the metabolic response of *Escherichia coli* to electrolysed water by ¹H NMR spectroscopy. *LWT – Food Science and Technology*, 79, 428–436. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.066>
- Nikolić, D. M., & Milivojević, J. M. (2010). *Jagodaste voćke*. Čačak: Naučno voćarsko društvo Srbije, 129–132.
- Pérez Rubio, A. G., & Sanz Martínez, C. (2008). Techniques for post-harvest handling, storage and transport of fruit. In *The strawberry crop at Huelva*. Junta de Andalucía.
- Qi, H., Huang, Q., & Hung, Y. (2017). Effectiveness of electrolyzed oxidizing water treatment in removing pesticide residues and its effect on produce quality. *Food Chemistry*, 239, 561–568. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.144>
- Sun, J., Jiang, X., Chen, Y., Lin, M., Tang, J., Lin, Q., Fang, L., Li, M., Hung, Y., & Lin, H. (2021). Recent trends and applications of electrolyzed oxidizing water in fresh foodstuff preservation and safety control. *Food Chemistry*, 369, 130873.
- Ventura, M., Faedi, W., Mazzoni, L., & Baruzzi, G. (1999). Caratterizzazione agronomica della cultivar di fragola Clery. *Frutticoltura*, 61(6), 47–51. (Original publication, Bologna, Italy: Edagricole.).

- Villarreal-Barajas, T., Vázquez-Durán, A., & Méndez-Albores, A. (2021). Effectiveness of electrolyzed oxidizing water on fungi and mycotoxins in food. *Food Control*, 131, 108454. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108454>
- Wang, F., Lin, Y., Xu, Y., Ba, Y., Zhang, Z., Zhao, L., Lam, W., Guan, F., Zhao, Y., & Xu, C. (2023). Mechanisms of acidic electrolyzed water killing bacteria. *Food Control*, 147, 109609. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109609>
- Zhang, W., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.005>