

Proizvodnja i čimbenici kvalitete minimalno prerađenog krumpira (*Solanum tuberosum*)

Sažetak

Minimalno prerađeni krumpir samo je jedna od cijelog niza skupina proizvoda koji se ubrajaju u minimalno procesirano ili minimalno prerađeno voće i povrće. Sinonim za takve proizvode je svježe-rezano, spremno za konzumaciju ili spremno za uporabu (fresh-cut, ready to eat ili ready to use). Glavna odlika tih proizvoda je da su već očišćeni, po potrebi već oguljeni i narezani, 100% upotrebljivi i pri tome zadržavaju nepromijenjenu svježinu. Takvi proizvodi vrlo su praktični za upotrebu, ali vrlo su osjetljivi te brzo i lako pokvarljivi. U oštećenim stanicama, kakve su jednim dijelom stanice narezanog krumpira, povećava se aktivnost prisutnih enzima, a takve su stanice vrlo dobar medij za rast i razmnožavanje mikroorganizama. Ipak, od tih proizvoda očekuje se minimalan rok trajnosti od 7 dana, ako su namijenjeni maloprodaji. Kako bi se zadovoljili uvjeti roka trajanja, očuvane kvalitete i zdravstvene ispravnosti, potrebno je u potpunosti proizvodnju voditi na optimalan način i to od samog početka. A to znači od odabira sorte, preko načina vađenja, rukovanja i uvjeta skladištenja krumpira, do same prerade i uvjeta pakiranja te distribucije. Cilj ovog rada je istaknuti važnost minimalno prerađenog krumpira, dati opis osnovnog proizvodnog procesa te pregled istraživanja koji se odnose na prikladnost sorte za ovakvu vrstu proizvoda. Nadalje, bit će predloženi načini sprječavanja posmeđivanja, čemu je narezan krumpir izrazito podložan, odabir adekvatne ambalaže i uvjeta pakiranja te temperature čuvanja.

Ključne riječi: minimalno prerađeni krumpir, proizvodnja, sprječavanje posmeđivanja, pakiranje, čuvanje

Uvod

Krumpir je široko rasprostranjeno povrće koje se u našim krajevima udomaćilo još od 18. stoljeća (Hrvatska enciklopedija). U 2016. godini u Hrvatskoj zauzima prvo mjesto među povrćem prema FAO podacima za godišnju proizvodnju koja iznosi 193.962 t (FAOSTAT). Na tržištu se pretežito nalazi neprerađen u svježem stanju i to tijekom cijele godine, obzirom da je prikladan za višemjesečno skladištenje. U manjoj mjeri se prerađuje i to najviše u čips te jednim dijelom zamrzava bilo za pomfrit ili kao sastojak mješavine povrća npr. za francusku salatu. U svakom slučaju, konzumira se gotovo svakodnevno, kao prerađeni ili neprerađeni. Moguće ga je pripremati na različite načine u različitim jelima, bilo kao prilog ili sastojak glavnog jela. Priprema krumpira podrazumijeva guljenje, najčešće i rezanje što iziskuje dodatno vrijeme za pripremu, a suvremeni način života karakterizira sve kraće vrijeme koje se provodi u pripremi jela u kućanstvima (Jabs i Devine, 2006.). U nastojanju da se skрати vrijeme pripreme jela od krumpira razvija se proizvodnja tzv. minimalno prerađenog krumpira (MPK), a to je oguljen, narezan i zapakiran krumpir spreman za upotrebu u kućanstvu ili restoranima (Li i sur., 2017.). S obzirom na to da krumpir u takvim proizvodima nije termički tretiran, iako iznimno može biti blanširan, ima vrlo kratak rok trajanja. Narezani krumpir vrlo je sklon posmeđivanju i povećava mu se intenzitet respiracije što rezultira brzim kvarenjem i propadanjem (Li i sur., 2017.). Kako bi se to prevladalo provode se mnoga znanstvena istraživanja te je cilj ovoga rada uz opis proizvodnje MPK dati sažeti pregled dosadašnjih saznanja o mogućnostima prevladavanja problema u proizvodnji MPK kao i značaj takvih proizvoda.

¹ prof. dr.sc. Branka Levaj, dr. sc. Maja Repajić, prof. dr.sc. Kata Galić
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska (blevaj@pbf.hr)

² dipl. ing. Draženka Dite, Adria Snack Company d.o.o., P. Bukuća b.b., 43284 Hercegovac, Hrvatska

Minimalno prerađeno voće i povrće

Minimalno prerađeno voće i povrće može se definirati na više načina i po jednoj od njih to je fizički izmijenjeno, ali i dalje svježe, očišćeno i 100% upotrebljivo, zapakirano, visoke nutritivne vrijednosti, izrazito praktično i nepromijenjenog okusa koje zadržava svoju svježinu (Lamakanra, 2002.). Ponuda i potražnja takvih proizvoda je u porastu obzirom na osviještenost potrošača o povezanosti prehrane i zdravstvenog statusa, a suvremeni tempo života ne ostavlja dovoljno vremena za pripremu jela, a također većina obroka u danu se konzumira izvan domova (Morales-de la Peña i sur., 2016.). Operacije koje se koriste u proizvodnji minimalno prerađenog voća i povrća su sve one koje se koriste i u konvencionalnoj preradi do blanširanja te tako minimalno procesirano voće i povrća zadržava svježinu (Laurila i Ahvenainen, 2002.). S tim u vezi, krumpir predstavlja iznimku prilikom minimalnog procesiranja, jer samo u slučaju krumpira moguće je provesti i prethodno blanširanje iako se time nužno ne povećava kvaliteta MPK, ali se skraćuje vrijeme pripreme.

Proizvodni proces minimalno prerađenog krumpira

Iako se čini da je proizvodni proces minimalne prerade krumpira vrlo jednostavan, istovremeno je vrlo zahtjevan i osjetljiv te krije brojne čimbenike koji mogu imati negativan utjecaj na kvalitetu i rok trajanja gotovog proizvoda. Osobito je važno održavanje hladnog lanca tijekom cijelog procesa od berbe do plasiranja na tržište (Laurila i Ahvenainen, 2002.).

Proizvodni proces počinje već odabirom adekvatne sorte, jer se pokazalo da kvaliteta gotovog proizvoda uvelike ovisi o upotrijebljenoj sorti (Laurila i sur., 1998.).

Agrotehničke mjere tijekom uzgoja, način berbe, uvjeti transporta i skladištenja do prerade, također trebaju biti provedeni na optimalan način (Ahvenainen i sur., 1998.).

Cjelokupan proces prerade treba biti proveden uz poštivanje dobre proizvođačke prakse primjenom najvećih higijenskih mjera vezano za radnike, opremu, prostorije, korištenu vodu, ambalažu i dr. (Cantwell i Suslow, 2002.).

Neposredno prije prerade provodi se probiranje i uklanjanje oštećenih, bolesnih odnosno neadekvatnih gomolja te nepoželjnih primjesa poput grudica zemlje, kamenja, ostataka cime i dr. (Cantwell i Suslow, 2002.).

Slijedi proces pranja koji se provodi u nekoliko faza. U bazenima s vodom provodi se namakanje i grubo pranje te se transporterima krumpir iznosi iz bazena i istovremeno se može provoditi fino pranje prskanjem.

Guljenje se može provoditi mehanički i to na dva načina: noževima (ručno) ili uz primjenu abrazivnog materijala tj. karborunduma. U industriji se najčešće provodi guljenje karborundumom što podrazumijeva centrifugiranje pri čemu se krumpir guli udarajući u abrazivni materijal na obodu centrifuge. Takvo guljenje zahtjeva kontrolu gomolja i dodatno ručno guljenje noževima kako bi kora bila potpuno uklonjena. Posebno se ističe važnost oštine noževa (Laurila i Ahvenainen, 2002.).

Oštrina noževa posebno je važna i prilikom rezanja bilo ono ručno ili strojno ovisno o kapacitetu proizvodne linije. Odmah nakon guljenja i/ili rezanja slijedi pranje hladnom vodom (4-5 °C) u svrhu određenog uklanjanja mikroorganizama (MO) te ispiranja staničnih sokova s površine što može smanjiti mogućnost rasta MO i enzimsku oksidaciju. U tu se svrhu eventualno mogu koristiti i dozvoljena dezinfekcijska sredstva poput sredstava na bazi organskih kiselina, ozona i dr. (Laurila i Ahvenainen, 2002.). S obzirom da je krumpir sklon procesima posmeđivanja u ovoj fazi proizvodnje, nakon rezanja ili umjesto pranja može se provoditi tretiranje u svrhu stabilizacije boje uranjanjem narezanog krumpira u otopine sredstava protiv posmeđivanja. U istu svrhu može se provesti postupak blanširanja, nakon kojeg slijedi obavezno naglo hlađenje vodom (Slika 1.).



Slika 1. Proizvodnja minimalno procesiranog krumpira
Figure 1 Preparation of minimally processed potato products

Slijedi uklanjanje viška vode ili otopine koje se može provoditi cijeđenjem na sitima uz malu vibraciju. Optimalni uvjeti pakiranja osobito su važni za kvalitetu i trajnost MPK. Skladištenje MPK, transport i distribucija trebaju se provoditi na temperaturi 4 – 8 °C.

Čimbenici kvalitete

Odabir sorte

Poznata osobina krumpira je da na prerezu brzo mijenja boju i postaje tamniji. To je posljedica tzv. enzimskog posmeđivanja u kojem fenolni spojevi (prisutni u krumpiru) oksidiraju u prisutstvu kisika, a reakcije su katalizirane enzimima, pri čemu prvo nastaju kinoni te smeđe obojani tzv. melanoidni pigmenti (Cantos i sur., 2002.). Enzimi koji kataliziraju reakcije posmeđivanja su polifenoloksidaze (PPO) i peroksidaze, a na određen način i fenilalanin amonij-liaza koja je uključena u biosintezu fenola (Couture i sur., 1993.). Međutim, sve sorte krumpira nisu jednako podložne enzimskom posmeđivanju što je dijelom posljedica fenolnog sastava i enzimske aktivnosti (Cabezas-Serrano i sur., 2009.). Na procese posmeđivanja mogu utjecati i prisutni antioksidansi poput vitamina C (Cocci i sur., 2006.). Utjecaj navedenih parametara bio je predmet više istraživanja, ali dobiveni rezultati nisu potpuno konzistentni. Cantos i sur. (2002.) nisu utvrdili statistički značajnu povezanost između navedenih parametara i stupnja posmeđivanja. Međutim, Cabezas-Serrano i sur. (2009.) navode da su sorte s manjim udjelom fenolnih spojeva i manjom aktivnosti PPO te većom antioksidacijskom aktivnosti i većim udjelom šećera manje sklone posmeđivanju. Tako su i Cornacchia i sur. (2011.) utvrdili određenu povezanost kemijskog sastava i posmeđivanja. Thybo i sur. (2006.) su utvrdili određenu povezanost promjene boje s koncentracijom aminokiselina (tirozin, glutaminska kiselina, asparagin i asparaginska

kiselina), koncentracijom klorogenske kiseline (fenolni spoj) i aktivnosti polifenoloksidaze. To je dijelom u skladu s navodima Sapers i sur. (1989.) da je posmeđivanje povezano s udjelom ukupnih fenolnih spojeva, tirozina i u manjoj mjeri aktivnosti polifenoloksidaze.

Cantos i sur. (2002.) su usporedili sklonost posmeđivanju sorti krumpira 'Agria', 'Cara', 'Liseta', 'Monalisa' i 'Spunta' pri čemu je sorta 'Agria' pokazala najmanju sklonost posmeđivanju zatim slijede 'Cara', 'Liseta', 'Spunta', dok je najveću sklonost pokazala sorta 'Monalisa'.

Cabezas-Serrano i sur. (2009.) su na temelju provedenog istraživanja, s obzirom na sklonost posmeđivanju, utvrdili da sorte 'Marabel' i 'Agata' pokazuju najmanju sklonost posmeđivanju, 'Vivaldi' i 'Agria' srednju, dok 'Almera' najveću te se ne preporuča za minimalnu preradu.

Cornacchia i sur. (2011.) istražili su sorte 'Safrane', 'Ariana', 'Liseta' i 'Spunta'. Sorta 'Safrane' se pokazala najmanje sklona posmeđivanju te 'Ariana' i 'Liseta' koje su također bile zadovoljavajućeg izgleda, dok se 'Spunta' pokazala kao najmanje prikladna za minimalnu preradu.

Nadalje, Thybo i sur. (2006.) proveli su šire istraživanje u kojem su analizirali ne samo promjenu boju, već i promjenu senzorskih svojstava te profil aromatičnih spojeva. Istraživanje je provedeno sa sortama 'Marabel', 'Berber', 'Arkula', 'Agria', 'Folva' i 'Sava', pri čemu su se sorte 'Agria' i 'Falva' pokazale kao prikladnije sorte za minimalnu preradu. Utvrdili su da se razlika u sortama očitovala u promjeni boje, ali i u stabilnosti karakterističnog okusa bez pojave nepoželjnog. S obzirom na aromu sorte 'Marabel', 'Berber' i 'Sava' nisu prikladne za minimalnu preradu. Iarna i sur. (2016.) uspoređivali su prikladnost za minimalnu preradu nekoliko ranih sorti krumpira analizirajući senzorska svojstava i fizikalno-kemijske karakteristika nakon 9 dana čuvanja MPK pri 4 °C. Najboljima su se pokazale sorte 'Arinda', 'Marabel', 'Matador' i 'Spunta', dok se 'Antea' i 'Ditta' nisu pokazale prikladnima za minimalnu preradu. Opći podaci o sklonosti pojedinih sorti krumpira dani su europskoj bazi podataka (European Cultivated Potato Database).

Sprječavanje enzimskog posmeđivanja

Kako je već navedeno na enzimsko posmeđivanje (EP) koje se događa na prerezu krumpira utječe i prisutnost antioksidanasa poput askorbinske kiseline koja može usporiti procese posmeđivanja, jer može reducirati intermedijarne spojeve (kinone) u fenole (Amiot i sur., 1992.; Nicolas i sur., 1994.). Također, može utjecati na smanjenje aktivnosti PPO obzirom da snižava pH (optimalni pH enzima je od 5 do 7) te posjeduje i kelatna svojstva pa veže metalne ione iz enzima i tako ih inhibira. Osim endogeno prisutnih antioksidanasa, njihova upotreba je uobičajena praksa u postupcima sprječavanja EP na način da se narezan krumpir uranja u otopine sredstava protiv posmeđivanja tj. antioksidansa. Sprječavanje EP zasniva se na činjenici da su za tu pojavu potrebna 3 faktora i to fenolni spojevi kao supstrat, enzimi i kisik. Djelujući na jedan od parametara EP će biti usporeno ili zaustavljeno. S tim u vezi ima nekoliko principa na kojima se bazira sprječavanje EP, npr. koristeći kemijska sredstva koja često imaju višestruko djelovanje (na supstrat i enzim) kao i navedena askorbinska kiselina ili koristeći pakiranje u modificiranoj atmosferi pri čemu se nastoji smanjiti kontakt s kisikom, npr. vakuumskim pakiranjem. Pri tome se traže što jednostavnija, sigurnija i financijski manje zahtjevna sredstva odnosno postupci te oni koji će imati najmanji negativni utjecaj na senzorska i druga svojstva krumpira, a poželjna su ona s istovremeno antimikrobnim djelovanjem (Wang i sur., 2015.). Fizikalni postupci poput UV-C svjetla, ultrazvuka visokog intenziteta i visokog hidrostatskog pritiska još uvijek se istražuju (Amaral i sur., 2015.; Ohlsson i Bengtsson, 2002.). Također, istražuju se i kombinirani utjecaji različitih pristupa npr. kombinacija primjene kemijskih sredstava i fizikalnih postupaka kako bi se povećala efikasnost (Ohlsson i Bengtsson, 2002.; Sapers i sur., 1990.). Sulfiti koji su dugo bili u upotrebi, danas se sve manje koriste i njihova upotreba se sve više ograničava te za neke proizvode i zabranjuje zbog saznanja da mogu izazvati bronhijalnu astmu (Peroni i Boner,

1995.). U krumpiru mogu doprinijeti razvoju nepoželjne arome i smanjiti nutritivnu vrijednost (Chalom i sur., 1995.). Ipak, prema Pravilniku o prehrambenim aditivima (62/10, 62/11 i 135/111) za narezani krumpir sulfiti su dozvoljeni (maksimalno 50 mg/kg proizvoda) s obzirom da se veći dio sulfita izgubi u pripremi za konzumaciju (npr. kuhanjem) (Ma i sur., 2010.). Sredstva na bazi klora također se izbjegavaju za tretman povrća, a koriste se više za dezinfekciju opreme i prostora (Laurila i Ahvenainen, 2002.). Istraživanja kemijska sredstva pokazala su različitu efikasnost u ovisnosti i o uvjetima pakiranja krumpira i o temperaturi čuvanja. Cacace i sur. (2002.) utvrdili su najveću učinkovitost 5% eritrobinske kiseline (izoaskorbinska kiselina) zajedno s 1% limunskom na očuvanje boje, ali i drugih senzorskih osobina u usporedbi s 1% N-acetil-L-cisteinom i 1% dietilentriamino pentaocetnom kiselinom. Rocculi i sur. (2007.) ispitivali su utjecaj limunske i askorbinske kiseline te L-cisteina u koncentracijama od 0,5 – 2% nakon 3 minute tretmana i utvrdili najveću učinkovitost L-cisteina jer utječe na metaboličke promjene koje dovode do smanjenja udjela reducirajućih šećera u krumpiru sorte 'Asterix'. Calder i sur. (2011. a) navode uspješnu primjenu 3% natrijeva sulfata kao i 3% limunske kiseline u trajanju tretmana od 1 minute na krumpire sorte 'Russet Burbank' skladištenog pri 3 °C. Na efikasnost natrijeva sulfata nije utjecala kombinirana primjena i ozonirane vode kao ni na komercijalno sredstvo "NatureSeal" (Calder i sur., 2011. b). Beltran i sur. (2005.) navode pozitivno djelovanje peroctene kiseline neovisno o primjeni ozonirane vode na krumpir sorte 'Monalisa' pakiranog u vakuumu. Limbo i Piergiovanni (2006.) ispitivali su utjecaj askorbinske i limunske kiseline ili 4-heksil resorcinola u kombinaciji s pakiranjem u atmosferi povećane koncentracije kisika, ali smanjenog tlaka i utvrdili određen pozitivan utjecaj askorbinske i limunske kiseline. Taj utjecaj je bio ovisan o koncentraciji pojedinih otopina, tlaku i koncentraciji kisika u pakiranju. Pozitivan utjecaj tretmana askorbinskom (2%) u kombinaciji s limunskom kiselinom (2%) utvrdili su lerna i sur. (2016.) u usporedbi s tretmanom sterilnom deioniziranom vodom i 0,2% natrijevim bisulfitom.

Pakiranje

Poput svakog drugog prehrambenog proizvoda zahtjevi za pakiranjem krumpira ovise o nizu čimbenika. Tu su prvenstveno potrebe potrošača, uvjeti skladištenja, transport i vanjski uvjeti. Kako bi se očuvala kvaliteta krumpira moraju se osigurati adekvatni uvjeti unutar samog pakovanja. Pri tome sama ambalaža utječe na respiraciju proizvoda kroz adekvatnu ventilaciju i stupanj propusnosti. Proizvodima poput oguljenih i narezanih krumpira ključni problem za kvalitetu proizvoda je enzimsko posmeđivanje. Nadalje, tijekom distribucije i skladištenja često dolazi do fluktuacije temperature koja značajno utječe na kvalitetu proizvoda. Od velike važnosti je da se pakiranje, bilo u vakuumu ili atmosferi plinova, provede neposredno nakon pranja proizvoda. Vakuumsko pakiranje značajno smanjuje brzinu oksidacijskih reakcija i inhibira rast aerobnih mikroorganizama koji dovode do kvarenja hrane tijekom skladištenja. Za održavanje kvalitete minimalno procesiranog povrća vakuumsko pakiranje predstavlja dobru alternativu kemijskom tretmanu. Ova metoda je od velike važnosti za pakiranje oguljenog ili rezanog sirovog krumpira osjetljivog na enzimsko posmeđivanje (Rocha i sur., 2003.).

Primjenom vakuuskog pakiranja trajnost krumpira se može povećati do tjedan dana čuvanjem pri temperaturi od 4 -6 °C (Rocha i sur., 2003.). Rocha i sur. (2003.) su pokazali da se svježi izgled krumpira može učinkovito održati pakiranjem u vrećice od polietilena/poliamida (PE/PA) debljine od 100 µm. U ovom slučaju dolazi do značajne inhibicije polifenoloksidaze (PPO). Međutim, kako odsustvo zraka unutar vakuuskog pakiranja pogoduje rastu anaerobnih patogenih mikroorganizama, kao što je *Clostridium botulinum*, izrazito je važno provođenje mikrobiološke analize proizvoda (Rocha i sur., 2003.). *Clostridium botulinum* poznat je po svom

opasnom (letalnom) učinku (Lund i sur., 1988.; Notermans i sur., 1981.)

Druga metoda pakiranja koja se može koristiti za pakiranje svježeg rezanog krumpira je pakiranje u modificiranoj atmosferi (MAP).

Na sastav plinova unutar pakovine utječe se na dva načina. Pasivnim putem tzv. pasivna modifikacija atmosfere tj. u zapakiranom proizvodu dolazi do promjene atmosfere u ovisnosti o propusnosti ambalažnog materijala i brzini disanja namirnice. Aktivna modifikacija atmosfere podrazumijeva upuhivanje plinova (najčešće CO₂, N₂ i O₂) određene koncentracije. Takva aktivno modificirana atmosfera tijekom skladištenja se mijenja ovisno o propusnosti ambalažnog materijala i intenzitetu disanja sirovine, ali se odabirom ambalaže nastoji zadržati u što većoj mjeri nepromijenjena.

Brza uspostava niskog udjela O₂ i/ili povećanog udjela CO₂ predstavljaju kritični moment u sprečavanju posmeđivanja površine svježeg rezanog krumpira. Ambalaža pogodna za ovu namjenu treba osigurati stvaranje ravnotežnog stanja plinske smjese od 1% - 2% O₂ i 3% - 5% CO₂ kako bi se spriječilo enzimsko posmeđivanje (O'Beirne i Ballantyne, 1987.).

Ukoliko je upakirani proizvod u modificiranoj atmosferi izložen utjecaju visokih temperatura tijekom distribucije ili skladištenja opet postoji opasnost od stvaranja, već spomenutih nepoželjnih anaerobnih uvjeta (Sugiyama i sur., 1981.).

Beltrán i sur. (2005.) ispitali su utjecaj vakuum pakiranja i pakiranja u MAP na očuvanje senzorskih svojstava svježeg rezanog krumpira sorte 'Monalisa', tijekom 14 dana čuvanja pri 4 °C. Za pakiranje u vakuumu korištena je višeslojna vrećica debljine 59 µm i propusnosti na plinove pri 23 °C za O₂ od 1.4×10⁻¹³ mol/s m² Pa i za CO₂ od 7.1×10⁻¹³ mol/s m² Pa. Za MAP pakiranje korištena je vrećica od polietilena niske gustoće (PE-LD) debljine 109 µm i propusnosti pri 4 °C za kisik od 2.9×10⁻¹⁵ mol/s m² Pa i za CO₂ od 5.2×10⁻¹⁵ mol/s m² Pa. Između ta dva načina pakiranja, metoda pakiranja u vakuumu u kombinaciji s vrećicama navedenih karakteristika pokazala se bolja.

Pineli i sur. (2005.) su također utvrdili da se za očuvanje trajnosti (pri 5 °C) upakiranog minimalno procesiranog krumpira sorte 'Ágata' najbolje pokazala metoda djelomičnog vakuuma uz upotrebu višeslojnog ambalažnog materijala na bazi poliamida. Za MAP istraživanja korištene su kombinacije plinova od 10% CO₂, 2% O₂, 88% N₂ i 5% CO₂, 5% O₂, 90% N₂. Aktivna modifikacija atmosfere pokazala je brži i izražajniји razvoj posmeđivanja, povećanje čvrstoće (zbog dehidracije gomolja), povećanje ukupne otopljene tvari i nižu kiselost u odnosu na gomlje čuvane pod djelomičnim vakuumom.

Skladištenje

Stabilnost i kvaliteta svježeg rezanog MPK osim o sorti, procesu prerade i pakiranju ovisi i o starosti gomolja odnosno uvjetima u kojima je bio skladišten prije minimalne prerade, ali i o uvjetima čuvanja gotovog proizvoda. Pri tome je ovisno o sorti utjecaj skladištenja različit (Coffin i sur., 1987.).

Skladištenje prije minimalne prerade

Poznato je svojstvo krumpira da tijekom skladištenja na nižim temperaturama mijenja kemijski sastav tj. dolazi do poznate pojave „zaslađivanja uslijed hladnoće“. To je pojava povećanja udjela reducirajućih šećera (glukoze i fruktoze) i smanjenja udjela škroba (Abbasi i sur., 2016.) te akumulacije saharoze (Coffin i sur., 1987.) uslijed inhibicije enzima invertaze (Herman i sur., 1996.). Murata i sur. (2000.) pratili su utjecaj temperature skladištenja (0 i 10 °C) na sortu 'Danas-haku' pri čemu su potvrdili veću akumulaciju šećera i veće smanjenje udjela škroba pri 0 °C, dok su pri 10 °C bili veći gubitci na masi, krumpir je bio mekši i brže je počeo klijati. Sasaki-Tamaki

i sur. (2003.) pratili su utjecaj temperature skladištenja od 2 i 6 °C na sortama krumpira više ('Toyoshiro' i 'Hokkaikogene') i manje ('North Chipo' i 'Line P982') osjetljivim na niske temperature, prilikom čega je u svim istraživanim sortama utvrđen porast sadržaja reducirajućih šećera no ipak nešto manje u sortama manje osjetljivim na niske temperature u odnosu na one više osjetljive. Udio reducirajućih šećera ima značajan utjecaj na formiranje boje tijekom prženja krumpira. Tako krumpiri s većim udjelom šećera prženjem postaju nepoželjno tamne boje pri čemu nastaje i akrilamid za koji je utvrđen toksični učinak. Tamna boja i formiranje akrilamida posljedica su neenzimskog posmeđivanja u kojem dolazi do reakcije reducirajućih šećera i aminokiseline (Maillardova reakcija) konkretno asparaginske u slučaju nastanka akrilamida (Wenzl, i sur., 2003.). Pojava je izraženija što je veći udio reducirajućih šećera i temperatura prženja viša (Granda i sur. 2004.).

Prednost manje osjetljivih sorata na niske temperature skladištenja ('ND 860-2') je da su prikladne za prženje neovisno o temperaturi skladištenja (4, 9 i 11 °C), jer je zabilježen samo manji porast udjela šećera pri 4 °C, tako da se ostvaruje poželjna boja nakon prženja (Coffin i sur., 1987.).

Pojava zaslađivanja je reverzibilna što znači da se nakon skladištenja pri 2 °C, kada dolazi do porasta reducirajućih šećera, držanjem krumpira na temperaturi od 10 °C tijekom 15 dana, udio reducirajućih šećera smanjuje (Isherwood, 1973.).

Skladištenje nakon minimalne prerade

Za kvalitetu i rok trajnosti MPK izrazito je važna temperatura čuvanja. Neovisno o tome što se za neprerađeni krumpir preporuča određeni temperaturni raspon skladištenja ovisno o namjeni. Za svježe rezani MPK preporučuju se temperature ispod 7 °C. To je vidljivo kroz primijenjene temperature čuvanja MPK u brojnim istraživanjima koja su pratila njegovu stabilnost. Cacace i sur. (2002.) primijenili su temperaturu 1 °C, Wang i sur. (2015.) 2-3 °C, Calder i sur. (2011. a) 3 °C, mnogi autori navode 4 °C (Tudela i sur., 2002.; Beltran i sur., 2005; Angós i sur., 2008.; Calder i sur., 2011. b; Ierna i sur., 2016.; Ierna i sur., 2017.), kao i 5 °C (Gunes i Lee 1997.; Ahvenainen i sur., 1998.; Pineli i sur., 2005.; Ma i sur., 2010.; Silveira i sur., 2017.), Cacace i sur. (2002.) 6 °C, a Oner i Walker (2010.) 7 °C. Cacace i sur. (2002.) su utvrdili bolju kvalitetu (boju i senzorska svojstva) MPK sorte 'Russet Burbank' skladištene pri 1 °C u odnosu na skladištenje pri 6 °C.

Zaključak

Minimalno prerađeni krumpir poželjan je proizvod zbog praktičnosti i jednostavnosti upotrebe, ali vrlo osjetljiv i lako pokvarljiv. U svrhu očuvanja izvorne kvalitete krumpira potrebno je proizvodni proces i distribuciju provoditi s najvećom pažnjom. Optimalne sorte su one najmanje sklone posmeđivanju i koje nisu osjetljive na niske temperature skladištenja. Prema navodima u literaturi najefikasnije sredstvo protiv posmeđivanja se pokazala askorbinska kiselina u kombinaciji s limunskom kiselinom. Pri tome je od izrazite važnosti odabrati adekvatan ambalažni materijal i metodu pakiranja (vakuum, modificirana atmosfera) u cilju očuvanja kvalitete i sigurnosti proizvoda kroz što duži vremenski period. Preporučena temperatura skladištenja minimalno procesiranog krumpira je od 1 do 7 °C što prvenstveno ovisi o odabranoj sorti.

Zahvala

Ovaj je rad financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2016-06-5343 „Inovativne-tehnike u minimalnoj preradi krumpira (*Solanum tuberosum*) i njegova zdravstvena ispravnost nakon pripreme“.

Literatura

- Abbasi, K. S., Masud, T., Qayyum, A., Khan, S. U., Abbas, S., Jenks, M. A. (2016) Storage stability of potato variety Lady Rosetta under comparative temperature regimes. *Sains Malaysiana*, 45 (5), 677-688.
- Ahvenainen, R. T., Hurme, E. U., Hägg, M., Skyttä, E. H., Laurila, E. K. (1998) Shelf-life of prepeeled potato cultivated, stored, and processed by various methods. *Journal of food protection*, 61 (5), 591-600. doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-61.5.591>
- Amaral, R. D. A., Benedetti, B. C., Pujola, M., Achaerandio, I., Bachelli, M. L. B. (2015) Effect of ultrasound on quality of fresh-cut potatoes during refrigerated storage. *Food Engineering Reviews*, 7 (2), 176-184. doi: [10.1007/s12393-014-9091-x](https://doi.org/10.1007/s12393-014-9091-x)
- Amiot, M. J., Tacchini, M., Aubert, S., Nicolas, J. (1992) Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *Journal of Food Science*, 57 (4), 958-962. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb14333.x>
- Angós, I., Virseda, P., Fernández, T. (2008) Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest biology and technology*, 48 (3), 422-430. doi: [10.1016/j.postharvbio.2007.10.019](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.10.019)
- Beltrán, D., Selma, M. V., Tudela, J. A., Gil, M. I. (2005) Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 37 (1), 37-46. doi: [10.1016/j.postharvbio.2005.02.010](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.02.010)
- Cabezas-Serrano, A. B., Amodio, M. L., Cornacchia, R., Rinaldi, R., Colelli, G. (2009) Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. *Postharvest Biology and Technology*, 53 (3), 138-144. doi: [10.1016/j.postharvbio.2009.03.009](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.03.009)
- Cacace, J. E., Delaquis, P. J., Mazza, G. (2002) Effect of chemical inhibitors and storage temperature on the quality of fresh-cut potatoes. *Journal of Food Quality*, 25 (3), 181-195. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2002.tb01018.x>
- Calder, B. L., Kash, E. A., Davis-Dentici, K., Bushway, A. A. (2011a) Comparison of sodium acid sulfate to citric acid to inhibit browning of fresh-cut potatoes. *Journal of Food Science*, 76 (3), 164-169. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02082.x>
- Calder, B. L., Skonberg, D. I., Davis-Dentici, K., Hughes, B. H., Bolton, J. C. (2011b) The effectiveness of ozone and acidulant treatments in extending the refrigerated shelf life of fresh-cut potatoes. *Journal of Food Science*, 76 (8), 492-498. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02371.x>
- Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. I., Espín, J. C. (2002) Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (10), 3015-3023. doi: [10.1021/jf0116350](https://doi.org/10.1021/jf0116350)
- Cantwell, M. I. i Suslow, T. V. (2002) *Postharvest Handling Systems: Fresh-Cut Fruits and Vegetables*. U: Kader. Ur. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California.
- Chalom, S., Elrezi, E., Pena, P., Astiarsaran, I., Bello, J. (1995) Composition of sulfited potatoes: comparison with fresh and frozen potatoes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47 (2), 133-138.
- Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S., Dalla Rosa, M. (2006) Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 39 (3), 265-271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.001>
- Coffin, R. H., Yada, R. Y., Parkin, K. L., Grodzinski, B., Stanley, D. W. (1987) Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. *Journal of Food Science*, 52 (3), 639-645. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06692.x>
- Cornacchia, R., Cabezas-Serrano, A. B., Amodio, M. L., Colelli, G. (2011) Suitability of 4 potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut product. Early cultivars. *American Journal of Potato Research*, 88 (5), 403-412. doi: <https://doi.org/10.1007/s12230-011-9206-3>
- Couture, R., Cantwell, M. I., Ke, D., Saltveit, M. E. (1993) Physiological attributes related to quality attributes and storage life of minimally processed lettuce. *HortScience*, 28 (7), 723-725.
- European Cultivated Potato Database < <https://www.europotato.org/> > (19.12.2017.)
- FAOSTAT 2018, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (22.11.2018.)
- Granda, C., Moreira, R. G., Tichy, S. E. (2004) Reduction of Acrylamide Formation in Potato Chips by Low-temperature Vacuum Frying. *Journal of Food Science*, 69(8), E405-E411. doi: [10.1111/j.1365-2621.2004.tb09903.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09903.x)
- Gunes, G. i Lee, C. Y. (1997) Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *Journal of Food Science*, 62 (3), 572-575. doi: [10.1111/j.1365-2621.1997.tb04433.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04433.x)
- Herrman, T. J., Love, S. L., Shafiq, B., Dwelle, R. B. (1996) Chipping performance of three processing potato cultivars during long-term storage at two temperature regimes. *American Potato Journal*, 73 (9), 411-425. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02849514>
- Hrvatska enciklopedija. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=34259/> (11.12.2018.)
- Ierna, A., Pellegriño, A., Di Silvestro, I., Buccheri, M. (2016) Sensory and physico-chemical characteristics of minimally processed "early" potato tubers as affected by anti-browning treatments and cultivar. *Acta Horticulturae*, (1141), 229-236. doi: [10.17660/actahortic.2016.1141.27](https://doi.org/10.17660/actahortic.2016.1141.27)
- Ierna, A., Rizzarelli, P., Malvuccio, A., Rapisarda, M. (2017) Effect of different anti-browning agents on quality of minimally processed early potatoes packaged on a compostable film. *LWT - Food Science and Technology*, 85, 434-439. doi: [10.1016/j.lwt.2017.03.043](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.043)
- Isherwood, F. A. (1973) Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry*, 12 (11), 2579-2591. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(73\)85060-5](https://doi.org/10.1016/0031-9422(73)85060-5)
- Jabs, J. i Devine, C. M. (2006) Time scarcity and food choices: an overview. *Appetite*, 47 (2), 196-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.02.014>
- Lamikarna, O. (2002) *Fresh-cut Fruit and Vegetables, Science, Technology, and Market*. Boca Raton SAD: CRC Press.
- Laurila, E. i Ahvenainen, VTT Biotechnology, Espoo (2002) *Minimal processing in practice: fresh fruits and vegetables*. U: Ohlsson, T. i Bengtsson, N. ur. *Minimal processing technologies in the food industry*. Cambridge: Woodhead

Publishing

- Laurila, E., Kervinen, R., Ahvenainen, R. (1998) The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest News and Information*, 9 (4), 53–66.
- Li, L., Bai, J., Wu, M., Zhao, M., Wang, R., Guo, M., Liu, H., Liu, T. (2017) Studies on browning inhibition technology and mechanisms of fresh-cut potato. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41 (6), :e13263. doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13263>
- Limbo, S., i Piervigiovanni, L. (2006) Shelf life of minimally processed potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 39 (3), 254–264. doi: [10.1016/j.postharvbio.2005.10.016](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.10.016)
- Lund, B. M., Graham, A. F., George, S. M. (1988) Growth and formation of toxin by Clostridium botulinum in peeled, inoculated, vacuum-packed potatoes after a double pasteurization and storage at 25°C. *Journal of Applied Bacteriology*, 64 (3), 241–246. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1988.tb03381.x>
- Ma, Y., Wang, Q., Hong, G., i Cantwell, M. (2010) Reassessment of treatments to retard browning of fresh-cut Russet potato with emphasis on controlled atmospheres and low concentrations of bisulphite. *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (7), 1486–1494. doi: [10.1111/j.1365-2621.2010.02294.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02294.x)
- Morales-de la Peña, M., Welti-Chanes, J., Martín-Belloso, O. (2016) Application of novel processing methods for greater retention of functional compounds in fruit-based beverages. *Beverages*, 2 (2), 14. doi: [10.3390/beverages2020014](https://doi.org/10.3390/beverages2020014)
- Murata, Y., Yaptenco, K., Noguchi, T., Suzuki, T., Sato, H., Matsumoto, S., Takano, K. (2000) Property changes in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) during cold storage at 0 and 10 °C. *Food Preservation Science*. 26. 153–160. doi: [10.5891/jafps.26.153](https://doi.org/10.5891/jafps.26.153).
- Nicolas, J. J., Richard-Forget, F. C., Goupy, P. M., Amiot, M. J., Aubert, S. Y. (1994) Enzymatic browning reactions in apple and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34 (2), 109–157. doi: <https://doi.org/10.1080/10408399409527653>
- Notermans, S., Dufrenne, J., Keijbets, M. J. H. (1981) Vacuum-packed cooked potatoes: Toxin production by Clostridium botulinum and shelf life. *Journal of Food Protection*, 44 (8), 572–575. doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-44.8.572>
- O'Beirne, D. i Ballantyne, A. (1987) Some effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in combination with antioxidants on quality and storage-life of chilled potato strips. *International Journal of Food Science & Technology*, 22 (5), 515–523. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb00517.x>
- Ohlsson, T. i Bengtsson, N. (2002) *Minimal processing technologies in the food industry*. Cambridge: Woodhead Publishing
- Oner, M. E. i Walker, P. N. (2010) Effect of processing and packaging conditions on quality of refrigerated potato strips. *Journal of Food Science*, 76 (1), 35–40. doi: [10.1111/j.1750-3841.2010.01937.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01937.x)
- Peroni, D. G. i Boner, A. L. (1995) Sulfite sensitivity. *Clinical & Experimental Allergy*, 25 (8), 680–681. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1995.tb00003.x>
- Pineli, L. L. O., Moretti, C. L., Almeida, G. C., Onuki, A. C. A., Nascimento, A. B. G. (2005) Chemical and physical characterization of fresh-cut 'Agata' potatoes packed under different active modified atmospheres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (10), 1035–1041. doi: [http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001000013](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001000013)
- Pravilnik o prehrambenim aditivima (»Narodne novine« br. 62/10, 62/11 i 135/11 i Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o prehrambenim aditivima (»Narodne novine« br. 79/12).
- Rocculi, P., Galindo, F. G., Mendoza, F., Wadsö, L., Romani, S., Rosa, M. D., Sjöholm, I. (2007) Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 43 (1), 151–157. doi: [10.1016/j.postharvbio.2006.08.002](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.08.002)
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., Morais, A. M. M. B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, 3 (2), 81–88. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1471-5740.2003.00068.x>
- Sapers, G. M., Douglas JR, F.W., Bilyk, A., Hsu, A.-F., Dower, H. W., Garzarella, L., Kozempel, M. (1989) Enzymatic browning in Atlantic Potatoes and Related Cultivars. *Journal of Food Science*, 54 (2), 362–365. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb03081.x>
- Sapers, G. M., Garzarella, L., Pilizota, V. (1990) Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. *Journal of Food Science*, 55 (4), 1049–1053. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01595.x>
- Sasaki-Tamaki, D., Himoto, J. I., Kazuhiko, I. (2003) Effects of low temperature storage on the quality of different processing cultivars of potato tubers. *Food Preservation Science*, 29 (5), 275–280. doi: <https://doi.org/10.5891/jafps.29.275>
- Silveira, A. C., Oyarzún, D., Sepúlveda, A., Escalona, V. (2017) Effect of genotype, raw-material storage time and cut type on native potato suitability for fresh-cut elaboration. *Postharvest Biology and Technology*, 128, 1–10. doi: [10.1016/j.postharvbio.2017.01.011](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.01.011)
- Sugiyama, H., Woodburn, M. K., Yang, H. i Movroydis, C. (1981) Production of botulinum toxin in inoculated pack studies of foil-wrapped baked potatoes. *Journal of Food Protection*, 44 (12), 896–898. doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-44.12.896>
- Thybo, A. K., Christiansen J., Kaack, K., Petersen, M. A. (2006) Effect of cultivars, wound healing and storage on sensory quality and chemical components in pre-peeled potatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 39 (2), 166–176. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.11.010>
- Tudela, J. A., Espiñ, J. C., Gil, M. I. (2002) Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 26 (1), 75–84. doi: [10.1016/s0925-5214\(02\)00002-9](https://doi.org/10.1016/s0925-5214(02)00002-9)
- Wang, Q., Cao, Y., Zhou, L., Jiang, C., Feng, Y., Wei, S. (2015) Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. *Food Chemistry*, 169, 246–254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.011>
- Wenzl, T., de la Calle, M. B., Anklam, E. (2003) Analytical methods for the determination of acrylamide in food products: a review. *Food Additives and Contaminants*, 20(10), 885–902. doi: [10.1080/02652030310001605051](https://doi.org/10.1080/02652030310001605051)