



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Kaja KRANJC

**VPLIV POTAPLJANJA SADJA V VROČO VODO NA
METABOLNE SPREMEMBE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

Ljubljana, 2019

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Kaja KRANJC

**VPLIV POTAPLJANJA SADJA V VROČO VODO NA METABOLNE
SPREMEMBE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

**INFLUENCE OF FRUIT HOT WATER DIPPING ON METABOLIC
CHANGES**

B. SC. THESIS

Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition

Ljubljana, 2019

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje Živilstvo in prehrana.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka Vidriha in za recenzenta prof. dr. Blaža Cigića.

Mentor: prof. dr. Rajko VIDRIH
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Recenzent: prof. dr. Blaž CIGIĆ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Mentor:

Recenzent:

Datum zagovora:

Kaja Kranjc

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 664.85.036:634.1/7:577.121(043)=163.6
- KG sadje, toplotna obdelava, potapljanje v vročo vodo, skladiščenje, senzorične lastnosti, mikrobiološki kvar, fiziološke spremembe
- AV KRANJC, Kaja
- SA VIDRIH, Rajko (mentor), CIGIČ, Blaž (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
- LI 2019
- IN VPLIV POTAPLJANJA SADJA V VROČO VODO NA METABOLNE SPREMEMBE
- TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana)
- OP VI, 21 str., 14 vir.
- JI sl/en
- AI Obdelava sadja po obiranju je pomemben faktor, ki prispeva k ohranjanju kakovosti sadja med in po skladiščenju. Z namenom uspešnega skladiščenja in zmanjšanja izgub se dandanes pridelovalci poslužujejo uporabe fitofarmaceutskih sredstev, s katerimi se čim bolj približajo zelenim ciljem. Velik problem pri dolgotrajnem skladiščenju predstavljajo tudi mikroorganizmi in insekti. Za preprečevanje njihove rasti na površini sadja se uporabljajo sintetični fungicidi in insekticidi, katere pa novodobni trendi in nagibanje k uporabi naravnih snovi zavračajo. Zaradi teženj po zmanjšanju uporabe fitofarmaceutskih sredstev so v industriji začeli ponovno preizkušati stare metode, s katerimi se lahko kakovost skladiščenega sadja in mikrobiološka odpornost vidno izboljša. Ena izmed takšnih metod je potapljanje sveže obranega sadja v vročo vodo s temperaturo od 45 do 60 °C. Metaboliti in fiziološke spremembe pri stresu dokazano izboljšajo skladiščno sposobnost in mikrobiološko odpornost tretiranega sadja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1
DC UDK 664.85.036:634.1/7:577.121 (043)=163.6
CX fruit, heat treatment, hot water dipping, storage, sensory properties, microbial spoilage, physiological changes
AU KRANJC, Kaja
AA VIDRIH, Rajko (supervisor), CIGIČ, Blaž (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY 2019
TI INFLUENCE OF FRUIT HOT WATER DIPPING ON METABOLIC CHANGES
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition)
NO VI, 21 p., 14 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Postharvest treatments of fruit represent an important factor that can significantly contribute to maintaining the quality of fruit during and after the storage. The main objective of fruit storing is to reduce loses, often through the application of synthetic phytopharmaceuticals. Synthetic insecticides and fungicides are used to prevent the growth of insects and microorganisms on the surface of the fruit. The modern trends are oriented towards the use of natural substances or physiochemical treatments instead of the application of synthetic compounds. To reduce the application of chemical treatments, the industry had begun to re-evaluate the old methods by which the quality of stored fruit and microbiological resistance can be substantially improved. One of these methods is based on dipping freshly harvested fruit into hot water with temperature from 45 to 60 °C. This results in a stress response of fruit. Secondary metabolites formed and other physiological changes during hot water dipping, have been shown to improve the storage capacity and microbiological resistance.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
1 UVOD	1
2 METODA OBDELAVE SADJA Z VROČO VODO	2
2.1 PRINCIP OBDELAVE Z VROČO VODO	3
3 VPLIV TOPLOTNE OBDELAVE SADJA	4
3.1 PREPREČEVANJE MIKROBIOLOŠKEGA KVARA	4
3.1.1 Uporaba vroče vode pri rumeni pitaji (<i>Selenicereus megalanthus</i>).....	4
3.1.2 Uporaba vroče vode pri ekološko pridelanih bananah (<i>Musa acuminata</i>)	5
3.1.3 Uporaba vroče vode pri jabolkih (<i>Malus domestica Borkh</i>)	6
3.2 VPLIV TOPLOTNE OBDELAVE NA FIZIOLOŠKE SPREMEMBE SADJA	7
3.2.1 Intenzivnost dihanja in proizvodnja etilena	7
3.2.2 Fiziološke poškodbe zaradi nizkih temperatur hlajenja.....	8
3.3 VPLIV TOPLOTNE OBDELAVE NA SENZORIČNO KAKOVOST SADJA	9
3.3.1 Vpliv potapljanja rumene pitaje (<i>Selenicereus megalanthus</i>) v vročo vodo na senzorične lastnosti	9
3.3.2 Vpliv potapljanja ekološko pridelanih banan (<i>Musa acuminata</i>) na senzorične lastnosti.....	10
3.3.3 Vpliv potapljanja jagod (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) na senzorične lastnosti	12
3.3.4 Vpliv potapljanja jagod (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) na aromo.....	14
4 SKLEPI	16
5 ZAKLJUČEK.....	18
6 VIRI.....	20

1 UVOD

Sadje in zelenjava sta pomemben vir ogljikovih hidratov, beljakovin, organskih kislin, vitaminov ter mineralov. Sadje in zelenjava, ki se trži, mora biti zdravo, brez insektov in brez delcev ali zdravju škodljivih spojin nad dovoljeno mejo. Dovzetnost svežih pridelkov za bolezni se po obiranju poveča med dolgotrajnim shranjevanjem, kar je posledica fizioloških sprememb, ki vodijo v propad zaradi fizioloških in mikrobioloških bolezni. Mikrobiološki kvar je tudi eden izmed najpomembnejših faktorjev, ki omejuje dolgo skladiščenje svežih pridelkov (Fallik, 2004). Obdelava sadja po obiranju je zato pomemben korak, ki vpliva na kakovost med in po skladiščenju. Zaradi današnjega transporta sadja in zelenjave na dolge razdalje je potrebno ohraniti sprejemljivo kakovost dlje časa kot v preteklosti. Z namenom uspešnega skladiščenja in transporta ter zmanjšanja izgub, se pridelovalci poslužujejo uporabe fitofarmaceutskih sredstev, predvsem insekticidov in fungicidov, ki so večinoma sintetičnega izvora. Novejše raziskave so pokazale, da čiščenje in pranje sadja, predvsem z uporabo organskih kislin, organskih soli, ozona in hipoklorita, ne uniči celotne mikrobne populacije, poleg tega pa se poslabša senzorična kakovost in hranilna vrednost tako obdelanega sadja (Rico in sod., 2007). Poleg poslabšanja arome sadja so dokazani tudi negativni vplivi na okolje in na zdravje potrošnikov tako obdelanega sadja. Zaradi vse večjega zavedanja posledic uporabe fitofarmaceutskih preparatov na okolje ter ljudi, so se začeli iskati alternativni načini obdelave sadja za ohranjanje kakovosti med skladiščenjem. Med naravnimi načini ohranjanja kakovosti svežih pridelkov se je metoda obdelave z vročo vodo izkazala kot najprimernejša in najuspešnejša pri omejevanju izgub. Prvič se je tak način obdelave uporabil v začetku 21. stoletja za preprečevanje gnitja citrusov (Fallik, 2004).

V diplomski nalogi smo se osredotočili na preučevanje vpliva potapljanja sadja v vročo vodo in kako tak način obdelave vpliva na metabolne spremembe. Osredotočila sem se predvsem na preprečevanje mikrobiološkega kvara, na fiziološke spremembe obdelanega sadja med in po skladiščenju ter na senzorične lastnosti tako tretiranega sadja.

Pred začetkom pisanja naloge smo si postavili pet hipotez:

H1) Potapljanje sadja v vročo vodo za kratek čas podaljša življenjsko dobo skladiščenega sadja

H2) Potapljanje sadja v vročo vodo sproži stresni odziv pri sadju

H3) Potapljanje sadja v vročo vodo poveča odpornost sadja na nizke temperature med skladiščenjem

H4) Potapljanje sadja v vročo vodo vpliva na izboljšanje ohranjanja barve, čvrstosti, vsebnosti antioksidantov ter arome sadja

H5) Potapljanje sadja v vročo vodo ima velik pozitiven učinek na zmanjšanje procesa gnitja med skladiščenjem zaradi inhibicije rasti mikroorganizmov

2 METODA OBDELAVE SADJA Z VROČO VODO

V zadnjih nekaj letih se je povečala želja po uporabi naravnih načinov ohranjanja kakovosti sadja med skladiščenjem. Novodobne smernice zdravega načina življenja namreč zavračajo uporabo sintetičnih pripravkov, kot so fungicidi in pesticidi. Toplotna obdelava sveže obranega sadja je naravna metoda, pri kateri se sveže obrano sadje izpostavi viru toplote. Posledično se temperatura na površini in tudi nekoliko v globini poviša, kar pa uspešno uniči in odstrani prisotne mikroorganizme. Poleg tega vpliva, predvsem pri klimakterijskem sadju, tudi na produkcijo etilena, zorenje in mehčanje sadja ter spremembe barve in arome med skladiščenjem (Lurie, 1998).

V grobem ločimo tri različne metode toplotne obdelave sadja. Te so:

- **obdelava z vročo vodo:** ta metoda je bila sprva uporabljena samo za preprečevanje razvoja plesni, vendar se je njena uporaba kmalu razširila še na nadzorovanje razvoja ostalih mikroorganizmov in insektov (Lurie, 1998).

- **obdelava z vodno paro:** ta način obdelave sveže obranega sadja se je razvil za preprečevanje razvoja insektov. V začetku se je namreč uporabljal za zatiranje Breskove muhe (*Creatitis capitata* Wiedmann) ter Mehiške muhe (*Anastrepha ludens* Loew) (domorodne vrste izhajajo iz Južne in Srednje Amerike). Kasneje so to metodo zamenjali z etil dibromidom in metil bromidom. Od leta 2010 je bila njuna uporaba prepovedana in metoda z vodno paro je prišla ponovno v ospredje (Lurie, 1998).

- **obdelava z vročim zrakom:** Obdelava z vročim zrakom poteka tako, da se sadje nahaja v ogretem prostoru z ventilacijo, ali pa v prostoru, kjer je cirkulacija vročega zraka natančno regulirana. Vroč zrak segreva površino počasneje kot vroča voda. Pozitivne lastnosti takšnega načina obdelave so zmanjšane poškodbe površine sadja, ki se lahko pojavijo pri uporabi vodne pare. Po zaključenem procesu pa je potrebno sadje hitro ohladiti, za kar se največkrat uporablja hladna voda. Za uspešno preprečevanje razvoja mikroorganizmov se uporabljajo temperature med 38 in 46 °C, čas izpostavljanja pa je med 12 in 96 ur (Lurie, 1998).

V tem diplomskem seminarju se bomo usmerili na uporabo vroče vode ter učinke takšnega načina obdelave med in po skladiščenju.

2.1 PRINCIP OBDELAVE SADJA Z VROČO VODO

Ta metoda obdelave sveže obranega sadja temelji na različnih temperaturnih režimih, ki so določeni za vrsto sadja, ki ga obdelujemo. Dokazano je, da se s pomakanjem sveže obranih plodov v vročo vodo zmanjšajo poškodbe in posledično izgube, kar je posledica uspešne inaktivacije mikroorganizmov (Lurie, 1998).

Sadje lahko tolerira izpostavljanje vroči vodi s temperaturami od 50 °C do 60 °C do 10 minut. Daljše izpostavljanje vodi v poškodbe površine. Kljub temu pa so raziskave pokazale, da ima že krajši čas obdelave sadja pozitivne učinke na skladiščenje (Fallik, 2003).

Pod besedno zvezo "obdelava sadja z vročo vodo" ločimo dva pristopa – pomakanje sadja v vročo vodo (angl. hot water immersion treatment ali HWT) ter spiranje sadja z vročo vodo v kombinaciji s ščetkanjem (angl. hot water rinsing and brushing ali HWRB). Uporaba obeh metod je enostavna, hitra in učinkovita. Prav tako je cena takšne obdelave v primerjavi s sintetičnimi pripravki nekoliko nižja (Fallik, 2003).

Režim obdelave sadja se razlikuje od časa obiranja, lokacije, kjer je plod rasel, tipa zemlje, na katerem je rastlina uspevala, načina pridelave, zrelosti sadja ter velikosti plodu. Vse te dejavnike je potrebno upoštevati, če želimo doseči najboljše možne rezultate takšnega načina obdelave. Oba principa (HWT in HWRB) zavirata zorenje, zmanjšata možnost izgub, v večini primerov pa tudi inducirata odpornost sadja na poškodbe zaradi nizkih temperatur in patogenih mikroorganizmov (Fallik, 2003).

Spiranje sadja z vročo vodo v kombinaciji s ščetkanjem (HWRB) je novejši princip obdelave sveže obranih plodov. Ta tehnologija je bila predstavljena leta 1996, dobrih 70 let za HWT (Fallik, 2003). Izboljšave pri tej metodi so predvsem tekoča voda, saj le ta ne zastaja v posodah, kot pri pomakanju sadja v vodo. Pri takšni obdelavi so temperaturni režimi nekoliko drugačni. Voda ima višjo temperaturo (okrog 60 °C), sadje pa je izpostavljeno takšnim temperaturam krajši čas (10-60 sekund) (Lurie, 1998).

Princip delovanja HWRB je tak, da se plodovi najprej sperejo s pitno vodo sobne temperature v kombinaciji s ščetkanjem. Ta korak traja približno 10 sekund. Nato sadje nadaljuje svojo pot kotaljenja po ščetkah, nakar se potaplja v reciklirano in segreto vodo iz prvega koraka. Voda je segreta na temperaturo med 48 in 63 °C, namakanje pa traja nekje 10-20 sekund. Sledi še sušenje sadja s toplim zrakom, ki pa traja približno 2 minuti v tunelu dolžine 3-4 m. Temperatura zraka v tem koraku običajno ne presega 60 °C, saj lahko višje temperature vodijo v poškodbe na površini (Fallik, 2003).

Pomakanje sadja v vročo vodo (HWT) je princip, ki bazira na pomakanju sadja v vodo temperature med 43 in 49 °C, za nekaj minut (lahko tudi do dveh ur). Seveda pa pri vseh

parametrim temperature in časa upoštevamo zgoraj naštet faktorje. Takšen princip obdelave zagotavlja skoraj 100 % odstranjanje jajčec muhe *Anastrepha ludens* Loew, brez poškodb površine sadja (Fallik, 2003).

3 VPLIVI TOPLOTNE OBDELAVE SADJA

Sveže sadje spada med proizvode, ki so hitro pokvarljivi in lahko ob nepravilnem skladiščenju ter rokovanju zelo hitro izgubijo na kakovosti, kar pa vodi v nepotrebne izgube pridelka. Ohranjanje čistosti površine in odstranjanje nezaželenih mikroorganizmov je ena ključnih zahtev, ki vpliva na ohranjanje svežine in kakovosti skladiščenega sadja in preprečuje kvar. Kvar svežega sadja je posledica delovanja mikroorganizmov, katerim sadje predstavlja dober vir hrane (Kabelitz in sod., 2019).

Izpostavljanje plodov vroči vodi vpliva na različne parametre kakovosti. Med te uvrščamo proizvodnjo etilena med skladiščenjem, respiracijo, zorenje, spremembe v barvi ter aromi. (Lurie, 1998). Po raziskavah sodeč lahko trdimo, da se kakovost svežega sadja, ki je bilo obdelano z vročo vodo, med skladiščenjem veliko bolje ohranja, v primerjavi z neobdelanim sadjem.

3.1 PREPREČEVANJE MIKROBIOLOŠKEGA KVARA

Odstranjanje mikroorganizmov ter ohranjanje čistosti površine svežega sadja je pomemben korak k ohranjanju kakovosti skladiščenih plodov (Kabelitz in sod., 2019).

Kakšno je tveganje okužbe sadja z mikroorganizmi je do neke mere določeno s samo sestavo sadja in obdelavo pred ter med skladiščenjem. Mikroorganizmi imajo sposobnost rasti v širokem temperaturnem območju, vendar pa ima vsak MO optimalno temperaturo razmnoževanja in rasti. Pri neprimerni temperaturi beljakovine denaturirajo, kar pa vodi v počasnejšo rast in na koncu v smrt mikroorganizma. Obdelava sveže obranega sadja z vročo vodo ima ravno zato pozitivne lastnosti pri zmanjšanju tveganja izgube pridelka zaradi mikrobiološkega kvara. Povišana temperatura povzroča poškodbo celičnih beljakovin (Barry-Ryan, 2012). Mikroorganizmi so tako uničeni, poleg tega pa se s pomočjo vodnega toka sperejo iz površin (Kabelitz in sod., 2019).

3.1.1 Uporaba vroče vode pri rumeni pitaji (*Selenicereus megalanthus*)

Narejenih je bilo veliko raziskav, kjer so spremljali vplive obdelave sadja z vročo vodo in zmanjšanje mikrobiološkega kvara. Vilaplana in sod. (2017) so v svoji raziskavi opazovali delovanje plesni *Alternaria alternata*, ki na rumeni pitaji (*Selenicereus megalanthus*) povzroča bolezen črnega gnitja. Raziskava je potekala tako, da so zrele plodove obrali in nato izbrali tiste, katerih masa je bila $202 \pm 19,1$ g, skupni pa jim je bil tudi barvni odtенок.

Prav tako izbrane pitaje niso imele vidnih mehanskih poškodb. V nadaljevanju raziskave so bili sadeži očiščeni s 5% raztopino natrijevega hipoklorita in sprani z vodo ter na zraku posušeni. Na vse očiščene sadeže so nato na enak način inokulirali plesen *A. alternata* in vzorce razdelili v šest skupin. Prva skupina je bila kontrola, drugo skupino so obdelali s fungicidom, tretja skupina je bila obdelana eno minuto z vodo temperature 40 °C, četrto skupino so dve minuti obdelovali z vodo 40 °C, peta skupina je bila izpostavljena vodi 50 °C za eno minuto, šesta pa dve minuti. Vzorce so skladiščili 21 dni na temperaturi 12 °C. 7., 14. in 21. dan so opazovali parametre kakovosti (barvne spremembe, izgubo mase, čvrstost plodov, vsebnost suhe snovi in titracijske kisline), da so lahko obdelavo z vročo vodo primerjali z uporabo fungicidnih sredstev. Pri tem so poleg mikrobiološke varnosti upoštevali tudi ostale parametre kakovosti sadeža (Vilaplana in sod., 2017).

Ugotovljeno je bilo, da sta obe metodi (obdelava pitaje z vročo vodo in obdelava s fungicidom) uspešni pri zaviranju mikrobiološke kvara. 14. dan je bilo mogoče opaziti veliko večji kvar na vzorcih iz kontrolne skupine v primerjavi z ostalimi obdelanimi vzorci. Višja kot je bila temperatura obdelave, boljši so bili rezultati zaviranja mikrobiološke kvara. Pomakanje rumene pitaje v vodo temperature 50 °C za 2 minuti je bistveno znižalo možnosti za kvar in pokazalo najboljše rezultate. Primeren režim toplotne obdelave bi lahko znižal ali pa celo v celoti zamenjal uporabo fungicidnih sredstev (Vilaplana in sod., 2017).

3.1.2 Uporaba vroče vode pri ekološko pridelanih bananah (*Musa acuminata*)

Narejena je bila pomembna raziskava (Vilaplana in sod., 2018), pri kateri so opazovali vpliv obdelave ekološko pridelanih banan (*Musa acuminata*) z vročo vodo kot alternativo metodo preprečevanja razvoja plesni *Colletotrichum musae*. Ta plesen pridelovalcem banan predstavlja veliko grožnjo za izgubo pridelka. Sintetični fungicidi preprečijo rast *C. musae*, vendar je uporaba fungicida v ekološkem kmetijstvu prepovedana. Prav zaradi tega so pridelovalci ekoloških banan začeli iskati dovoljene alternativne metode, med katere pa spada tudi potapljanje sadja v vročo vodo (Vilaplana in sod., 2018).

Raziskava je potekala tako, da so banane v tehnološki zrelosti obrali, jih očistili s 5% raztopino natrijevega klorida, nato so banane sprali z vodo in jih pustili, da se posušijo na sobni temperaturi. V vzorce so s sterilno kovinsko paličico naredili rano premera in globine 3 mm, kamor so kasneje inokulirali suspenzijo *C. musae*. Vzorce so porazdelili v 14 skupin. Prva je predstavljala kontrolo, druga skupina banan je bila obdelana s fungicidom, ostalih 12 skupin pa so obdelali z vodo temperatur 40, 45 in 50 °C. Vsaki temperaturi so banane izpostavili 1, 5, 10 in 20 minut. Vzorce so skladiščili 21 dni v ohlajenih prostorih (13 °C) pri 90 % relativne vlažnosti, nato pa še 7 dni pri temperaturi 20 °C, pri relativni vlažnosti med 80 % in 90 %. Pred, med (7., 14. in 21. dan) in po skladiščenju (28 dan) so opazovali še ostale parametre kakovosti: izgubo mase, spremembo barve, čvrstost plodov, suho snov

(g/100 g), titrabilne kisline (g/100 g), indeks zrelosti (kvocient suhe snovi in titrabilnih kislin) ter senzorično kakovost (Vilaplana in sod., 2018).

Rezultati so pokazali, da ima obdelava banan 20 minut pri 40 °C najboljše rezultate, kar se tiče zmanjšanja pojava mikrobiološkega kvara, vendar pa so bili ostali parametri kakovosti boljši pri drugih režimih obdelave. Mikrobiološki kvar se je zmanjšal predvsem pri bananah, ki so bile tretirane s sintetičnimi fungicidi (66,5 %) ter tistimi, ki so bile 20 minut izpostavljene temperaturi 40 °C (59,3 %). S to raziskavo so ugotovili, da bi optimizirana metoda pomakanja banan v vročo vodo lahko predstavljala uspešno alternativno metodo, s katero bi pridelovalci ekoloških banan lahko preprečili izgubo pridelka, obenem pa ohranjali kakovostne parametre banan po skladiščenju (Vilaplana in sod., 2018).

3.1.3 Uporaba vroče vode pri jabolkih (*Malus domestica* Borkh)

HWT obdelava sadja je sprejeta kot varna in učinkovita metoda za preprečevanja razvoja in nastanka bolezni svežega sadja zaradi delovanja mikroorganizmov. V raziskavi (Di Francesco in sod., 2018) so uporabili jabolka (*Malus domestica* Borkh) sorte Zlati delišes in tri različne plesni – *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum* in *Neofabraea vagabunda*.

Učinkovitost uporabe metode HWT so preverjali na dva načina – *in vivo* ter *in vitro*. Pri *in vivo* preizkusu so jabolka izpostavili vroči vodi temperature 45 °C 10 minut, nato pa so inokulirali suspenzije treh plesni 0, 3, 6 in 24 h po obdelavi. Pri *in vitro* delu raziskave so opazovali vpliv HWT na aktivnost encimov zgoraj omenjenih patogenov (Di Francesco in sod., 2018).

- ***In vivo***: Izbrani vzorci jabolk so bili potopljani v 10 L vode s temperaturo 45 °C za 10 minut. Vzorce so nato porazdelili v tri skupine, glede na inokuliran patogen. Te so inokulirali 0, 3, 6 in 24 ur po toplotni obdelavi. Inokulacija je potekala tako, da so v jabolka naredili luknjo 3 mm globoko in s 3 mm premera. V tako narejene rane so nanесли 20 µL suspenzije patogena s koncentracijo 10⁵ konidijev/mL. Po inokulaciji so vzorce skladiščili na 20 °C 6 ali 10 dni (odvisno od inokuliranega patogena) (Di Francesco in sod., 2018).
- ***In vitro***: Surov ekstrakt so pridobili iz kožic jabolk (0, 3, 6 in 24 h po obdelavi z vročo vodo), ki so jih predhodno toplotno obdelali z vodo 45 °C 10 minut. 50 µL suspenzije konidijev (10⁵ konidijev/mL) so nanесли na sterilno objektno stekelce in dodali enako količino surovega ekstrakta. Objektna stekelca so bila položena na navlažen filter papir v sterilni petrijevki, katero pa so takoj prekrili s parafilmom, da se je vlažnost ohranjala med inkubacijo. Petrijevke so za 14 ur postavili v inkubator na 20 °C (Di Francesco in sod., 2018).

Rezultati :

- ***In vivo***: Rezultati so pokazali zmanjšanje poškodb zaradi delovanja plesni v vseh treh skupinah glede na kontrolno skupino. Najmanjše so bile poškodbe jabolk, na katere so inokulirali plesen *N. vagabunda* 3 ure po obdelavi z vročo vodo (vidne poškodbe so bile skoraj 70 % manjše v primerjavi s kontrolno skupino) (Di Francesco in sod., 2018).
- ***In vitro***: Inhibicija rasti patogenih mikroorganizmov je bila najboljša pri surovih ekstraktih, ki so bili pridobljeni iz kožic jabolk 3 in 6 ur po toplotni obdelavi. Pri vseh vzorcih se je zmanjšala aktivnost endo-1,4- β -glukanaze, aktivnost poligalakturonaze se v primerjavi s kontrolno skupino ni razlikovala pri nobenem vzorcu. Aktivnost ksilanaze se je zmanjšala predvsem pri plesni *N. vagabunda*, kadar je bil uporabljen ekstrakt pridobljen 3 in 6 ur po toplotni obdelavi (Di Francesco in sod., 2018).

3.2 VPLIV TOPLOTNE OBDELAVE NA FIZIOLOŠKE SPREMEMBE SADJA

Toplotna obdelava sveže obranega sadja povzroča poškodbe celičnih struktur (npr. membrane) in denaturacijo bioloških makromolekul. Kot odgovor tem poškodbam začne sadje sintetizirati proteine, ki popravijo ali razgradijo denaturirane makromolekule, saj le-te vplivajo na celični metabolizem. Izvedenih je bilo mnogo raziskav, katerih rezultati so potrdili povezavo med toplotno obdelavo sveže obranega sadja in boljšo kakovostjo sadja med skladiščenjem in po njem. Aktivnost encimov, kot so perioksidaze in superoksid-dismutaze, se je pri tretiranih vzorcih zmanjšala manj kot pa pri kontrolni skupini. Sinteza encimov, ki povzročajo celično razgradnjo je upočasnjena in včasih tudi preprečena. Fallik (2004) v svoji raziskavi potrjuje, da je uporaba HWT odgovorna za inhibicijo zorenja in poveča odpornost sadja na poškodbe zaradi nizkih temperatur med skladiščenjem (Barry-Ryan, 2012).

3.2.1 Intenzivnost dihanja in proizvodnja etilena

Obdelava z vročo vodo načeloma vpliva tudi na zmanjšano proizvodnjo etilena in počasnejše dihanje sadja. Visoka temperatura inhibira proizvodnjo etilena in prav tako zmanjša odziv tkiva sadja na etilen. Kolikšne bodo te spremembe je odvisno od sadja, temperature in časa obdelave (Barry-Ryan, 2012).

Etilen je plin, ki v sadju vpliva na različne biološke procese. Etilen ima najpomembnejšo funkcijo pri zorenju sadja (Sun in sod., 2018).

Glede na proizvodnjo etilena in občutljivost na etilen ločimo klimakterijsko in ne-klimakterijsko sadje. Klimakterijsko sadje (paradižnik, banana, jabolko, hruška, melona, avokado...) je tisto, ki med zorenjem proizvaja etilen, poleg tega pa je zorenje pospešeno ob prisotnosti povišane koncentracije etilena v atmosferi. Etilen je fitohormon, ki regulira procese zorenja (sprememba barve, mehčanje plodov, povečane koncentracije sladkorjev, zmanjšane koncentracije kislin, itd.). Ne-klimakterijsko sadje (grozdje, pomaranče, ananas,...) je tisto, ki med zorenjem ne proizvaja etilena, poleg tega pa ta plin tudi ne vpliva na procese zorenja (Tripathi in sod., 2016).

Izvedena je bila raziskava, kjer so preverjali vpliv toplotne obdelave na zorenje in produkcijo etilena pri avokadu (Florissen in sod., 1996). Vzorci so bili enake zrelosti ter mase (povprečna masa je znašala 242 g). Vzorce so obdelali z vročo vodo v času 24 ur po obiranju, pred tretiranjem pa so vsak vzorec za 1 minuto namakali v fungicid in ga posušili na zraku. Temperatura vode je bila pri vseh vzorcih 38 °C, razdelili pa so jih v skupine glede na čas obdelave (0, 6, 12, 24 in 48 ur). Vsak vzorec je bil po toplotni obdelavi individualno skladiščen v plastični posodi, skozi katero se je pretakal vlažen zrak s pretokom (8 L/h) s konstantno temperaturo 20 °C. Prisotnost etilena so merili z metodo plinske kromatografije. Merjenje proizvodne etilena je potekalo vse dokler se na vzorcih niso začeli kazati znaki propadanja.

Rezultati so pokazali, da je imela daljša toplotna obdelava avokada večji vpliv na znižanje proizvodnje etilena. Tako obdelani sadeži so prav tako kasneje dozoreli (Florissen in sod., 1996).

3.2.2 Fiziološke poškodbe zaradi nizkih temperatur skladiščenja

Obdelava sveže obranih plodov vzdržuje tudi kakovost sadja med skladiščenjem. Izpostavljanje visoki temperaturi vodi v stresen odziv, kar pomeni sintezo specifičnih beljakovin (proteinov toplotnega šoka), ki igrajo pomembno vlogo pri odpornosti sadja na nizke temperature med skladiščenjem, ki bi sicer lahko povzročale fiziološke poškodbe. Tudi nekateri sladkorji, kot na primer saharoza, lahko povzročijo za toplotno-inducirano toleranco na nizke temperature. Ti sladkorji se med skladiščenjem porabljajo kot energija za metabolne procese v sadju (Barry-Ryan, 2012).

Pomembna je raziskava, pri kateri so preverjali vpliv toplotne obdelave pri češnjevih paradižnikih (Yang in sod., 2009). Te so za 5 ali 15 minut izpostavili vodi s temperaturo 40 °C ali 45 °C. Skladiščenje je potekalo pri nizki temperaturi 5 °C 19 dni. Rezultati so pokazali, da so se vzorcem, ki so bili izpostavljeni vodi s temperaturo 45 °C, zmanjšale poškodbe zaradi skladiščenja pri 5 °C. Razvila se je značilna rdeča barva, kloroplasti so se pretvorili v kromoplaste. Mitochondriji in ostali celični organeli po skladiščenju niso bili prizadeti. Vzorci v kontrolni skupini so po 19 dneh izpostavljenosti nizkim temperaturam utrpeli

poškodbe celičnih organelov. Prav tako se pri neobdelanih paradižnikih ni razvila značilna rdeča barva (Yang in sod., 2009).

3.3 VPLIV TOPLOTNE OBDELAVE NA SENZORIČNO KAKOVOST SADJA

Toplotna obdelava sadja pred skladiščenjem prav tako vpliva na senzorične lastnosti. Poslabšanje senzorične kakovosti povezujemo s povečano intenzivnostjo dihanja, proizvodnjo etilena ter izgubo membranske integritete (Barry-Ryan, 2012). Nekatere raziskave kažejo na to, da so se senzorične lastnosti med skladiščenjem ne le ohranjale, temveč celo izboljšale. Sadje naj bi, po raziskavah sodeč, pridobilo boljšo aromo, zmanjša se vsebnost kislin in neželenih aromatskih spojin. Senzorične lastnosti so se po toplotni obdelavi izboljšale zaradi inaktivacije določenih encimov, ki pri sadju povzročajo neprijetne in neželene note arome. Med najpogostejše encime, ki negativno vplivajo na senzorično kakovost uvrščamo polifenol oksidaze in peroksidaze. Pomakanje sadja v vročo vodo zmernih temperatur v tehnološki zrelosti ohranja tudi čvrstost, barvo in vsebnost topnih trdnih snovi (Barry-Ryan, 2012).

V že prej omenjenih raziskavah, pod točko 3.1.1 ter 3.1.2, so poleg vpliva potapljanja sadja na preprečevanje mikrobiološkega kvara, opazovali tudi parametre senzorične kakovosti.

3.3.1 Vpliv potapljanja rumene pitaje (*Selenicereus megalanthus*) v vročo vodo na senzorične lastnosti

Namakanje rumene pitaje v vročo vodo je poleg mikrobiološke varnosti imelo vpliv tudi na ostale parametre kakovosti med skladiščenjem (Vilaplana in sod., 2017). Tako se je čvrstost rumene pitaje bolje ohranjala pri obdelanih vzorcih v primerjavi z rezultati kontrolne skupine. Tekstura po skladiščenju je bila najbolj sprejemljiva pri pitajah, obdelanih 2 minuti z vodo temperature 50 °C (Vilaplana in sod., 2017).

Izguba mase je bila pri neobdelanih sadežih v kontrolni skupini največja. Vzorcem se je masa najmanj spremenila v primeru obdelave s sintetičnimi fungicidi, vendar je bila izgube mase minimalna tudi pri pitaji obdelani 2 min z vodo temperature 50 °C (Vilaplana in sod., 2017).

Med skladiščenjem so opazovali tudi spremembe v vsebnosti titrabilnih kislin ter suhe snovi. Pri klimakterijskem sadju spremembe teh dveh parametrov povezujejo s povečano produkcijo etilena in dihanjem. Po koncu skladiščenja je bilo ugotovljeno, da sta bila oba opazovana parametra višja pri vzorcih, ki so bili obdelani pri temperaturi 50 °C za dve minuti, ter pri vzorcih na katerih so uporabili sintetični fungicid. To lahko pripišemo mehanizmu zorenja, ki je v teh dveh primerih, zaradi sprememb v metabolizmu, upočasnen. Suha snov (sladkorji) se med zorenjem namreč intenzivno porablja v metabolnih procesih.

Škrob se najprej pretvori v glukozo, ki se uporablja kot substrat za celično dihanje. Vsebnost titrabilnih kislin je regulirana z metabolizmom organskih kislin. Te se sintetizirajo med zorenjem. Po 21 dneh skladiščenja na 12 °C je bila splošna kakovost bistveno boljša pri vzorcih, ki so bili obdelani s sintetičnim fungicidom ter pri tistih vzorcih, ki so bili izpostavljeni vodi 50 °C 2 minuti. Vzorci iz kontrolne skupine so bili precej poškodovani in s tem neprimerni za uživanje (Vilaplana in sod., 2017).

3.3.2 Vpliv potapljanja ekološko pridelanih banan (*Musa acuminata*) na senzorične lastnosti

Banane spadajo med klimakterijsko sadje z omejenim časom skladiščenja. Kakovost takšnemu sadju začne strmo padati kadar dosežejo stopnjo užitne zrelosti. Namen raziskave (Vilaplana in sod., 2018) je bil ugotoviti, kako potapljanje ekoloških banan v vročo vodo v okviru različnih temperaturnih režimov vpliva na ohranjanje kakovosti sadja med hladnim skladiščenjem na 13 °C, nato pa še imitiranje 7-dnevnega skladiščenja banan na 20 °C, tako kot na prodajnih policah. Med raziskavo so poleg mikrobiološkega kvara opazovali tudi izgubo mase, čvrstost, suho snov, vsebnost titrabilnih kislin ter indeks zrelosti (Vilaplana in sod., 2018).

Izgubo mase so določali s tehtanjem sadja pred pričetkom toplotne obdelave, po 7., 14., dnevu skladiščenja na 13 °C ter po 7. dnevu skladiščenja na 20 °C (Vilaplana in sod., 2018).

Za določanje spremembe barv so merili parametre L^* , a^* in b^* , iz katerih so s pomočjo enačb izračunali še relativno nasičenost barve C^* in kot barvnega odtenka h^* . Spremembe barve površine sadja so izrazili s parametri L^* , C^* ter h^* . Čvrstost so merili s pomočjo penetrometra, rezultate pa so izrazili v enotah sile (N) (Vilaplana in sod., 2018).

Za določanje vsebnosti suhe snovi so najprej homogenizirali 90 g banane s 90 mL destilirane vode. Suspenzijo so filtrirali, nato pa v filtratu merili suho snov z digitalnim refraktometrom. Suho snov so izrazili kot g/100 g vzorca (Vilaplana in sod., 2018).

Za merjenje vsebnosti titrabilnih kislin so uporabili enak filtrat (25 mL) kot za določanje suhe snovi. Temu so dodali še 25 mL vode ter fenolftalein za določanje barvnega preskoka. To raztopino so titrirali z 0,1 M NaOH do pH vrednosti 8,1. Vrednosti so izrazili kot odstotek jabolčne kisline oziroma g jabolčne kisline na 100 gramov svežega vzorca (Vilaplana in sod., 2018).

Zrelostni indeks je parameter, ki so ga izračunali kot kvocient med suho snovjo ter titracijskimi kislinami (Vilaplana in sod., 2018).

Rezultati:

Med skladiščenjem sadja je izguba mase največkrat povezana z migracijo vode od sadja v okolico, do katere pride zaradi povečane prehodnosti membrane. Rezultati tehtanja sadja pred, med in po skladiščenju so pokazali, da imajo ekološke banane obdelane z vodo 40 °C 20 minut podobne izgube mase kot vzorci, ki so jih obdelali s sintetičnim fungicidom. Te izgube so bile manjše kot pri drugih režimih toplotne obdelave. Višja kot je bila temperatura in daljši kot je bil čas obdelave, večje so bile izgube mase med skladiščenjem (Vilaplana in sod., 2018).

Čvrstost se je po koncu skladiščenja zmanjšala vsem vzorcem, vendar so najboljše rezultate, med režimi toplotne obdelave, ponovno imeli vzorci, ki so bili obdelani z vodo 40 °C 20 minut. Čvrstost se pa je sicer najboljše ohranjala pri bananah, ki so bile obdelane s sintetičnim fungicidom (Vilaplana in sod., 2018).

Banane se po navadi obirajo še zelene, saj se takrat nahajajo v tehnološki fazi, ki je najbolj primerna za skladiščenje. Za trženje je banana najbolj primerna, kadar se razvije rumenkasta barva. Takrat prehaja v užitno zrelost, v kateri pa se nahaja le kratek čas. Banane namreč dozoriijo zelo hitro. V roku 1-3 dni preide iz zrelosti, ki je primerna za tržišče, v prezrelo stanje (Vilaplana in sod., 2018).

Vrednost kota barvnega odtenka h^* se je zvišala pri vseh vzorcih med skladiščenjem, vendar pa so bile spremembe najmanjše pri vzorcih, ki so bili tretirani s sintetičnim fungicidom, ter pri tistih, ki so jih temperaturi 40 °C izpostavili 10 min in 50 °C 1 minuto. L^* in C^* vrednosti so se najboljše ohranjale pri bananah, ki so bile tretirane 20 minut z vodo temperature 40 °C, vse do dviga temperature skladiščenja iz 13 na 20 °C. Visoka temperatura in visoka relativna vlažnost (80-90 %) med imitacijo skladiščenja na prodajnih policah, sta negativno vplivali na barvo banan (Vilaplana in sod., 2018).

V klimakterijskem sadju so spremembe v vsebnosti suhe snovi in titrabilnih kislin povezane s povečano proizvodnjo etilena in dihanjem med zorenjem. V primerjavi s kontrolno skupino, so bile vsebnosti suhe snovi ter titrabilnih kislin precej manjše pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni 40 °C za 20 minut ter 50 °C za 1 minuto in pri tistih bananah, ki so jih obdelali s sintetičnim fungicidom. Iz teh rezultatov sklepamo, da režim obdelave na 40 °C 20 minut in 50 °C 1 minuto upočasni zorenje banan (Vilaplana in sod., 2018).

3.3.3 Vpliv potapljanja jagod (*Fragaria x ananassa* Duch.) na senzorične lastnosti

Caleb in sod. (2016) so opravili raziskavo na jagodah sorte Sonata. Jagode spadajo med precej priljubljeno sadje, saj imajo poleg značilnega nežnega okusa tudi odlično prehransko vrednost. So dober vir mikro in makro hranil, antocianov ter organskih kislin, imajo pa tudi veliko antioksidativno učinkovitost. Za jagode je značilno, da so občutljivo in hitro pokvarljivo sadje. Zaradi majhne trdote plodov so nagnjene k mehanskim poškodbam tkiva, izgubi vode in ostalim fiziološkim spremembam med skladiščenjem in transportom.

Okus in aroma tega sadja sta bistveni komponenti, ki pri potrošnikih vplivata na priljubljenost jagod. Glavne organske hlapne komponente, ki vplivajo na neprijetne senzorične zaznave skladiščenih jagod so acetaldehid, etanol in etil acetat. Raziskava je potekala tako, da so izbrane vzorce izpostavili vodi, ki je bila segreti na 35 °C in 45 °C za 5 in 10 minut. Po obdelavi so bile posušene na zraku v sterilnem okolju, zapakirane in skladiščene 9 dni na zraku pri 4 °C ter 90 % relativni vlažnosti. Za tem so vzorce za tri dni skladiščili v prostoru s temperaturo 16 °C in relativno vlažnostjo 76 %. Vzorci za analizo so bili odvzeti 3., 6., 9. in 12. dan. Analizirali so izgubo mase, stopnjo transpiracije, spremembe v barvi površine, teksturi, vsebnosti topnih trdnih snovi, titrabilne kisline, pH vrednost, vsebnost sladkorjev, antioksidativno aktivnost ter incidenco propada (Caleb in sod., 2016).

Rezultati:

Izguba mase in transpiracija: Obdelava jagod z vročo vodo je imela velik vpliv na izgubo mase. Rezultati analiz so pokazali, da je bila izguba mase obdelanih jagod večja v primerjavi s kontrolno skupino. Kar se tiče intenzivnosti dihanja, je bila le-ta povečana po toplotni obdelavi, predvsem prve tri dni skladiščenja. Skozi naslednje dneve se je dihanje toplotno obdelanih vzorcev zmanjšalo, kar pa lahko pripišemo prilagoditvi jagod na hlajenje po začetnem toplotno induciranimu stresu. Respiracija in izguba mase se je povečala pri vseh vzorcih ter kontrolni skupini po spremembi temperature skladiščenja po 9. dnevu (iz 4 °C na 16 °C) (Caleb in sod., 2016).

Spremembe v barvi površine: Barva se določa s koordinatami različnih parametrov. V omenjeni raziskavi so spremljali 4 parametre razvoja barve – L*, a*, C* ter h°. Barvo so merili z digitalnim kroma metrom, iz katerega lahko razberemo vrednosti L*, a* in b*. L* je parameter svetlosti, a* je parameter, ki pove koliko je barva zelena oziroma rdeča, b* je parameter, ki pove koliko je barva modrega oziroma rumenega odtenka. Iz teh treh parametrov so v nadaljevanju preko enačb izračunali preostali dve vrednosti relativno nasičenost barve C* ter kot barvnega odtenka h°. C* predstavlja kakovostne attribute barvne intenzitete, s h° vrednostjo pa opišemo kakovostne attribute barvnih odtenkov. Vrednosti C* in h° so se pri vseh obdelanih vzorcih v prvih 6 dneh zmanjšale, nato pa so se med nadaljnjih skladiščenjem do 12. dneva te vrednosti višale. Po koncu skladiščenja je bila intenziteta

barve jagod, ki so jih obdelali 5 min z vodo temperature 45 °C, največja. L* vrednost oziroma svetlost se ob koncu skladiščenja med skupinami ni precej razlikovala, vendar pa se je barva jagodam razvila kasneje pri obdelanih kot pri neobdelanih vzorcih. Iz tega lahko trdimo, da toplotna obdelava razvoja barve ni preprečila, vendar je le zakasnila sintezo pigmenta (Caleb in sod., 2016).

Tekstura: Pomakanje jagod v vročo vodo temperature 45 °C je bistveno upočasnilo mehčanje plodov. Čvrstost vzorcev, odvzetih 3. dan skladiščenja je bila najvišja pri jagodah, obdelanih na 45 °C 5 in 10 minut. Po 6. dnevu skladiščenja so se razlike med teksturami vzorcev, v primerjavi s kontrolno skupino, zmanjšale. Tudi po dvigu temperature, so bile teksturne lastnosti obdelanih jagod in kontrole primerljive. Vpliv visoke temperature na teksturo jagod lahko pripišemo denaturaciji encimov, kot so endo-1,4- β -glukanaze, pektin metil esteraze in β -galaktozidaze. Ti encimi so namreč zadolženi za mehčanje in zorenje plodu, saj vplivajo na degradacijo celične stene. Poleg tega, povišana temperatura vpliva na metabolizem in sintezo beljakovin. Toplotno induciran stres začasno blokira sintezo določenih proteinov in vpliva na akumulacijo beljakovin toplotnega šoka (HSP). Ti se v celicah sicer nahajajo tudi, ko le-te niso izpostavljene stresu, vendar v zelo majhnih količinah. Ko je tkivo izpostavljeno visokim temperaturam, se začne sinteza HSP-jev kot stresni odziv. HSP-ji delujejo z ostalimi metaboličnimi mehanizmi in rešujejo poškodbe, ki so nastale med toplotno obdelavo. Vzorcem, izpostavljenim 35 °C, se je čvrstost med skladiščenjem najmanj ohranjala. Iz teh rezultatov lahko trdimo, da temperature pod 45 °C nimajo pozitivnih učinkov na ohranjanje teksture sadja med skladiščenjem (Caleb in sod., 2016).

Vsebnost topne suhe snovi: Vsebnost TSS (topna suha snov) se je med skladiščenjem jagod dvignila (še posebej pri skladiščenju na 16 °C). Vsebnost TSS so bile ob koncu skladiščenja najvišja pri vzorcih, ki so bili obdelani 5 minut z vodo temperature 45 °C (Caleb in sod., 2016).

Vsebnost titracijskih kislin: vsebnost titracijskih kislin se je med skladiščenjem na 4 °C približno enako povečala pri vseh vzorcih. Pri premestitvi jagod na drug režim skladiščenja se je vsebnost titrabilnih kislin najhitreje povečala pri kontrolni skupini. Ob koncu skladiščenja so bile vsebnosti titracijskih kislin primerljive med vsemi analiziranimi vzorci (Caleb in sod., 2016).

pH vrednost: Kislost jagod se med obdelanimi vzorci različnih režimov ter kontrolno skupino ni bistveno razlikovala. pH vrednost je variirala med 3,9 in 4,4 (Caleb in sod., 2016).

Vsebnost sladkorjev: razmerje med fruktozo, saharozo in glukozo se je bistveno spremenilo na koncu 12. dneva skladiščenja. Ob obiranju sta v plodu večji delež sladkorjev predstavljala sladkorja fruktoza in saharoza. Po skladiščenju pa sta se v jagodah nahajali predvsem

glukoza in fruktoza. Stopnja razgradnje saharoze je bila veliko večja v primerjavi z ostalima dvema vrstama sladkorja. Ta se je najverjetneje porabila kot substrat za metabolne spremembe med zorenjem. Upad vsebnosti saharoze je bil najmanjši pri jagodah, izpostavljenih vodi temperature 45 °C za 5 minut. Pri teh vzorcih je bila po 12. dnevu tudi največja koncentracija fruktoze v primerjavi z ostalimi jagodami. Povprečna vsebnost saharoze, glukoze in fruktoze je med 12-dnevnim skladiščenjem padla za 60-78 %, 10-20 % ter 1-10 % (Caleb in sod., 2016).

Antioksidativna aktivnost in vsebnost antocianov: Takoj po toplotni obdelavi se je antioksidativna aktivnost nekoliko zvišala, vendar je po 6. dnevu skladiščenja ta vrednost začela padati pri vseh vzorcih. Ob koncu skladiščenja ni bilo razlik v antioksidativni aktivnosti med toplotno obdelanimi vzorci ter kontrolno skupino. Vsebnost antocianov lahko povezujemo z razvojem barve. Tretji dan skladiščenja pri 4 °C je vsebnost antocianov nekoliko padla, vendar ponovno narastla ob koncu skladiščenja. Po 12. dnevu je bila vsebnost antocianov višja pri vzorcih, ki so bili izpostavljeni vodi s temperaturo 35 °C za 10 min, ter pri vzorcih, obdelanih s 45 °C za 5 min (Caleb in sod., 2016).

Propad plodov: Ob koncu skladiščenja so bili najslabši rezultati pri jagodah, obdelanih 10 minut z vodo temperature 35 °C, kjer je bilo največ neužitnih plodov (30%). Kontrolna skupina, vzorci izpostavljeni 35 °C 5 min ter 45 °C 10 minut, so imeli 10% neužitnih jagod. Vzorci tretirani z vročo vodo pri 45 °C 5 minut pa so pokazali najboljše rezultate. Ohranili so se namreč vsi plodovi (Caleb in sod., 2016).

3.3.4 Vpliv potapljanja jagod (*Fragaria x ananassa* Duch.) na aromo

Okus in aroma spadata med najpomembnejše lastnosti jagod, ki vplivajo na izbiro tega sadja med potrošniki. Metode obdelave jagod po obiranju se velikokrat osredotočajo predvsem na zunanji izgled jagod na polici ter podaljšanje svežine plodov (Caleb in sod., 2019).

V raziskavi so Caleb in sod. (2019) opazovali vpliv obdelave jagod z vročo vodo na sproščanje hlapnih komponent. Akumulacija acetaldehida, etanola in etil acetata bistveno vpliva na pojav neželenih not arome med skladiščenjem. Hlapne komponente lahko razdelimo na dve skupini – primarne in sekundarne. Primarne hlapne komponente so tiste, ki se nahajajo v sadju še pred skladiščenjem, sekundarne pa tiste, ki se sproščajo kot posledica obdelave sadja med skladiščenjem. Večina sproščenih hlapnih komponent se lahko razgradi ali pa spremeni v nove molekule. Pogosto se hlapne snovi sproščajo iz tkiva svežega proizvoda po poškodbi celic, kadar encimi katalizirajo pretvorbe organskih substratov, ki so bili prej ločeni v različnih celičnih delih.

Za raziskavo (Caleb in sod., 2019) so uporabili zdrave sveže jagode, ki so se v času raziskave nahajale v užitni zrelosti. V tej študiji so opazovali vpliv obdelave sadja z vročo vodo (45 °C za 5 ali 10 minut) na sintezo hlapnih komponent.

Za raziskavo so sveže jagode naključno porazdelili v tri skupine. Vsako skupino je sestavljalo 12 odprtih polietilenskih posod, v vsaki posodi pa je bilo 20 jagod. Ena skupina je predstavljala kontrolo, drugi dve pa sta bili obdelani z vodo temperature 45 °C. Ena skupina je bila viru izpostavljena 5, druga pa 10 minut. Po toplotni obdelavi so bile jagode aseptično posušene na zraku in hranjene v polietilenskih posodah. Pogoji skladiščenja so bili 4 °C in 90 % relativna vlažnost. Pred, med in po skladiščenju so sestavo zraka analizirali s plinsko kromatografijo in masno spektrofotometrijo (Caleb in sod., 2019).

Rezultati so pokazali, da ima toplotna obdelava velik vpliv na sproščanje hlapnih komponent. Analiza takoj po toplotni obdelavi je pokazala, da začetni toplotni šok povzroči zmanjšanje koncentracije etil acetata, etil butanoata, metil heksanoata in etil butanoata, vendar so se koncentracije teh komponent med skladiščenjem povečale. Pri nekaterih vzorcih je bila vsebnost hlapnih komponent ob koncu skladiščenja primerljiva s kontrolno skupino. Metil in etil estri igrajo pomembno vlogo pri oblikovanju arome jagod. Metil acetat, metil butanoat in etil butanoat so estri, ki so v tem sadju najpogostejši. Koncentracija teh spojin je bila najmanjša pri vzorcih, ki so bili obdelani z vodo temperature 45 °C 10 minut. Iz tega lahko sklepamo, da izpostavljenost jagod viru toplote dlje kot 5 minut negativno vpliva na sintezo metil in etil estrov (Caleb in sod., 2019).

Podobno kot pri estrih, je začetni toplotni šok znižal koncentracijo acetaldehida. Njegova vsebnost je pri toplotno obdelanih vzorcih prav tako padala med samim skladiščenjem. Znižanje acetaldehida pri tretiranih vzorcih nakazuje na upočasnjeno zorenje po izpostavljanju sadja topli vodi (Caleb in sod., 2019).

4 SKLEPI

Ob začetku pisanja diplomske naloge, smo postavili pet delovnih hipotez. Predvidevali smo, da obdelava sadja z vročo vodo pozitivno vpliva na odziv sadja na hladno skladiščenje. Menili smo tudi, da se zmanjša mikrobiološki kvar in da se izboljšajo senzorične lastnosti tako obdelanega sadja. Skozi pisanje diplomskega dela smo ugotovili naslednje:

- Izpostavljanje sadja viru toplote vodi v inhibicijo proizvodnje etilena in upočasnjeno dihanje. Zmanjša se tudi odziv tkiva sadja na etilen. Zorenje klimakterijskega sadja je odvisno prav od tega plina, ki deluje kot hormon zorenja. Posledično zmanjšana proizvodnja etilena inhibira procese zorenja, kot so mehčanje tkiva, razvoj arome ter barve. Rezultati raziskave, kjer so preverjali vpliv toplotne obdelave na avokadu, so potrdili, da pri isti temperaturi daljša toplotna obdelava povzroča manjšo produkcijo etilena. Vzorci, ki so bili tretirani z vodo temperature 38 °C za 48 ur so prav tako najkasneje dozoreli.
- Pri obdelavi sadja z vročo vodo prihaja do minimalnih poškodb površinskih celic. Sadju visoka temperatura predstavlja stres. Kot stresni odziv tem poškodbam se začnejo sintetizirati beljakovine (proteini toplotnega šoka), katerih namen je popraviti ali pa uničiti poškodovane komponente tkiva. Vzporedno s toplotno inducirano sintezo proteinov toplotnega šoka se inhibira sinteza nekaterih ostalih proteinov
- Potapljanje sadja v vročo vodo prav tako poveča odpornost na nizke temperature med skladiščenjem. Pri tem imajo ključno vlogo proteini toplotnega šoka, ki se sintetizirajo kot odgovor na stres. To hipotezo lahko potrdim z raziskavo na češnjevih paradiznikih. Tisti vzorci, ki so bili tretirani z vodo temperature 45 °C, niso utrpeli poškodb zaradi nizkih temperatur, tako kot kontrolna skupina.
- Obdelava sadja z vročo vodo upočasnjuje zorenje sadja. Posledično se ohranjajo barva ter čvrstost. Izboljšano teksturo lahko pripišemo denaturaciji določenih encimov, ki mehčajo plod in vplivajo na zorenje. Poleg tega se sintetizirajo tudi proteini toplotnega šoka, blokira oziroma upočasnjuje pa se sinteza nekaterih drugih beljakovin, saj ob stresu prihaja do spremenjenega metabolizma sadja. Glede na rezultate študije na jagodah sorte Sonata, toplotna obdelava nima vpliva na antioksidativno aktivnost. Aroma sadja je največkrat povezana z zorenjem in akumulacijo določenih hlapnih spojin, kot so etanol, acetaldehid ter etil acetat. Rezultati raziskave, ki je bila prav tako narejena na jagodah sorte Sonata, so pokazali, da ima primeren režim pozitivne učinke na oblikovanje željene arome, saj zavira zorenje sadja.
- Glede na rezultate raziskav na jabolkih, rumeni pitaji ter ekoloških bananah, lahko trdimo, da ima toplotna obdelava sadja z vročo vodo pozitivne učinke glede razvoja

mikrobov na površini sadja. Pri vseh toplotno obdelanih vzorcih pravilnega temperaturnega režima so se poškodbe zaradi delovanja mikroorganizmov zmanjšale ali pa bile popolnoma preprečene. Zaradi visoke temperature je večina mikroorganizmov uničenih, poleg tega pa voda spere mikrobe iz površin.

Glede na podatke iz literature lahko potrdimo vseh pet zastavljenih hipotez.

5 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem preučevala literaturo povezano z vplivom potapljanja sadja v vročo vodo na metabolizem. Osredotočila sem se predvsem na mikrobiološki kvar sadja, fiziološke spremembe, kot sta dihanje in proizvodnja etilena ter na senzorične lastnosti (ohranjanje čvrstosti sadja med skladiščenje, razvoj barve, sinteza hlapnih komponent, vpliv na aromo sadja, ipd...) tako obdelanega in skladiščenega sadja.

Omenjena metoda se je uporabljala že okoli leta 1920. Pridelovalci citrusov so ugotovili, da nekoliko povišana temperatura vpliva na boljše skladiščenje citrusov. Kasneje so prišli v uporabo sintetični fungicidi in insekticidi, saj zagotavljajo dobre rezultate kakovosti po skladiščenju tako obdelanega sadja. Kljub temu pa imajo kemični pripravki nekatere negativne lastnosti za človeka in okolje. Današnji trendi zdravega načina življenja zavračajo uporabo sintetičnih fungicidov in insekticidov ter vzpodbujajo vračanje k alternativnim metodam. Ravno to je tudi vzpodbudilo živilsko industrijo in pridelovalce, da poiščejo najprimernejšo naravno fizikalno metodo, ki se glede rezultatov lahko približa prej uporabljenim metodam. Potapljanje sadja v vročo vodo vpliva na vse od zgoraj omenjenih lastnosti plodov. Za obdelavo je potrebno izbrati najprimernejši režim temperature in časa, da se izboljšajo vsi parametri kakovosti. Glede preprečevanja mikrobiološkega kvara je uporaba vroče vode primeren način za zatiranje rasti mikrobov. Površina sadja je izpostavljena povišani temperaturi, kar uniči nekatere mikroorganizme, poleg tega pa se zaradi toka vode mikroorganizmi še sperejo iz površine. Izgube pridelka so največkrat posledica razvoja plesni. Plesen *Alternaria alternata* na rumeni pitaji povzroča propad plodov. Rezultati raziskave so pokazali, da potapljanje plodov pitaje v vodo temperature 50 °C za 2 minuti uspešno zavira rast plesni in mikrobiološki kvar. Velika grožnja za izgubo pridelka ekoloških banan predstavlja plesen *Colletotrichum musae*. V študiji je bilo ugotovljeno, da izpostavljanje sadežev vodi temperature 40 °C za 20 minut zmanjša mikrobiološki kvar. V eni izmed omenjenih raziskav so na jabolka inokulirali tri plesni – *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum* in *Neofabraea vagabunda*. Pravilni režim toplotne obdelave je precej zmanjšal razrast vseh treh plesni. Potapljanje sadja v vročo vodo vpliva na fiziološke spremembe med in po skladiščenju. Inhibira se zorenje, zmanjša se sinteza etilena ter dihanje, poleg tega pa se po raziskavah sodeč poveča tudi odpornost sadja na nizke temperature med skladiščenjem. Na izbiro potrošnikov imajo največji vpliv senzorične lastnosti sadja. Kadar so sveže obrani plodovi obdelani s primernim temperaturnim in časovnim režimom se senzorične lastnosti med skladiščenjem bolje ohranjajo. Ohranja se značilna aroma, zniža se vsebnost titrabilnih kislin in nezaželenih arom. Denaturirajo se tudi encimi kot so peroksidaze in polifenol oksidaze, ki so največkrat razlog za oblikovanje neprijetnih senzoričnih lastnosti skladiščenega sadja. Pravilno obdelanim sadežem se ohranja tudi čvrstost, barva ter vsebnost topne suhe snovi.

Obdelava sadja z vročo vodo je tako učinkovit alternativni naraven fizikalni način ohranjanja kakovosti sadja med skladiščenjem. Kljub temu pa lahko izbira nepravilnega temperaturnega

in časovnega režima vpliva na poslabšanje vseh omenjenih lastnosti. Katere temperature in kakšen čas obdelave je primeren, je odvisno od najrazličnejših dejavnikov – sezone pridelave, vrste sadja, sorte sadja, stopnje zrelosti sadja, podnebja, tipa prsti,... Prav zaradi tega je za uspešno ohranjanje kakovosti potrebno veliko raziskav in znanja.

6 VIRI

- Barry-Ryan C. 2012. The use of mild heat treatment for fruit and vegetable processing. V: Decontamination of fresh and minimally processed produce. Gomez- Lopez V. M. (ur.). Chichester, John Wiley & Sons, Inc.: 347-365.
- Caleb O. J., Ilte K., Herppich W. B., Geyer M., Mahajan P. V. 2019. Impacts of minimal processing and hot water dipping of 'Sonata' strawberries on volatiles emitted during storage. *Scientia Horticulturae*, 243: 385-391.
- Caleb O. J., Wegner G., Rolleczeck C., Herppich W. B., Geyer M., Mahajan P. V. 2016. Hot water dipping: Impact on postharvest quality, individual sugars, and bioactive compounds during storage of 'Sonata' strawberry. *Scientia Horticulturae*, 210: 150-157.
- Di Francesco A., Mari M., Roberti R. 2018. Defense response against postharvest pathogens in hot water treated apples. *Scientia Horticulturae*, 227: 181-186.
- Fallik E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rising and brushing). *Postharvest Biology and Tehnology*, 32: 125-132.
- Florissen P., Ekman J. S., Blumenthal C., McGlasson W. B., Conroy J., Holford, P. 1996. The effects of short heat-treatments on the introduction of chilling injury in avocado fruit (*Persea americana* Mill). *Postharvest Biology and Tehnology*, 8: 129-141.
- Kabelitz T., Schmidt B., Herppich W. B., Hassenberg K. 2019. Effects of hot water dipping on apple heat transfer and post harvest fruit quality. *LWT – Food Science and Tehnology*, 108: 416-420.
- Lurie S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Tehnology*, 14: 257-269.
- Rico D., Martin-Diana A. B., Barat V. M., Henehan G. T. M., Barry-Ryan C. 2007. Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering*, 79: 1196-1206.
- Sun M., Yang X., Zhang Y., Wang S., Wong M. W., Ni R., Huang D. 2019. Rapid and visual detection and quantitation of ethylene released from ripening fruits: the new use of grubbs catalyst. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67: 507-513.

- Tripathi K., Pandey S., Malik M., Kaul T. 2016. Fruit ripening of climacteric and non climacteric fruit. *Journal of Environmental and Applied Bioresearch*, 4: 27-34
- Vilaplana R., Hurtado G., Valencia-Chamorro S. 2018. Hot water dips elicit disease resistance against anthracnose caused by *Colletotrichum musae* in organic bananas (*Musa acuminata*). *LWT - Food Science and Technology*, 95: 247-254.
- Vilaplana R., Páez D., Valencia-Chamorro S. 2017. Control of black rot caused by *Alternaria alternata* in yellow pithaya (*Selenicereus megalanthus*) through hot water dips. *LWT - Food Science and Technology*, 82: 162-169.
- Yang J., Fu M., Zhao Y., Mao L. 2009. Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment. *Agricultural Sciences in China*, 8: 304-310.