



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
Departman za poljoprivrednu
tehniku



Dipl. inž. Dušan Miljatić

FIZIČKE OSOBINE OSMOTSKI SUŠENOG
KORENA MRKVE

Master rad

Novi Sad, 2014.



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
Departman za poljoprivrednu
tehniku



Kandidat

Dipl. inž. Dušan Miljatović

Mentor

Dr Ondrej Ponjičan, doc.

FIZIČKE OSOBINE OSMOTSKI SUŠENOG
KORENA MRKVE

Master rad

Novi Sad, 2014.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Ondrej Ponjičan, docent za užu naučnu oblast Poljoprivredna tehnika,
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad - mentor.

Dr Mirko Babić, redovni profesor za užu naučnu oblast Poljoprivredna tehnika,
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Dr Ivan Pavkov, docent za užu naučnu oblast Poljoprivredna tehnika,
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

REZIME

Merenje fizičkih osobina osmotski sušenog korena mrkve je izvedeno u Laboratoriji za biosistemske inženjere, koja se nalazi na Departmanu za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Uzorci korena mrkve bili su u obliku cilindra debljine 10 mm. Pre osmotskog sušenja uzorci su podijeljeni u tri grupe: netretirani (kontrolni tretman), tretirani sa 4% jabučnom kiselinom i blanširani. Tako pripremljeni uzorci su sušeni osmotski u rastvoru saharoze. Primenjena su dva režima osmotskog sušenja mrkve i to pri koncentraciji 50°Bx i na temperaturi rastvora 40°C i koncentraciji 65°Bx i temperaturi 60°C u vremenskom intervalu od 180 minuta. Merenje je izvedeno na svakih 20 minuta.

Za predtretman blanširanjem utvrđene su statistički značajno niže vrednosti promene mase i zapremine korena mrkve. U zavisnosti od primenjenog predtretmana nisu utvrđene statistički značajne razlike u promeni vlažnosti korena. Iste zakonitosti u promeni mase, zapremine i vlažnosti u zavisnosti od primenjenog predtretmana su se zadržale i nakon osmotskog sušenja.

Nakon testiranja ispitivanih parametara promene boje: sjajnost (L^*), parametara boje (a^*) i (b^*) i ukupne promene boje (dE^*_{ab}) utvrđene su minimalne razlike. Primenom osmotskog sušenja, kao i promenom režima sušenja za većinu izvedenih merenja nisu utvrđene statistički značajne razlike. Od primenjenih predtretmana, blanširanje je imalo najveći uticaj na promenu boje, kako pre tako i nakon osmotskog sušenja.

Merenjem promene mehaničkih osobina za sva tri ispitivana parametra: promena rada, promena sile prodiranja i promena nagiba krive utvrđene su iste zavisnosti po pitanju mehaničkih osobina. Merenjem promene nagiba krive utvrđene su razlike u strukturi korena mrkve ne samo blanširanjem, već i primenom jabučne kiseline. Primena osmotskog sušenja, promena režima sušenja, kao i primenjeni predtretmani, imala je izrazit uticaj na promenu mehaničkih osobina, a time i strukture korena mrkve.

Ključne reči: koren mrkve, fizičke osobine, mehaničke osobine, osmotsko sušenje.

ABSTRACT

Measuring of physical properties of carrot root which underwent osmotic dehydration was performed in the Laboratory for Biosystematics Engineering, Department of Agricultural Engineering at the Faculty of Agriculture in Novi Sad. Carrot root samples were of cylindrical shape 10 mm thick. Prior to osmotic dehydration process the samples were divided into three groups: untreated (control treatment), pretreated with 4% malic acid and blanched. The prepared samples were then dehydrated osmotically in sucrose solution. Two regimes of carrot root osmotic dehydration were applied, one at concentration of 50°Bx and at solution temperature of 40°C and the other at concentration of 65°Bx and solution temperature of 60°C, both for a period of 180 minutes. The measuring was performed every 20 minutes.

Pretreatment of samples by blanching gave statistically significantly lower values of carrot root mass and density. Differences in carrot root moisture were not significant with respect to application of different pretreatments. The same dependences regarding mass, density and moisture changes with different pretreatments were observed after osmotic dehydration as well.

Having tested the parameters of color change: brightness (L^*), color parameters (a^*) and (b^*), and total color change (dE^*_{ab}), minimal differences were observed. Osmotic dehydration, as well as the change in dehydration regime for most of the performed measuring did not show any statistically significant differences. As for the applied pretreatments, blanching contributed most to the color change, both before and after osmotic dehydration.

By measuring the changes of mechanical properties for three tested parameters: change of load, change of puncture force and change of curve inclination, same dependences with respect to mechanical properties were determined. Changed curve inclination showed differences in carrot root structure not only during the blanching procedure but with the use of malic acid as well. Osmotic dehydration, changes of dehydration regimes and application of different pretreatments had considerable influence on the changes of carrot root mechanical properties and its structure.

Key words: carrot root, physical properties, mechanical properties, osmotic dehydration.

1. UVOD

Savremena tehnologija proizvodnje mrkve podrazumeva izvođenje kvalitetne obrade zemljišta, primenu adekvatne mehanizacije kao i obavljanje agrotehničkih mera u optimalnom vremenskom periodu. Naime, obrada zemljišta treba da stvori optimalne uslove za rast i razvoj korena mrkve, da zadovolji ekološke i ekonomske uslove, da bi se na kraju dobio što bolji kvalitet i prinos uz smanjenje troškova i angažovane energije. Tekstura zadebljalog korena mrkve je jedan od kriterijuma, koji se koristi za ocenu kvaliteta ovog povrća. Veoma je važan izgled i odnos sastavnih delova zadebljalog korena mrkve, koji su zavisni od sorte i hibrida, ali i od uslova uspevanja. Najviše se ceni koren glatke površine i pravilnog oblika, bez oštećenja i drugih mana i koji ima svojstva karakteristična za datu sortu ili hibrid. Veličina korena varira ne samo u odnosu na sortu, već u velikoj meri od uslova uspevanja i agrotehnike (*Lazić Branka i dr, 2001*).

Kada se mrkva posmatra sa aspekta njene strukture i sastava, važno je spomenuti tri osnovna dela koja čine koren mrkve i od čijeg učešća i odnosa zavisi kvalitet (*Đurovka i Marković, 1992*). Spolja se nalazi pluta, koja je porozna, lako propušta vodu i zato koren u suvoj sredini brzo vene. Ispod plute se nalazi najkvalitetniji deo koji se naziva floem, odnosno kora, koji sadrži najviše šećera, mineralnih materija i vitamina. Zbog toga se na osnovu sadržaja floema određuje kvalitet. Unutrašnji deo čini srž odnosno ksilem, drvenasti deo koji se sastoji od traheja i traheida. Što se tiče hemijskog sastava, osnovna komponenta nutritivnog kvaliteta je sadržaj šećera (saharoze i glukoze), belančevina, karotenoida, pre svega beta karotena, eteričnih ulja i mineralnih materija. Ovo korenasto povrće je bogato i vitaminom A, B3, C i E. Sadržaj gore navedenih hranljivih elemenata zavisi od sorte, agroekoloških i agrotehničkih uslova proizvodnje (*Đurovka i Marković, 1992*).

Jedan od načina ocenjivanja kvaliteta zadebljalog korena mrkve je ispitivanje njegovih mehaničkih osobina odnosno ispitivanje teksture mrkve (*Bajkin et al, 2011*). Postoji nekoliko važnih razloga za merenje fizičkih osobina hrane, kao što su: inženjersko projektovanje, određivanje strukture i teksture hrane. Tekstura se generalno smatra kao čulna karakteristika, jer samo ljudi mogu meriti teksturne karakteristike hrane (*Bourne, 2002*).

Prva ocena kvaliteta hrane od strane potrošača, obavlja se na osnovu izgleda proizvoda. Boja je jedna od najbitnijih osobina izgleda proizvoda, koja može presudno da utiče na njegovo prihvatanje od strane potrošača. Boju ploda determinišu pigmenti matarije. To su čestice matarije

koje određuju apsorbovanje i reflektovanje dozračene svetlosti. Reflektovani deo spektra dospeva do ljudskog oka (*Mihailović et al, 2008*). Danas se boja voća i povrća može izmeriti instrumentima koji se zovu kolorimetri i spektrofotometri (www.koncaminolta.com). Za prikazivanje vrednosti boje koristi se CIE L*a*b* sistem boja (*Radojčin et al, 2010*).

Prilikom prerade korenastog povrća najčešće se koristi predtretman blanširanjem. Blanširanje predstavlja toplotni tretman koji se izvodi pomoću tople vode ili vodene pare. Vreme i temperatura blanširanja zavise od vrste povrća (*Cano, 1996*). Sadržaj rastvorljivih materija, zatezna čvrstoća i kompresiona sila se smanjuju tokom toplotnog tretmana (*De Belie et al, 2002*). Blanširanje može imati negativan uticaj na fizičke osobine kao što je tekstura, boja i hranljive materije. Iz tog razloga je poželjno sniziti temperaturu toplotnog tretmana (*Song et al, 2003*).

Osmotsko sušenje je proces uklanjanja vode potapanjem hrane, uglavnom voća i povrća, u hipertoničnom rastvoru, kao što je koncentrovani šećerni rastvor. Osmotsko sušenje je jedan od energetski efikasnijih načina za uklanjanje vode iz hrane, jer voda ne mora da prolazi kroz faze promena da bi bila izdvojena iz proizvoda (*Madamba et al, 2003; Rault-Wack et al, 1992*). Uklanjanje vlage u tečnom obliku, korišćenje nižih temperatura i osmotskog rastvora glavne su prednosti osmotskog procesa sušenja u odnosu na druge načine sušenja (*Mišljenović et al, 2011*). Osmotsko sušenje je efikasno čak na sobnoj temperaturi i čuva boju, ukus i teksturu hrane prilikom termičke obrade. Koristi se kao predtretman za poboljšanje nutritivnih, senzornih i funkcionalnih svojstava hrane. Hrana koja je osmotski osušena može se dodatno obraditi zamrzavanjem, konvektivnim, vakuumskim sušenjem itd. (*Nanjundaswamy et al, 1978*). Osmotsko sušenje se može obaviti u rastvoru saharoze (*Uddin et al, 2004*) kao i rastvoru natrijum hlorida (*Barbosa et al, 2004*), kao i njihovom kombinacijom (*Singh et al, 2010*). Osmotski rastvor definišu promenljive: koncentracija i temperatura osmotskog rastvora, kao i dužina trajanja osmotskog procesa sušenja (*Singh et al, 2010*). Tokom osmotskog procesa sušenja, obično se mere tri glavne promenljive veličine: sadržaj vlage, promene mase i promene rastvorljivih čestica (*Mišljenović, 2011*).

2. ZADATAK I CILJ RADA

Svež koren mrkve koji je korišćen za potrebe ispitivanja obezbeđen je direktno od proizvođača mrkve iz Begeča. Eksperimentalna istraživanja su izvedena u Laboratoriji za biosistemske inženjerstvo, koja se nalazi na Departmanu za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Zadatak rada je bio da se na osnovu izmerenih fizičkih osobina odredi uticaj predtretmana i osmotskog sušenja na promene fizičkih osobina korena mrkve. Prilikom eksperimentalnih istraživanja određene su sledeće fizičke osobine korena mrkve:

- masa
- zapremina,
- vlažnost,
- boja i
- mehaničke osobine.

Fizičke osobine korena mrkve su ispitivane na:

- svežem uzorku pre primene predtretmana,
- nakon primene predtretmana i
- nakon osmotskog sušenja.

Primenjeni pretretmani:

- bez predtretmana (sveže, kontrola),
- predtretman jabučnom kiselinom (4%) i
- predtretman blanširanjem.

Osmotsko sušenje korena mrkve u rastvoru saharoze obavljeno je u eksperimentalnom uređaju (*Babić i sar, 2005*). Dužina procesa bila je 180 minuta, a pri tome su izvedena dva režima osmotskog sušenja:

- I režim pri temperaturi rastvora 40°C i koncentraciji rastvora 50°Bx i
- II režim pri temperaturi rastvora 60°C i koncentraciji rastvora 65°Bx.

Cilj istraživanja je bio da na osnovu izmerenih fizičkih osobina korena mrkve u toku osmotskog sušenja i u zavisnosti od primenjenih predtretmana oceni njihov uticaj na promenu teksture. Na osnovu izmerenih podataka o promeni teksture treba da se utvrdi najpogodniji predtretman i režim osmotskog sušenja korena mrkve. Ispitivanje fizičkih osobina osmotski sušenog korena mrkve treba da predstavlja polaznu osnovu u procesu osvajanja novih tehnologija za proizvodnju visoko kvalitetnih prehrambenih proizvoda.

3. PREGLED LITERATURE

Osnova za ispitivanje teksture poljoprivrednih proizvoda, jeste pre svega poznavanje njihovih fizičkih osobina.

Podela fizičkih osobina poljoprivrednih proizvoda (*Babić M, i Babić Ljiljana, 2007*):

A – Osnovne fizičke veličine,

B – Posebne fizičke veličine,

1 – Mehaničke osobine,

1.1. Reološke osobine,

1.2. Osobine površinskog kontakta,

1.3. Mehanička otpornost na oštećenja i

1.4. Osobine trenja.

2 – Strujne osobine (aero i hidrodinamičke osobine),

3 – Termičke osobine,

5 – Električne osobine,

6 – Optičke osobine i

7 – Akustične osobine.

3.1. Metode određivanja mehaničkih osobina korena mrkve

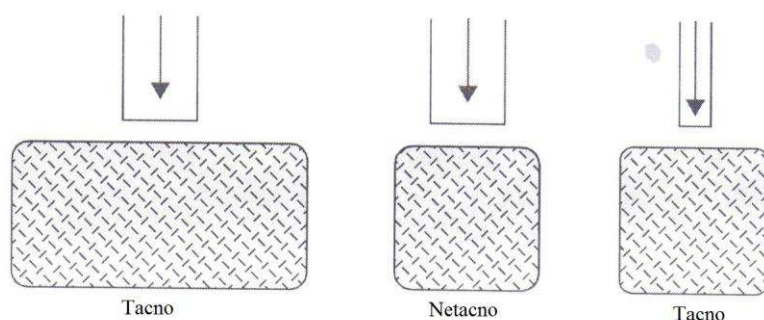
Kvantitativno merenje teksture se izvodi merenjem mehaničkih osobina materijala. Za merenja su u početku služili ručni instrumenti. Danas su u upotrebi savremeni kompleksni mehanički uređaji, pomoću kojih se može izvoditi veliki spektar ispitivanja mehaničkih osobina na hrani kao na primer: prodiranje, pritisak, rezanje, smicanje, istežanje, savijanje i slično. Prednost ovih instrumenata je u visokom stepenu tačnosti i automatizaciji.

Koristeći mehaničke metode, kroz upotrebu TMS-PRO instrumenta za analizu teksture Food Technology Corporation i odgovarajućeg pribora, mogu se simulirati radnje preduzete od strane osobe prilikom konzumiranja proizvoda da bi se izmerile sledeće osobine: hrskavost, tvrdoća, sočnost, osetljivost, rastresitost i vlaknatost. Ove karakteristike mogu biti izmerene i upoređivane u toku proizvodnje i prerade, da bi se ocenile promene u teksturi.

3.1.1. Test prodiranja

Testovi prodiranja i pritiska najčešće se koriste za ocenjivanje kvaliteta sirovog materijala. Test prodiranja podrazumeva merenje dubine prodiranja probojca pod uticajem sile primenjene posle određenog vremena ili vremena kada probojac treba da postigne standardnu dubinu (*Budrewicz et al, 2005*).

Prihvaćeno je opšte pravilo da prečnik uzorka treba da bude bar tri puta veći od prečnika probojca. Za krtije uzorke ovaj odnos treba da bude veći od 1:3. Važno je obratiti pažnju na podlogu na koju se stavlja uzorak prilikom testa prodiranja, jer neodgovarajuća podloga može da dovede do greške. Podloga koja ima otvor na sredini ispod probojca, neophodna je kod tankih ili uzoraka male veličine. Otvor omogućava probojcu da prođe kroz ceo uzorak sve do otvora (*Bourne, 2002*).



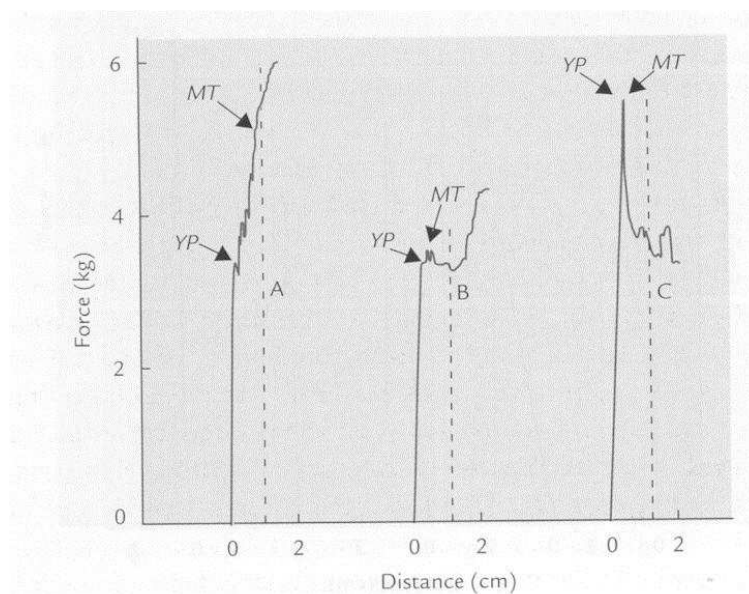
Sl. 1. Test probijanja, zavisnost veličine uzorka od prečnika probojca (*Bourne, 2002*)

Sila izmerena tokom testa prodiranja zavisi od sledećih faktora (*Bourne, 2002*):

- Priroda namirnice. Meki proizvodi imaju manju silu probijanja od čvrstih proizvoda.
- Veličina i oblik probojca.
- Broj probojaca koji se koriste.
- Brzina spuštanja probojca je jedan od faktora kada se testiraju viskozno-elastični uzorci, jer su oni osetljivi na veličinu pritiska.

Probojac sa ravnim i kružnim poprečnim presekom se preporučuje za ispitivanje hrane anizotropne strukture, posebno vlaknaste kao na primer koren mrkve (*Budrewicz et al, 2005*). Jedno od rešenja za merenje sile prodiranja predstavlja merni instrument TMS-PRO (Food technology). Na krivi zavisnosti između sile prodiranja i pređenog puta, javlja se tačka prodiranja „yield point“ (sl. 2). Dodatne informacije o teksturi materijala predstavlja promena sile prodiranja nakon dostizanja tačke prodiranja. Ukoliko sila prodiranja nastavlja da raste nakon tačke prodiranja onda imamo krivu tipa A. Kada je sila prodiranja dostigla tačku

prodiranja, probojac zatim nastavlja da prodire u tkivo bez daljeg povećanja sile tada se javlja kriva tipa B. Kriva tipa C nastaje kada se dostigne sila prodiranja, a nakon toga probojac nastavlja da se kreće kroz tkivo bez daljeg povećanja sile. Ovaj tip krive nastaje kao posledica usled manjeg otpora prema sili prodiranja (Bourne, 2002). Generalno, nagib krive prodiranja predstavlja adekvatan i pouzdan parametar za ocenjivanje strukture poljoprivrednih materijala koji su najčešće heterogeni (Alvo, et al 2004).



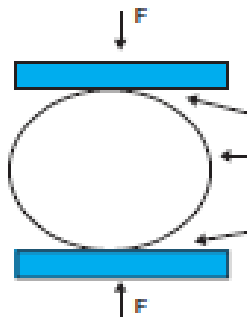
Sl. 2. Karakteristične krive sila-pređeni put (Bourne, 1965)

Određivanje sile prodiranja za svež koren mrkve proizveden različitim tehnologijama gajenja navode Bajkin et al, (2011). Isti autori su izveli test prodiranja sa probojcem prečnika 6 mm, brzinom prodiranja 30 mm/min i za pređeni put od 10 mm, na tri merna mesta: bočno i na poprečnom preseku na mestu ksilema i floema. Utvrđene su sledeće kritične merne tačke: tačka prodiranja, maksimalna sila prodiranja i oblik krive, i izračunata je srednja sila prodiranja za pređeni put. Utvrđene su statistički značajne razlike po svim ispitivanim parametrima pri merenju teksture između ksilema i floema korena. Ukoliko se pri ispitivanju koristi uzorak mrkve manjeg prečnika, zbog osiguranja verodostojnosti izmerenih podataka preporučuje se korišćenje probojca manjeg prečnika (Bourne, 2002).

3.1.2. Test pritiska

Test pritiska (kompresije) podrazumeva postavljanje uzorka u obliku cilindra ili kocke između dve paralelne ploče, potom se jedna od njih pritiska konstantnom brzinom koja izaziva kompresiju uzorka. Ploča koja pritiska uzorak treba bude većeg prečnika od uzorka da bi test bio

ispravan. Kada je prečnik ploče manji od prečnika uzorka tada postaje test prodiranja. Istovremeno vrednost sile pritiska može da se prikaže kao funkcija pređenog puta (deformacije) ili vremena. Krive pritiska su najslabije takozvano B tipu krive, gde je stopa deformacije uzorka direktno proporcionalna sili pritiska (Bourne, 2002).



Sl. 3. Test pritiska (Bourne, 2002)

Za tačnost merenja od izuzetnog je značaja da se formiraju uzorci ujednačenih dimenzija. Promena dimenzija direktno utiče na izmerene vrednosti pritiska. Test pritiska najčešće se izvodi na uzorcima korena mrkve u obliku kocke dimenzija 10x10x10 mm (Budrewicz et al, 2005) ili u obliku koluta. Dimenzije koluta: debljine 8 mm i prečnika 25 mm navode De Belie et al, (2002). Intenzitet deformacije najčešće iznosi 50% (Budrewicz et al, 2005). Pomoću TPA testa (Ponjičan et al, 2013) određuje se veliki broj mehaničkih osobina uzorka. Jedan od najznačajnijih predstavlja maksimalna sila prilikom deformacije (Hardness). Iz razloga što se prilikom tretiranja korena mrkve različim vrstama predtretmana i u toku osmotskog sušenja, dolazi do promena dimenzija uzorka, odustalo se od testiranja pomoću TPA testa pritiska.

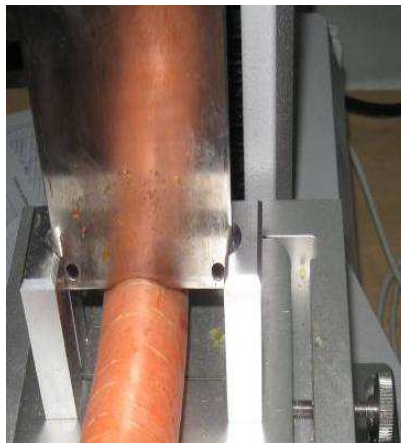
3.1.3. Test rezanja

Za merenje sile rezanja može se koristiti merni instrument TMS-PRO (Food technology) i TMS set za rezanje ravnom oštricom (Warner-Bratzer test rezanja). Warner-Bratzer test rezanja se široko koristi u praksi i daje informacije o žilavosti i osetljivosti kod mesnih proizvoda i povrća. Rezanje uzorka se izvodi zamenljivim sečivima za rezanje, koji su umetnuti u ram. Koristi se za objektivno utvrđivanje teksture svežeg voća i povrća u prehrambenoj industriji. Najčešće se koriste noževi sa ravnom oštricom ili u obliku slova „V“ (Ponjičan et al, 2012). Za test rezanja uzorci treba da budu standardizovani i ujednačenih dimenzija, jer ti parametri direktno utiču na vrednost sile rezanja (Bourne, 2002; Babić M. i Babić Ljiljana, 2007).

Nož je napravljen od nerđajućeg čelika koji je otporan na zamor i manje se haba oštrica noža u odnosu na noževe koji su napravljeni od legura aluminijuma. Sila rezanja se zavisi od promene ugla oštrice. Povećanjem vrednosti ugla oštrice sa 30° do 70° utvrđen je porast sile

rezanja, a nakon toga više nije zabeležen porast sile rezanja usled povećanja vrednosti ugla noža. (Bourne, 2002).

Precizne oštrice i žice se koriste za rezanje uzoraka hrane stvarajući kombinaciju sila deljenja, cepanja i sabijanja u zavisnosti od geometrije oštrice. Postoje različite izvedbe oštrica za rezanje kao što su: oštrica noža za teže uslove (debljina oštrice 3,2 mm), oštrica noža za lakše uslove (debljina oštrice 1,2 mm), oštrica noža od pleksiglasa, žica za sečenje (prečnik žice 0,3 mm) i druge (www.foodtechcorp.com).



Sl. 4. Test rezanja

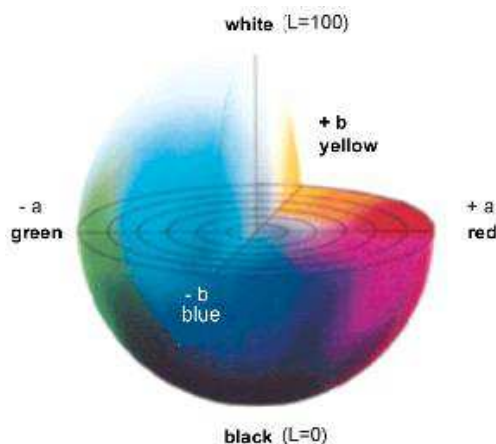
Specifična sila rezanja može da se izračuna na osnovu odnosa između srednje sile rezanja i prečnika korena na mestu rezanja. Izračunavanjem specifične sile rezanja po jedinici odrezane površine dobija se opšti i nepristrasan pokazatelj sile rezanja (Ponjičan et al, 2012).

3.2. Ispitivanje boje

Prva ocena kvaliteta hrane od strane potrošača, obavlja se na osnovu izgleda proizvoda. Boja je jedna od najbitnijih osobina izgleda proizvoda, koja može presudno da utiče na njegovo prihvatanje od strane potrošača. Subjektivni očećaj boje je rezultat interakcije reflektovanog spektra svetlosti od objekta posmatranja i ljudskog oka. Boju objekta determinišu pigmenti materije. To su čestice materije koje određuju apsorbovanje i reflektovanje dozračene svetlosti (Radojčin et al, 2010).

Merenje boje voća i povrća može da se izvodi pomoću trifilterskog kolorimetra Konica Minolta CR-400 (Radojčin et al, 2010), kao i pomoću kolorimetra HunterLab MiniScan Xe Plus (Singh et al, 2010). Kolorimetar je instrument za skeniranje boje. Rezultat tog skeniranja je sličan sa ljudskim opažanjem boje. Korišćeni instrument pruža mogućnost iskazivanja kvantitativnih parametara boje u različitim sistemima. Odabran je CIE $L^*a^*b^*$ sistem boja,

baziran na trifilterskom metodu. U tom sistemu L^* predstavlja sjajnost (osvetljenost, svetlina), a koordinate a^* i b^* boju. Negativna vrednost a^* je zelena boja, a pozitivna a^* je crvena. Negativna b^* je žuta, a pozitivna b^* je plava (Alvarez-Fernandez, 2003).



Sl. 5. CIE $L^*a^*b^*$ model (www.koncaminolta.com)

Rezultati dobijeni merenjem boje kolorimetrom tokom osmotskog sušenja dunje (Radojčin *et al*, 2010) su pokazali veoma mali pad vrednosti parametra L^* što ukazuje na veoma male promene sjajnosti uzoraka. Takav rezultat ukazuje na pozitivni uticaj osmotskog sušenja na očuvanje boje. Osmotsko sušenje obezbeđuje boju krajnjeg proizvoda koja je veoma slična svežem voću (Rodrigues, 2002).

3.3. Predtretman korena mrkve

Prilikom prerade korena mrkve najčešće se koristi predtretman blanširanjem. Blanširanje povrća se izvodi vodenom parom ili toplom vodom i to najčešće u vremenskom intervalu od 1-10 minuta na temperaturama $75-95^{\circ}\text{C}$ u zavisnosti od vrste povrća (Cano, 1996). Kada se tkivo povrća obrađuje na visokim temperaturama (iznad 90°C), mnogi istraživači su primetili da se čvrstina tkiva smanjuje dvofazno, ubrzano prvih nekoliko minuta, a zatim sporije tokom trajanja blanširanja (Huang and Bourne, 1983). Smout *et al*, (2005) preporučuje nisku vrednost temperature blanširanja zbog poboljšanja teksture mrkve. Povećanjem vremena i temperature blanširanja boja mrkve postaje tamnija zbog promene pigmenta karotenoida (a^* i b^* vrednosti su smanjene). Takođe, Ponjičan *et al*, (2013) navode da su zabeležene statistički značajne razlike prilikom blanširanja celera u parametrima L^* (manja sjajnost uzoraka), i u parametru a^* (povećan sadržaj zelene boje). Statistički je značajna i ukupna promena boje ΔE^*_{ab} korena celera usled blanširanja. Blanširanje može imati negativan uticaj na hranljive materije kao što su

vitamini i fenolna jedinjenja koji su relativno nestabilni prilikom izlaganja toplotnim tretmanima (Prochasha et al, 2000).

Dodavanjem kalcijuma odnosno kombinacijom blanširanja i kalcijuma može se poboljšati čvrstoća termički obrađene mrkve (Siliha et al, 1996; Stanley et al, 1995; Van Buren, 1979). Jedno od mogućih rešenja je tretiranje na temperaturi od 70°C u vremenskom intervalu od 30 minuta, a zatim potapanje u 0,5% u rastvor kalcijuma u vremenskom intervalu od 1 čas (Smout et al, 2005).

3.4. Osmotsko sušenje korena mrkve

Konvencionalne metode konzerviranja (konvektivno sušenje, zamrzavanje itd.) koje se obično koriste za čuvanje hrane, često izazivaju smanjenje nutritivnih i senzorskih osobina tretiranog voća i povrća (gubitak vitamina, promene u boji, izmenjenog ukusa i teksture, loše sušenje). Glavni nedostaci konvektivnog sušenja su visoka potrošnja energije i gubitak termolabilnih komponenata hrane. Osmotsko sušenje predstavlja proces uklanjanja vlage koja se najčešće sprovodi kod voća i povrća sa ciljem da se smanji sadržaj vlage i poveća sadržaj rastvorljivih suvih materija (Matusek and Merész, 2003). Osmotsko sušenje je proces uklanjanja vlage, koji se zasniva na potapanju hrane (voće, povrće, meso, riba) u hipertonični rastvor. Pokretačka snaga osmotskog procesa sušenja je bazirana na razlici osmotskih pritisaka između proizvoda i osmotskog rastvora (Mišljenović et al, 2011). Dva velika istovremena kontra toka se opažaju tokom dehidracije: tok vode iz hrane u rastvor i istovremeno prenos supstance koja se rastvara iz rastvora u hranu (Rault-Wack et al, 1992; Madamba et al, 2003). Postoji i treći tok prirodnih supstanci kao što su šećeri, organske kiseline, minerali, soli, itd. Ove supstance prelaze iz hrane u rastvor (Lazerides et al, 1997; Waliszewski et al, 2002). Sve ove masene promene mogu imati uticaj na organoleptički i/ili nutritivni kvalitet proizvoda (Singh et al, 1999; Sablani et al, 2002). Fluks vode koja dolazi iz hrane je mnogo veći nego kontra-vrednost fluksa osmoaktivne supstance. Ovo se dešava zbog činjenice da je propusno tkivo biljaka otporno na teže osmoaktivne supstance iz unutrašnjosti, dok voda niže molekularne težine migrira iz rastvora. Dakle, masa namirnica će se smanjiti, kao što će i aktivnost vode. Smatra se da osmoza može izazvati smanjenje mase svežeg voća i povrća do 50% (Rastogi and Raghavarao, 1997; Kar and Gupta, 2001). Prednosti direktne osmoze u odnosu na druge načine sušenja su minimizirana toplotna oštećenja boje i ukusa i manja dekolorizacija voća uzrokovana oksidativnim enzimima (Saurel et al, 1994; Krokida et al, 2001). S druge strane, količina vode uklonjena iz uzorka hrane je limitirana i može biti potrebno produženo vreme potapanja da bi se dostigao željeni nivo vode u krajnjem proizvodu. Korišćen osmotski rastvor mora imati nisku

aktivnost vode i štaviše, rastvor ne sme biti štetan i da ima dobar ukus. Poznato je nekoliko faktora koji utiču na osmotsku dehidraciju. To su: vrsta osmotskog agensa koji se koristi, koncentracija i temperatura osmotskog rastvora i odnos rastvora prema hrani i njenim fizičko-hemijskim osobinama (*Lerici et al, 1985*). Saharoza se preporučuje za osmotsku dehidraciju zbog njene efikasnosti, pogodnosti i željenog ukusa (*Lenart, 1996*). Hrana koja je osmotski sušena može se dodatno prerađivati procesom zamrzavanja, konvektivnim sušenjem, vakuumskim sušenjem itd. (*Nanjundaswamy et al, 1978*).

Jedna od izvedbi uređaja sa osmotsko sušenje je prikazno na slici 6. Aparat je napravljen od nerđajućeg čelika i opremljen je centrifugalnom pumpom koji omogućava recirkulaciju osmotskog rastvora. Grejač i termoregulacioni sistem omogućava održavanje konstantne temperature tokom izvođenja eksperimenta. Glavni cilindar se sastoji iz dvostrukog izolacionog zida kroz koji cirkuliše voda koja se predhodno zagreva pomoću dva električna grejača (2x1,5 kW) kao sastavni deo uređaja. U sklopu ovog uređaja nalazi se perforirana korpa koja je podeljena na nekoliko sekcija (*Mišljenović et al, 2011*).



Sl. 6. Uređaj za osmotsko sušenje (*Mišljenović et al, 2011*)

Veliki broj autora navodi različite vremenske intervale, različite koncentracije saharoze i temperature osmotskog procesa sušenja poput koncentracije rastvora 40%, 60% и 80% na temperaturi od 45°C u vremenskom intervalu od 4 časa (*Mišljenović et al, 2011*), koncentraciji 45-55°Bx, temperaturi 35-55°C i vremenskom intervalu од 120-240 minuta (*Singh et al, 2008*) i druge varijante.

Dodavanjem male količine natrijum hlorida u rastvor saharoze dovodi do povećanja pokretačke snage procesa sušenja i efekta sinergije između saharoze i natrijum hlorida (*Lerici et al, 1985; Azoubel and Murr, 2004; Singh et al, 2006*). *Qi et al, (2008)* su ustanovili da su

optimalni uslovi za proces sušenja korena mrkve koncentracija rastvora saharoze 44% i natrijum hlorida 7%. Takođe sušenje mrkve može se obaviti u rastvoru natrijum hlorida bez značajnog uticaja na ukus proizvoda. Uticaj promene koncentracije rastvora na proces sušenja je začajan, dok je uticaj promene temperature bio zanemarljivo mali. Prema tome, više vrednosti koncentracije natrijum hlorida dovode do većeg gubitka vlažnosti iz proizvoda. Optimalna koncentracija natrijum hlorida je 11% pri temperaturi od 30°C u vremenskom intervalu od 120 minuta (*Singh et al, 2006*). Za potrebe istraživanja osmotskog sušenja mrkve izabran je rastvor saharoze koji će biti predmet dalje analize.

Gubitak vlažnosti je izražen kao količnik razlike sadržaja vlage sveže i tretirane mrkve u odnosu na ukupnu masu sveže mrkve (*Uddin et al, 2004*). Promne vrednosti vlažnosti proizvoda odnosno smanjivanje vrednosti vlažnosti u velikoj meri zavise od temperature i vremena trajanja procesa sušenja. Više vrednosti temperature i duže vreme trajanja procesa imaju veći efekat uklanjanja vlage iz proizvoda, posebno u ranim fazama potapanja mrkve. Brz gubitak vlage u početnoj fazi osmotskog procesa sušenja nastao zbog velike osmotske pokretačke snage između razređenog soka sveže mrkve i okolnog hipertoničnog rastvora (*Singh et al, 2008*). Difuzija vlage je praćena istovremeno sa kontra difuzijom supstance osmotskog rastvora u tkivo mrkve (*Mišljenović et al, 2011*). Mrkva ima poroznu strukturu tako da visoka temperatura rastvora oslobađa vazduh iz strukture tkiva mrkve i dovodi do efikasnijeg uklanjanja vlage u odnosu na uticaj osmotskog pritiska (*Uddin et al, 2004*).

Vreme tretiranja proizvoda kao i temperatura procesa ima značajan uticaj na promenu zapremine proizvoda tj. utiče na smanjivanje zapremine proizvoda. Efekat smanjivanja zapremine proizvoda može se umanjiti korišćenjem niže koncentracije rastvora (*Singh et al, 2006*).

Više vrednosti temperature i koncentracije osmotskog rastvora uticale su na promenu mase mrkve tj. na smanjenje vrednosti mase do određenog stepena nakon čega dolazi do neželjenih promena u teksturi boji i ukusu mrkve (*Matusek and Merész, 2003*).

Porastom vrednosti temperature rastvora i vremenskog intervala procesa sušenja dobija se mrkva veće tvrdoće (*Singh et al, 2010*). Povećanje tvrdoće mrkve nastaje usled penetracije suve materije iz osmotskog rastvora u mrkvu (*Mišljenović et al, 2011*).

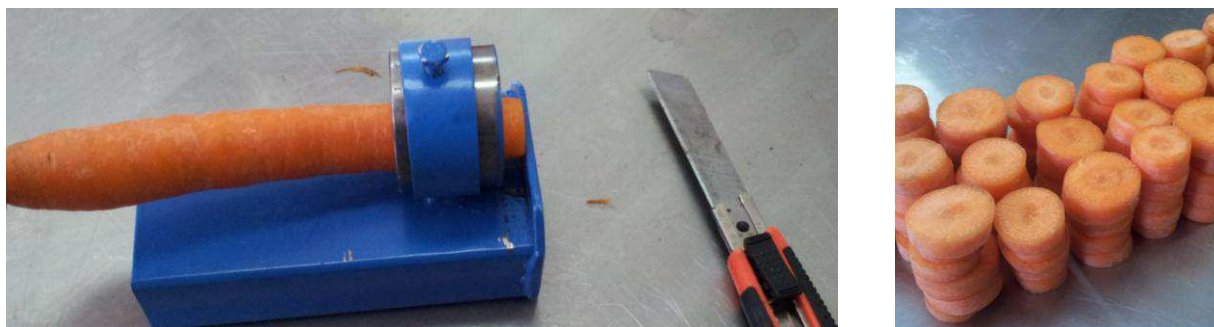
4. MATERIJAL I METOD RADA

4.1. Materijal korišćen prilikom izvođenja eksperimenta

Eksperimentalna istraživanja su izvedena u Laboratoriji za biosistemske inženjerstvo, koja se nalazi na Departmanu za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Sveži i ujednačeni korenovi mrkve hibrida „bolero“ obezbeđeni su direktno od proizvođača iz Begeča.

Za ceo koren mrkve određene su osnovne fizičke osobine: dužina korena (L_k), masa korena (M_k), maksimalni prečnik (D_{max}), minimalni prečnik (D_{min}) i prečnik ksilema na mestu maksimalnog (D_{xmax}) i minimalnog (D_{xmin}) prečnika korena. Merenje osnovnih fizičkih osobina (dimenzije i masa) izvedeno je na deset izabranih ujednačenih korenova mrkve.

Ispitivanje fizičkih osobina korena mrkve izvedeno je na cilindrima visine 10 mm. Za formiranje cilindara ujednačene visine korišćen je specijalno napravljen uređaj po čijem kružnom otvoru se izvodi odsecanje (cilj je dobijanje pravog reza), a postoji mogućnost podešavanja dužine odsečenog uzorka. Odsecanje je izvedeno pomoću skalpera. Merene su sledeće fizičke osobine: masa (m), zapremina (V), vlažnost uzorka korena mrkve u odnosu na vlažnu osnovu (ω), boja (L^* , a^* , b^* i dE^*ab) i mehaničke osobine (A , F_{prod} i F/l).



Sl. 7. Priprema uzoraka korena mrkve u obliku cilindra visine 10 mm

Za merenje dimenzija uzoraka korena mrkve u obliku cilindra korišćeno je pomično kljunasto merilo (sl. 8 i tab. 1). Masa celog korena mrkve, kao i uzorka u obliku cilindra izmerena je pomoću analitičke vage (sl. 9 i tab. 1). Zapremina uzoraka mrkve u obliku cilindra takođe je merena pomoću analitičke vage, staklene menzure zapremine 200 ml i tanke metalne žice (sl. 10 i tab. 1). Vlažnost uzoraka korena mrkve je određivanja pomoću laboratorijske

sušnice (sl. 11 i tab. 1). Boja uzoraka korena mrkve na poprečnom preseku određena je pomoću kolorimetra (sl. 12 i tab. 1). Merenje koncentracije rastvora saharoze obavljeno je pomoću digitalnog refraktometra (sl. 13 i tab. 1).



Sl. 8. Pomično kljunasto merilo



Sl. 9. Analitička vaga



Sl. 10. Analitička vaga i staklena menzura sa vodom



Sl. 11. Laboratorijska sušnica



Sl. 12. Kolorimeter



Sl. 13. Digitalni refraktometar

Za merenje mehaničkih osobina na poprečnom preseku cilindra korena mrkve, korišćen je merni instrument TMS-PRO firme Food technology corporation (www.foodtechcorp.com) (sl. 14 i tab. 1). Ovaj aparat se široko koristi u prehrambenoj industriji za merenje strukture različitih materijala. U zavisnosti od toga koji se parametri strukture mere, na uređaj se mogu adaptirati različiti tipovi alata.



Sl. 14. Instrument za merenje teksture hrane TMS-PRO (www.foodtechcorp.com)

TMS-PRO analizator teksture hrane je konstruisan za jednostavno izvođenje visoko preciznih testova. Analizator teksture je opremljen ćelijom za merenje opterećenja po izboru i sa softverskim paketom "Teksture Lab Pro". Softverski paket omogućava korišćenje postojećih standardnih testova kao i programiranje testova prema potrebi. Postoji mogućnost istovremenog grafičkog prikaza u zavisnosti od izmerene veličine u realnom vremenu. Statistička obrada podataka se takođe izvodi automatski.

Osnovne tehničke karakteristike TMS-PRO analizatora teksture (www.foodtechcorp.com):

- Opseg merenja: ± 2500 N,
- Tačnost očitavnja sile: 0,015% u zavisnosti od opterećenja ćelije (za ćeliju opterećenja 1000 N),
- Opseg merenja 300 mm,
- Preciznost pozicioniranja za pređeni put 2,5 μm ,
- Opseg brzina: 1 – 500 mm/min i veći prema zahtevu kupca,
- Preciznost brzine veća od 0,1%,
- Brzina merenja 16 000 merenja/s, a nakon filtriranja dobija se do 1 000 očitavanja/s.

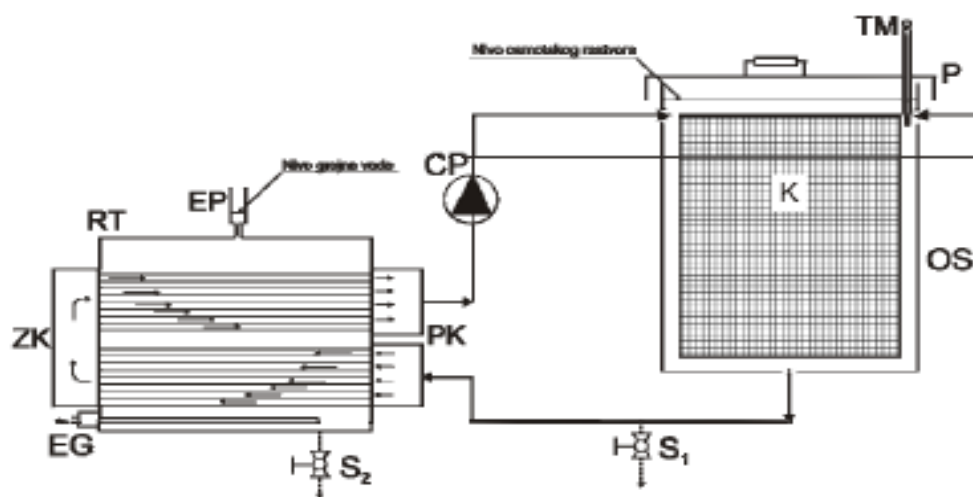
- Može da se opremi sa mernim ćelijama 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 i 2500 N
- Napajanje: 120/220 V; 60/50 Hz (prema izboru)
- Masa instrumenta: 18 kg.

U tabeli 1 je naveden pregled merne opreme korišćene prilikom izvođenja eksperimenta, naveden je naziv proizvođača i date su njegove osnovne karakteristike kao što je opseg merenja, rezolucija i tačnost instrumenta.

Tab. 1. Pregled merne opreme korišćene u toku eksperimenta

Merena veličina, oznaka u radu i jedinica	Naziv instrumenta, proizvođač, model	Opseg merenja, rezolucija, tačnost instrumenta
Prečnik celog ploda i uzoraka D ; D_{max} ; D_{min} ; D_{xmax} ; D_{xmin} ; H (mm)	Pomično merilo, TMA INOX, D-6-1, Nemačka	0-200 mm; 0,1 mm; $\pm 0,05$ mm
Masa celog korena, uzorka M_k ; m (g)	Analitička vaga, KERN 440-33N, Nemačka	0-200 g, 0,01g, $\pm 0,02$ g
Zapremina uzorka: V (cm ³)	Staklena menzura 200 ml i analitička vaga KERN 440-33N, Nemačka	0-200 g, 0,01g, $\pm 0,02$ g
Vlažnost uzorka ω_{vb} (% _{vb})	Laboratorijska sušnica Sterimatic ST-11 "Instrumentarija", Zagreb Analitička vaga KERN 440-33N, Nemačka Aluminijumske posudice 60x40 mm	0-200 g, 0,01g, $\pm 0,02$ g
Temperatura osmotskog rastvora t_r (°C)	Živin termometar; Tlos, HRK-4-1001, Zagreb	0-110°C, 1°C, $\pm 0,5$ °C
Mehaničke osobine A (mJ); F_{prod} (N); F/l (N/mm)	TMS PRO, Food Technology Corporation, Virginia, USA	± 2500 N, 0,015%
Boja L^* , a^* , b^* dE^*ab	Kolorimeter Konica Minolta CR-400	Y: 0,01% do 160,00% (refleksija)
Koncentracija osm. rastvora C_r (°Bx)	Digitalni refraktometar, "ATAGO" Japan; PAL- α	0-85°Bx, 0,1°Bx, $\pm 0,1$ °Bx
Merenje vremena τ (min)	Digitalni sat sa štopericom i alarmom, NOKIA 6300, Finska	0-60 min, 0,1 s, $\pm 0,1$ s

Osmotsko sušenje uzoraka korena mrkve u obliku cilindra izvedno je pomoću modelske eksperimentalne osmotske sušare (sl. 15), koja je projektovana i instalirana u Laboratoriji za biosistemske inženjerstvo Departmana za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu (Babić i sar, 2005). Sastoji se iz tri celine koje su međusobno spojene cevima sa priborima i jednog nezavisnog dela. Prvu celinu čini komora za sušenje, drugu cirkulaciona pumpa, treću razmenjivač toplotne energije. Ne nezavisni deo sušare je korpa u koju se postavljaju uzorci (Pavkov, 2012).



Sl. 15. Modelska eksperimentalna sušara za osmotsko sušenje (Babić i sar, 2005; Pavkov, 2012):

OS-komora za osmotsko sušenje; P-poklopac sa rukohvatom; DCP-cirkulaciona pumpa; RT-razmenjivač toplote; TM-živin termometar; K-korpa sa nosačima sa pregradama; S₁, S₂-slavine; EP-ekspanziona posuda; PK-prednja komora razmenjivača; ZK-zadnja komora razmenjivača; →smer strujanja osmotskog rastvora

Komora za osmotsko sušenje (OS) je izrađena je od nerđajućeg čeličnog lima debljine 0,5 mm, u obliku cilindričnog suda sa poklopcem. Na komoru su postavljena tri otvora, jedan na dnu i dva na gornjem delu. Slavina (S1) montirana je na donjoj U-cevi sa prorubnicama i služi za istakanje osmotskog rastvora iz sušare. Za kontrolu temperature rastvora korišćen je kontakti živin termometar (TM).

Cirkulaciona pumpa (CP) je montirana na cevnom T-komadu sa priborima. Sastoji se iz radnog kola u obliku elise (aksijalni tip), koje je montirano na izlazno vratilo elektromotora.

Razmenjivač toplote (RT) se sastoji iz kućišta, električnog grejača (EG), prednje (PK) i zadnje (ZK) komore i otvorene ekspanziona posude (EP). U metalnom kućištu, koje je ispunjeno vodom do određenog nivoa, postavljene su metalne cevi kružnog poprečnog preseka od nerđajućeg čelika. Na donjem delu kućišta montiran je električni grejač (EG) snage 1,20 kW.

Otvorena ekspanziona posuda (EP) montirana je na gornjem delu kućišta i služi za kompenzaciju promene zapremine grejane vode. Slavina (S_2) montirana je na najnižoj tački kućišta razmenjivača toplote i služi za ispuštanje grejne vode. Ukupna zapremina osmotske sušare iznosi $39\,000\text{ cm}^3$ osmotskog rastvora.

Korpa (K) je nezavistan deo u koji se postavljaju uzorci koji se suše. Sastoji se iz cilindričnog dela sa poklopcem i dva nosača sa pregradama. Korpa i nosači sa pregradama izrađeni su od nerđajućeg čeličnog lima debljine 0,5 mm sa perforacijama prečnika 4 mm.

4.2. Metod određivanja fizičkih osobina cilindara korena mrkve

Merenje dimenzija

Pomoću pomičnog kljunastog merila proizvođača TMA INOX, D-6-1, Nemačka, mernog opsega 0-200 mm, rezolucije 0,1 mm i tačnosti $\pm 0,05$ mm (sl. 8), izmeren je maksimalni i minimalni prečnik svežeg korena, kao i dimenzije cilindara korena i prečnika ksilema korena mrkve u svežem stanju, nakon predtretmana i nakon osmotskog sušenja. Merenje dimenzija pomoću pomičnog kljunastog merila navode *Babić Ljiljana, Babić M, (2000)*.

Merenje mase celog korena i uzoraka u obliku cilindara

Masa celog korena mrkve, kao i uzoraka u obliku cilindara merena je pomoću analitičke vage. Promena mase uzorka cilindra korena mrkve izračunata je prema jednačini (*Matussek and Merész, 2003*):

$$\Delta m = \frac{m_i}{m_{sv}}, \quad (-)$$

$$\Delta m_{os} = \frac{m_i}{m_{pt}}, \quad (-)$$

gde je: Δm – promena mase u odnosu na masu svežeg uzorka, (-); Δm_{os} – promena mase u toku osmotskog sušenja, (-); m_i – masa uzorka u pojedinim tačkama merenja (pre predtretmana, nakon predtretmana i masa u toku i nakon osmotskog sušenja), (g); m_{sv} – masa svežeg uzorka, (g); m_{pt} – masa uzorka pre osmotskog sušenja (nakon predtretmana), (g).

Merenje zapremine uzorka korena mrkve u obliku cilindra

Merenje zapremine uzorka korena mrkve u obliku cilindra izvedno je pomoću analitičke vage, staklene menzure i tanke metalne žice (sl. 10), potapanjem uzorka mrkve u destilovanu vodu (*Babić M, Babić Ljiljana, 2007*). Postupak merenja zapremine uzorka cilindara korena mrkve bio je sledeći: u staklenu posudu zapremine 200 ml nasuta je destilovana voda. Posuda sa

tečnošću je postavljena na analitičku vagu i izmerena je masa M_I . Nakon toga, u destilovanu vodu je u potpunosti uronjen cilindar korena mrkve koji je bio postavljen na tanku žicu i izmerena je masa M_{II} . Na bazi merenja razlike masa izračunata je zapremina pojedinačnih cilindara prema jednačini (Mohssenin 1980; Rahman 2009):

$$V_i = \frac{M_{II} - M_I}{\rho_{H_2O}}, \quad (\text{cm}^3)$$

gde je: V_i – zapremina cilindra korena mrkve u pojedinim tačkama merenja (cm^3); M_I i M_{II} – masa posude sa vodom i masa posude sa vodom i uronjenim uzorkom (g); ρ_{H_2O} – gustina destilovane vode (g/cm^3).

Promena zapremine izračunata je prema jednačini (Levicki and Jakubczik, 2004; Babic i sar, 2008):

$$\Delta V = \frac{V_i}{V_{sv}}, \quad (-)$$

$$\Delta V_{os} = \frac{V_i}{V_{pt}}, \quad (-)$$

gde je: ΔV – promena zapremine u odnosu na zapreminu svežeg uzorka, (-); ΔV_{os} – promena zapremine u toku osmotskog sušenja, (-); V_i – zapremina uzorka u pojedinim tačkama merenja (pre predtretmana, nakon predtretmana i zapremina u toku i nakon osmotskog sušenja), (cm^3); V_{sv} – zapremina svežeg uzorka, (cm^3); V_{pt} – zapremina uzorka pre osmotskog sušenja (nakon predtretmana), (cm^3).

Merenje vlažnosti uzorka korena mrkve u obliku cilindra

Za merenje vlažnosti uzoraka korena mrkve u pojedinim fazama ispitivanja korišćen je termogravimetrijski metod (Službeni list, 1983). Korišćena je laboratorijska sušnica Sterimatic ST-11 "Instrumentarija". Za određivanje vlažnosti na jednom mernom mestu korišćeno je po devet cilindara koji su usitnjeni pomoću skalpera i stavljeni na tri aluminijumske posudice. Masa usitnjenog uzorka je bila oko 20 g. Pripremljeni uzorci su postavljeni u laboratorijsku sušnicu prethodno zagrejanu na 80°C . Nakon 20 h sušenja izvađeni su uzorci i merena je masa posudica sa uzorcima, pa su posudice ponovo vraćene na sušenje. Nakon 2 sata postupak je ponovljen. Ako je razlika u izmerenim masama između dva merenja bila manja od 0,02 g sušenje je prekidano (Pavkov, 2012). Vlažnost korena mrkve je izražena u odnosu na vlažnu osnovu (bazu) i izračunata je prema jednačini:

$$\omega = \frac{m_{pi} - m_p}{m_{psv} - m_p}, \quad (\%_{\text{wb}})$$

gde je: ω – vlažnost korena mrkve u odnosu na vlažnu bazu (%_{wb}); m_{pi} – masa posude i uzorka u pojedinim tačkama merenja (pre predtretmana, nakon predtretmana i masa posude i uzorka u toku i nakon osmotskog sušenja), (g); m_{psv} – masa posude i svežeg uzorka, (g); m_p – masa posude, (g).

Promena vlažnosti je izračunata prema jednačinama (Uddin et al, 2004; Singh et al, 2008):

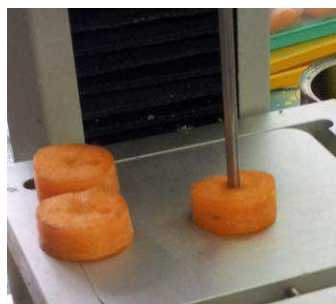
$$\Delta\omega = \frac{\omega_i}{\omega_{sv}}, \quad (-)$$

$$\Delta\omega_{os} = \frac{\omega_i}{\omega_{pt}}, \quad (-)$$

gde je: $\Delta\omega$ – promena vlažnosti u odnosu na vlažnost svežeg uzorka, (-); $\Delta\omega_{os}$ – promena vlažnosti u toku osmotskog sušenja, (-); ω_i – vlažnost uzorka u pojedinim tačkama merenja (pre predtretmana, nakon predtretmana i vlažnost u toku i nakon osmotskog sušenja), (%_{wb}); ω_{sv} – vlažnost svežeg uzorka, (%_{wb}); ω_{pt} – vlažnost uzorka pre osmotskog sušenja (nakon predtretmana), (%_{wb}).

Merenje mehaničkih osobina uzorka korena mrkve u obliku cilindra

Mehaničke osobine merene su pomoću analitatora texture TMS-PRO koji je bio opremljen sa ćelijom za merenje opterećenja do 500 N (Bajkin et al, 2011). Za potrebe istraživanja navedenih u ovom master radu, korišten je probojac prečnika 4 mm za izvođenje testa prodiranja (sl. 16). U toku eksperimentalnih istraživanja korišćena je ćelija koja može da meri opterećenje do 500 N. Podešena brzina kretanja probojca bila je 30 mm/min, a dužina pređenog puta u toku prodiranja je podešena na 5 mm. Pomoću softverskog paketa "Teksture Lab Pro" izračunate su vrednosti površine ispod krive prodiranja koje predstavljaju mehanički rad A (mJ), određena je sila u tački prodiranja F_{prod} (N) i nagib krive do tačke prodiranja F/l (N/mm) (Bourne, 2002; Alvo, et al 2004).



Sl. 16. Test prodiranja na mestu floema na svežem i osmotski sušenom uzorku korena mrkve

Za svako merno mesto predviđeno eksperimentom izvedeno je po 18 merenja, 9 na perifernom delu korena (floem) i 9 na centralnom delu cilindra korena mrkve (ksilem). Između merenja na perifernom i centralnom delu cilindra korena mrkve nisu utvrđene statistički značajne razlike u izmerenim mehaničkim osobinama i iz tog razloga nisu posebno analizirane.

Promena mehaničkih osobina je izračunata prema jednačinama:

$$\Delta A = \frac{A_i}{A_{sv}}, \quad \Delta F_{prod} = \frac{F_{prod_i}}{F_{prod_{sv}}}, \quad \Delta F/l = \frac{F/l_i}{F/l_{sv}} \quad (-)$$

$$\Delta A_{os} = \frac{A_i}{A_{pt}}, \quad \Delta F_{prod_{os}} = \frac{F_{prod_i}}{F_{prod_{pt}}}, \quad \Delta F/l_{os} = \frac{F/l_i}{F/l_{pt}} \quad (-)$$

gde je: ΔA , ΔF_{prod} i $\Delta F/l$ – promena mehaničkog rada, sile prodiranja i nagiba krive prodiranja u odnosu na vrednosti izmerene za svež uzorak, (-); ΔA_{os} , $\Delta F_{prod_{os}}$, $\Delta F/l_{os}$, – promena mehaničkog rada, sile prodiranja i nagiba krive prodiranja u toku osmotskog sušenja, (-); A_i , F_{prod_i} i F/l_i – mehanički rad, sila prodiranja i nagib krive prodiranja izmerene u pojedinim tačkama merenja (pre predtretmana, nakon predtretmana i u toku i nakon osmotskog sušenja), (mJ), (N) i (N/mm); A_{sv} , F_{sv} i F/l_{sv} – mehanički rad, sila prodiranja i nagib krive prodiranja svežeg uzorka, (mJ), (N) i (N/mm); A_{pt} , F_{pt} i F/l_{pt} – mehanički rad, sila prodiranja i nagib krive prodiranja pre osmotskog sušenja (nakon predtretmana), (mJ), (N) i (N/mm).

Merenje boje uzorka korena mrkve u obliku cilindra

Merenje boje uzoraka mrkve izvedeno je trofilterskim kolorimetrom Konica Minolta CR-400 (sl. 12). Korišćeni instrument pruža mogućnost iskazivanja kvantitativnih parametara boje u različitim sistemima (*Radojčin et al, 2010; Alvarez-Fernandez, 2003*). Odabran je CIE $L^*a^*b^*$ sistem boja, baziran na trifilterskom metodu. Za definisanje promene boje uzoraka mereni su parametri L^* , a^* , b^* i ukupna promena boje ΔE^*ab . Ova vrednost definiše ukupnu promenu boje, ali ne i vrednosti promena pojedinih boja. Vrednost ΔE^*ab često se prikazuje kao indeks posmeđivanja i upotrebljava se za upoređivanje boje voća tokom sušenja (*Rodrigues, 2002*).

4.3. Metod pripreme eksperimenta

Postupak primene predtretmana

Na sveže pripremljene uzorke korena mrkve u obliku cilindara primenjeni su predtretmani jabučnom kiselinom ili blanširanjem. Iz prodavnice je kupljena 4% jabučna kiselina (3 litra) u koju je potopljeno 100 uzoraka korena mrkve u obliku cilindra visine 10 mm (sl. 17).

Nakon 20 minuta uzorci korena su izvađeni iz kiseline, oprani i obrisani sa papirnom maramicom, nakon čega se pristupilo osmotskom sušenju.

Postupak blanširanja je izveden u metalnom sudu zapremine 10 litara (sl. 18), koji je napunjen do polovine sa vodom i pomoću električnih grejača zagrejan na temperaturu od 90°C. Temperatura vode je kontrolisana kontaktnim živinim termometrom (tab. 1). U zagrejanu vodu stavljeno je 100 uzoraka mrkve u obliku cilindra. Nakon 3 minuta blanširanja uzorci mrkve su izručeni iz posude zajedno sa vodom i ohlađeni pod mlazom hladne vode. Nakon brisanja sa papirnom maramicom uzorci su bili spremni za osmotsko sušenje. Temperatura i vremenski interval blanširanja su u skladu sa preporukama koje navodi Cano (1996), pri temperatura blanširanja treba da se kreće u granicama 75 do 95°C u vremenskom intervalu 1 do 10 minuta.



Sl. 17. Tretiranje cilindra korena mrkve sa jabučnom kiselinom

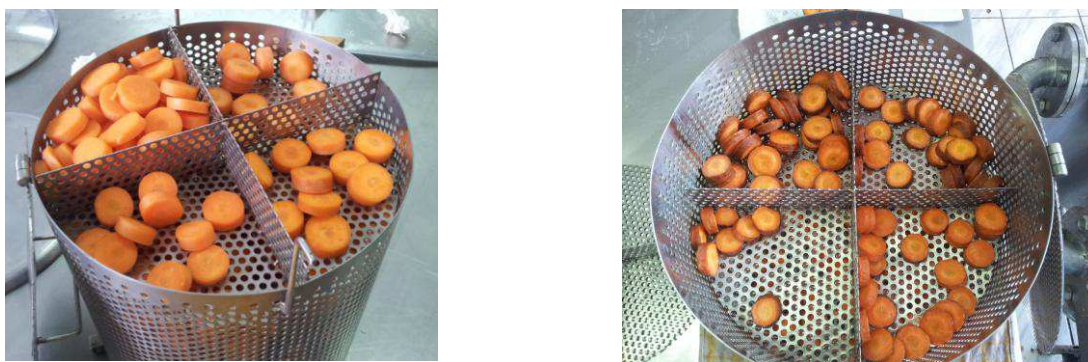


Sl. 18. Blanširanje cilindra korena mrkve

Postupak pripreme osmotskog sušenja

Priprema osmotskog rastvora se sastojala u pripremi svežeg i korigovanju prethodno pripremljenog i korišćenog rastvora. Svež rastvor je pripremljen rastvaranjem saharoze u destilovanoj vodi. Za koncentraciju osmotskog rastvora od 50°Bx na 1 kg destilovane vode rastvoren je 1 kg kristal šećera, a za koncentraciju 65°Bx na 1 kg vode rastvoreno je 1,857 kg kristal šećera. Kontrola koncentracije osmotskog rastvora izvedena je digitalnim refraktometrom (tab. 1). U posude za rastvaranje sipana je izmerena masa kristal šećera i vode, i rastvor je zagrevan pomoću električnog grejača. Nakon zagrevanja i otapanja, rastvor je sipan u osmotsku sušaru (Pavkov, 2012). Pripremljeno je 39 litara osmotskog rastvora. Finalno zagrevanje osmotskog rastvora izvedeno je pomoću električnih grejača montiranih unutar razmenjivača toplote. Kontrola temperature je izvođena permanentno pomoću kontaktnog živinog termometra (tab. 1). Vreme trajanja osmotskog sušenja mereno je štopericom.

U osmotsku sušaru je stavljeno tri puta (tri predtretmana) po 10 uzoraka cilindara korena mrkve (3 x 750 g mrkve). Na gornje pregrade je postavljeno tri puta po 10 uzoraka preko kojih su merene promene mase, zapremine i boje u zavisnosti od primenjenog predtretmana (sl. 19). Prilikom merenja promene mehaničkih osobina i vlažnosti korena mrkve, dolazi do degradacije i potpunog uništavanja uzoraka, koji su uzimani iz donjih pregrada. Za svako merenje mehaničkih osobina i vlažnosti uzeto je tri puta po 9 uzoraka (3 x 68 g). Osmotsko sušenje je trajalo 180 minuta, i prekidano je svakih 20 minuta da bi se uzeli uzorci za određivanje promene ispitivanih fizičkih osobina mrkve u toku osmotskog sušenja.



Sl. 19. Korpa sa pregradama u kojoj je izvedeno osmotsko sušenje cilindara korena mrkve

4.2. Metod postavljanja eksperimenta i statistička obrada izmerenih podataka

U toku eksperimenta merene su dimenzije i masa celog korena mrkve. Fizičke osobine osobine su određene na uzorcima korena mrkve u obliku cilindara visine 10 mm. Merene su sledeće fizičke osobine: masa, zapremina, vlažnost, mehaničke osobine i boja. Dužina trajanja osmotskog sušenja je iznosila 180 minuta, dok je merenje fizičkih osobina korena mrkve izvedeno na svakih 20 minuta. Za merenje mase, zapremine i boje korišćeno je po 10 uzoraka za svaki predtretman. Za merenje mehaničkih osobina korišćeno je po 9 cilindara korena mrkve, pri čemu su na svakom cilindru izvedena 2 merenja. Nakon merenja mehaničkih osobina uzorci su konvektivno sušeni, i na taj način je određena vlažnost uzorka.

Eksperiment je postavljen kao trofaktorijalni po split-split plot sistemu (Hadživuković, 1991). Prvi ispitivani faktor je bilo "osmotsko sušenje". Merene su vrednosti pre i nakon osmotskog sušenja. Drugi ispitivani faktor je bio "predtretman". U okviru ovog tretmana uzorci korena mrkve su podeljeni na tri celine: bez tretiranja (kontrola), tretiranje jabučnom kiselinom i blanširanje. Treći faktor variran u toku ispitivanja je bio "režim osmotskog sušenja". Osmotsko

sušenje je izvedeno u dva režima: režim I (temperatura 40°C, koncentracija 50°Bx) i režim II (temperatura 60°C, koncentracija 65°Bx) (*Pavkov, 2012*).

Postojanje statistički značajnih razlika za merene fizičkih osobina korena mrkve pre i nakon osmotskog sušenja u zavisnosti od predtretmana kao i režima osmotskog sušenja utvrđene su u pomoću F-testa analize varijanse. Postojanje statistički značajnih razlika između pojedinih tretmana utvrđeno je pomoću Duncanovog testa. Testiranja su izvedena na pragu značajnosti od 5%. Za statističku obradu podataka je korišćen softverski paket Statistica 12.

Pomoću nelinearne kvadratne i linearne regresije utvrđene su zavisnosti promene ispitivanih fizičkih osobina u toku osmotskog sušenja. Usaglašenost jednačina dobijenih nelinearnom i linearnom regresijom sa izmerenim podacima, ocenjena je preko koeficijenta determinacije R^2 . Jednačine nelinearne i linearne regresije, kao i odgovarajući koeficijenti determinacije, određeni su pomoću softverskog paketa Excel 2007.

Dobijeni rezultati eksperimentalnog istraživanja fizičkih osobina korena mrkve su prikazani tabelarno i gafički.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Za potrebe ispitivanja fizičkih osobina zadebljalog korena mrkve, korišćen je hibrid "bolero" čije su dimenzije i masa celog korena navedeni u tabeli 1. Na početku ispitivanja, vlažnost svežeg korena mrkve iznosila je 89,57% u odnosu na vlažnu osnovu. Za potrebe određivanja osnovnih dimenzija i mase celog korena mrkve analizirano je deset standardnih, ujednačenih korenova.

Tab. 2. Osnovne dimenzije i masa celog korena mrkve

Parametar	Dužina korena L_k (mm)	Masa korena M_k (g)	Maksimalni prečnik korena D_{max} (mm)	Minimalni prečnik korena D_{min} (mm)	Maksimalni prečnik ksilema D_{xmax} (mm)	Minimalni prečnik ksilema D_{xmin} (mm)
Srednja vrednost	209,9	149,5	33,9	23,8	15,8	8,6
Standardna greška	22,14	22,14	2,74	2,01	1,51	0,79
Koeficient varijacije	14,80	14,8	8,07	8,44	9,61	9,13

Srednje vrednosti osnovnih dimenzija ispitivanog celog zadebljalog korena mrkve u svežem stanju su iznosile: dužina korena (L_k) 209,9 mm, masa korena (M_k) 149,5 g, maksimalni prečnik korena (D_{max}) 33,9 mm i minimalni prečnik korena (D_{min}) 23,8 mm. Struktura korena je određena merenjem prečnika ksilema na mestu maksimalnog prečnika korena (D_{xmax}) 15,8 mm i minimalnog prečnika korena (D_{xmin}) 8,6 mm. Najviša vrednost koeficijenta varijacije je izmerena za dužinu i za masu korena mrkve 14,80%, a najniža vrednost koeficijenta varijacije je izmerena za maksimalni prečnik korena mrkve 8,07% (tab. 1). Na osnovu izmerenih vrednosti osnovnih fizičkih osobina, konstatovano je da je istraživanje izvedeno na ujednačenim korenovima mrkve.

Osmotsko sušenje mrkve u rastvoru saharoze pri koncentracijama rastvora od 50 i 65°Bx i temperaturama rastvora 40 i 60°C u vremenskom intervalu od 180 minuta izazvalo je značajne promene fizičkih osobina mrkve. Te promene su praćene merenjem vrednosti fizičkih osobina u

odnosu na početnu vrednost (0 minuta) koja predstavlja svežu mrkvu (bez predtretmana), kao i u odnosu na uzorke mrkve nakon predtretmana jabučnom kiselinom ili blanširanjem.

5.1. Promena mase u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja

Pomoću F testa analize varijanse, utvrđena je promena mase uzoraka korena mrkve usled dejstva predtretmana, usled osmotskog sušenja, kao i u zavisnosti od temperature i koncentracije rastvora kojim je izvedeno osmotsko sušenje (tab. 3).

Posmatranjem dejstva predtretmana, do statistički značajnih promena u masi ispitivanog uzorka korena mrkve došlo je samo prilikom blanširanja, pri čemu je utvrđena statistički značajna promena mase u odnosu na svež uzorak za 0,92 (tab. 3), tj. masa uzorka je bila za 8% niža nakon blanširanja. Prilikom tretiranja jabučnom kiselinom nije došlo do promene mase korena mrkve (1,00), što je identično rezultatu za netretiran uzorak. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje, za netretiran koren mrkve, kao i za koren mrkve tretiran jabučnom kiselinom izmerene su iste srednje vrednosti promene mase (0,51) i statistički značajno više srednje vrednosti kada je primenjen predtretman blanširanjem (0,59).

Blanširanjem za koren celera, *Ponjičan et al, (2013)* su takođe utvrdili da je došlo do smanjenja mase u odnosu na početnu vrednost bilo je za 1,77%. Nakon osmotskog sušenja izmerene su niže vrednosti mase uzoraka korena celera 53,30% (jabučna kiselina) i 46,22% (blanširano).

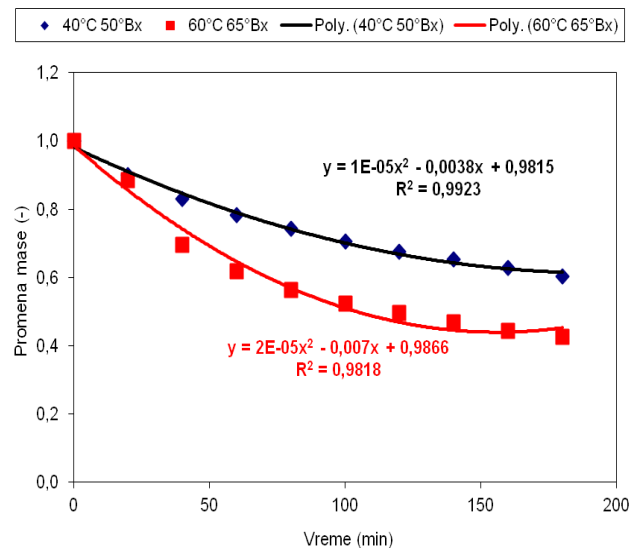
Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, utvrđene su statistički značajne razlike u zavisnosti od predtretmana, kao i u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Srednja vrednost promene mase pre osmotskog sušenja iznosila je 0,97, a nakon osmotskog sušenja 0,54.

Statistički značajne promene mase korena utvrđene su između režima sušenja (tab. 3). Za I režim osmotskog sušenja (40°C i 50°Bx) utvrđene su vrednosti promene mase za netretiran uzorak 0,60, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,61 i za blanširan uzorak 0,69. Za II režim osmotskog sušenja (60°C i 65°Bx) su utvrđene su statistički značajno niže vrednosti promene mase, čije vrednosti iznose 0,43 za netretiran uzorak, 0,41 za uzorak tretiran jabučnom kiselinom i 0,48 za blanširani uzorak.

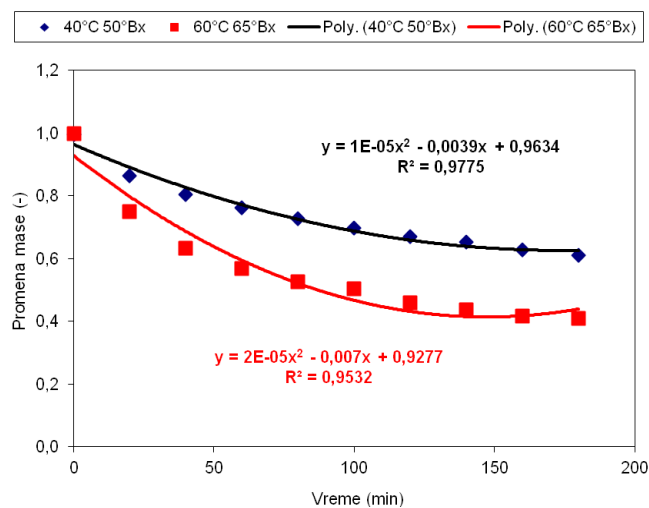
Tab. 3. Promena mase uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim osmotskog sušenja	Promene mase Δm (-)				
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	1,00 a	1,00 a	0,97 A		
		60°C, 65°Bx	1,00 a				
	Tretiranja	40°C, 50°Bx	1,00 a	1,00 a			
		60°C, 65°Bx	1,00 a				
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	0,92 b	0,92 b			
		60°C, 65°Bx	0,93 b				
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	0,60 d		0,51 d	0,54 B
			60°C, 65°Bx	0,43 f			
Tretiranja		40°C, 50°Bx	0,61 d	0,51 d			
		60°C, 65°Bx	0,41 f				
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	0,69 c	0,59 c			
		60°C, 65°Bx	0,48 e				

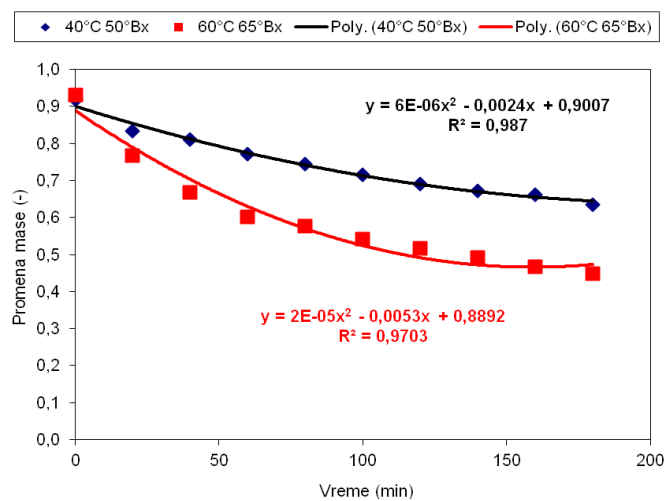
Promena mase u toku osmotskog sušenja prikazana je preko dijagrama (sl. 20). Pomoću nelinearne kvadratne regresije izračunate su vrednosti jednačina koje sa visokim koeficijentom determinacije ($R^2 = 0,98-0,99$) opisuju tok osmotskog sušenja u toku vremenskog intervala od 180 min. Promena vrednosti temperature i koncentracije rastvora imala je uticaj na promenu vrednosti mase ispitivanih uzoraka mrkve. Mrkva koja je tretirana u koncentraciji rastvora saharoze od 65°Bx i temperaturi 60°C imala je brži pad vrednosti mase u toku vremena sušenja u odnosu na mrkvu koja je sušena pri koncentraciji rastvora od 50°Bx i temperaturi 40°C (sl. 16). *Matussek and Merész (2003)* takođe su ustanovili da više vrednosti koncentracije rastvora i temperature imaju veći efekat na smanjenje vrednosti mase osmotski sušene mrkve.



a) Bez predtretmana



b) Predtretman jabučnom kiselinom



c) Predtretman blanširanjem

Sl. 20. Promena mase mrkve tokom osmotskog sušenja

5.2. Promena zapremine u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja

Pomoću analize varijanse, utvrđena je promena zapremine uzoraka korena mrkve usled dejstva predtretmana, usled osmotskog sušenja, kao i u zavisnosti od temperature i koncentracije rastvora kojim je izvedeno osmotsko sušenje (tab. 4).

Posmatranjem dejstva predtretmana, statistički značajne promene u zapremini ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđene su samo prilikom blanširanja, pri čemu je izmerena statistički značajna promena zapremine u odnosu na svež uzorak za 0,92 (tab. 4). Prilikom tretiranja jabučnom kiselinom nije došlo do promene zapremine korena mrkve (1,00), što je identično rezultatu za netretirani uzorak. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje srednja vrednost promene zapremine korena mrkve usled primenjenog predtretmana bila je 0,45 (bez predtretmana i tretirano sa jabučnom kiselinom) i 0,48 (blanširano). Između navedenih srednjih vrednosti promene zapremine nakon osmotskog sušenja usled primene predtretmana nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Nakon osmotskog sušenja korena celera izmerene su niže vrednosti zapremine kocki korena celera za 63,81% (jabučna kiselina) i 58,61% (blanširano) u odnosu na netretiran uzorak (Ponjičan *et al*, 2013).

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu zapremine korena mrkve. Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene zapremine za netretirani uzorak 0,55, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,55 i za blanširan uzorak 0,57. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene zapremine za netretirani uzorak 0,35, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,36 i za blanširan uzorak 0,38.

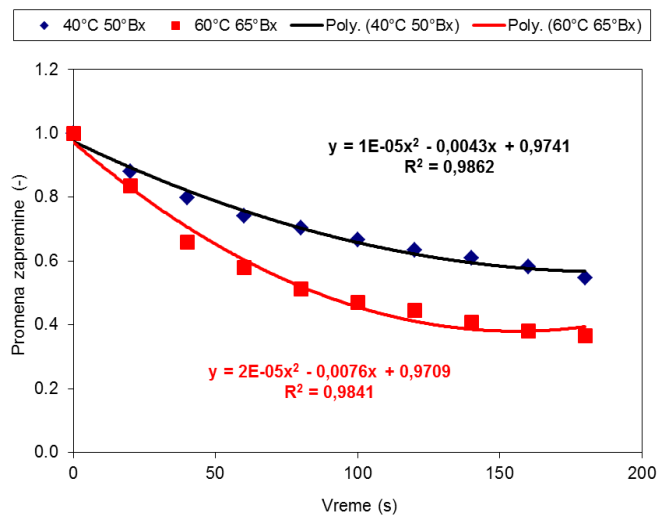
Srednja vrednost promene zapremine pre osmotskog sušenja iznosila je 0,97, a nakon osmotskog sušenja 0,46 (tab. 4).

Prilikom osmotskog sušenja kruške Pavkov, (2012) je utvrdio da je najveća promena zapremine od 24,10% zabeležena za režim sušenja sa najvišom temperaturom i koncentracijom rastvora (režim osmotskog sušenja 60°C i 65°Bx). Isti autor navodi da je takođe najveća promena zapremine zabeležena kod polutki kajsija koje su sušene na najvišim temperaturama i koncentracijama osmotskog rastvora.

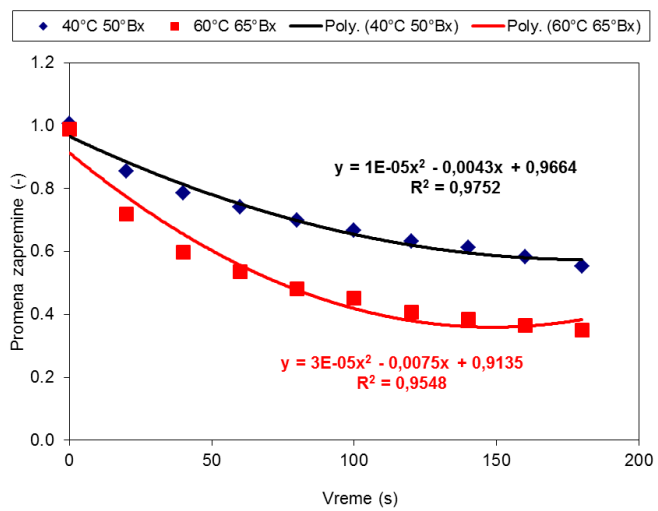
Tab. 4. Promena zapremine uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim osmotskog sušenja	Promene mase ΔV (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	1,00 a	1,00 a	
		60°C, 65°Bx	1,00 a		
	Tretiranja	40°C, 50°Bx	1,01 a	1,00 a	0,97 A
		60°C, 65°Bx	0,99 a		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	0,92 b	0,92 b	
		60°C, 65°Bx	0,92 b		
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	0,55 d	0,45 c
			60°C, 65°Bx	0,36 ef	
Tretiranja		40°C, 50°Bx	0,55 d	0,45 c	0,46 B
		60°C, 65°Bx	0,35 g		
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	0,57 c	0,48 c	
		60°C, 65°Bx	0,38 e		

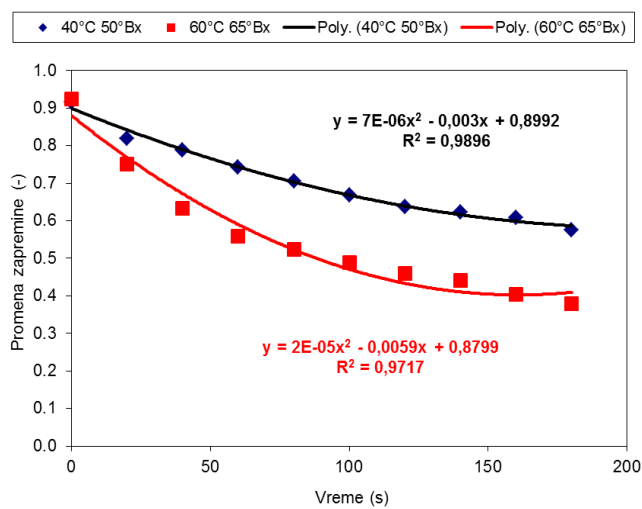
Promena zapremine u toku osmotskog sušenja je prikazana preko dijagrama (sl. 21). Pomoću nelinearne kvadratne regresije izračunate su jednačine koje sa visokim koeficijentom determinacije ($R^2 = 0,95-0,99$). Promena vrednosti temperature i koncentracije rastvora imala je uticaj na promenu vrednosti zapremine ispitivanih uzoraka mrkve. Mrkva koja je tretirana u koncentraciji rastvora saharoze od 65°Bx i temperaturi 60°C imala je brži pad vrednosti zapremine u toku vremena sušenja u odnosu na mrkvu koja je sušena pri koncentraciji rastvora od 50°Bx i temperaturi 40°C (sl. 18). Singh et al, (2006), su takođe ustanovili da niža koncentracija rastvora dovodi do promena u zapremini osmotski sušene mrkve.



a) Bez predtretmana



b) Predtretman jabučnom kiselinom



c) Predtretman blanširanjem

Sl. 21. Promena zapremine mrkve tokom osmotskog sušenja

5.3. Promena vlažnosti u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja

Analizom uticaja predtretmana, prilikom tretiranja jabučnom kiselinom i prilikom blanširanja nije došlo do promene vrednosti vlažnosti ispitivanog korena mrkve u odnosu na svežu mrkvu. Izmerene vrednosti vlažnosti primenjenih predtretmana su bile identične rezultatu za netretiran uzorak (1,00). Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje srednja vrednost promene vlažnosti za netretiran uzorak je iznosila 0,66, za uzorak mrkve tretiran jabučnom kiselinom je iznosila 0,63 i za blanširan uzorak je iznosila 0,65. Između navedenih srednjih vrednosti promene vlažnosti nakon osmotskog sušenja usled primene predtretmana nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Vlažnost uzorka korena celera (*Ponjičan et al, 2013*) nakon primene predtretmana sa jabučnom kiselinom je iznosila 90,48% , a nakon predtretmana blanširanjem izmerena je viša vrednost vlažnosti i iznosila je 91,32%. Nakon osmotskog sušenja vrednost vlažnosti je iznosila 50,88% (jabučna kiselina) i 51,20% (blanširano).

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu vlažnosti korena mrkve. Statistički značajne promene vlažnosti korena utvrđene su između režima sušenja. Primenjeni predtretman u okviru istog režima sušenja je bio statistički značajan. Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene vlažnosti za netretiran uzorak 0,77, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,72 i za blanširan uzorak 0,74. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene vlažnosti za netretiran uzorak 0,55, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,53 i za blanširani uzorak 0,56.

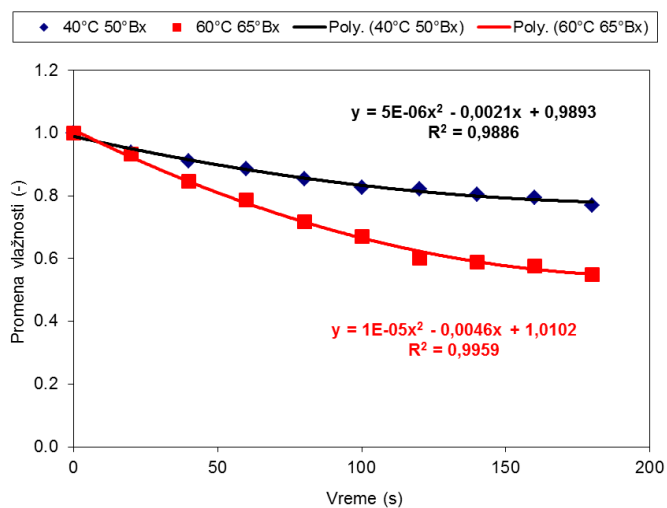
Kod osmotskog sušenja mrkve, najveća promena vlažnosti je zabeležena za režim osmotskog sušenja sa najvišom temperaturom i najvišom koncentracijom osmotskog rastvora (60°C i 65°Bx), (*Pavkov, 2012*).

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, utvrđene su statistički značajne razlike u zavisnosti od predtretmana, kao i u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Srednja vrednost promene vlažnosti pre osmotskog sušenja iznosila je 1,00, a nakon osmotskog sušenja 0,65.

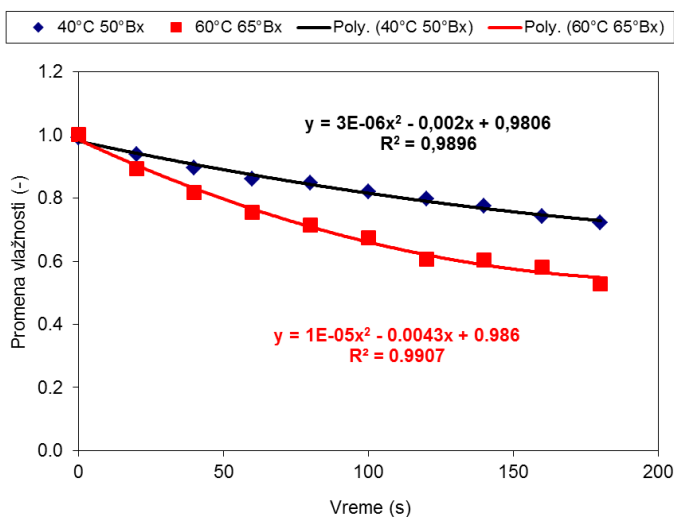
Tab. 5. Promena vlažnosti uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim omotskog sušenja	Promene vlažnosti $\Delta\omega$ (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	1,00 ab	1,00 a	1,00 A
		60°C, 65°Bx	1,00 ab		
	Tretiranja	40°C, 50°Bx	1,00 ab	1,00 a	
		60°C, 65°Bx	0,99 ab		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	1,00 ab	1,00 a	
		60°C, 65°Bx	0,99 ab		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	1,00 ab	1,00 a	
		60°C, 65°Bx	1,01 a		
Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	0,77 c	0,66 b	0,65 B
		60°C, 65°Bx	0,55 g		
	Tretiranja	40°C, 50°Bx	0,72 e	0,63 b	
		60°C, 65°Bx	0,53 h		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	0,72 e	0,63 b	
		60°C, 65°Bx	0,53 h		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	0,74 c	0,65 b	
		60°C, 65°Bx	0,56 e		

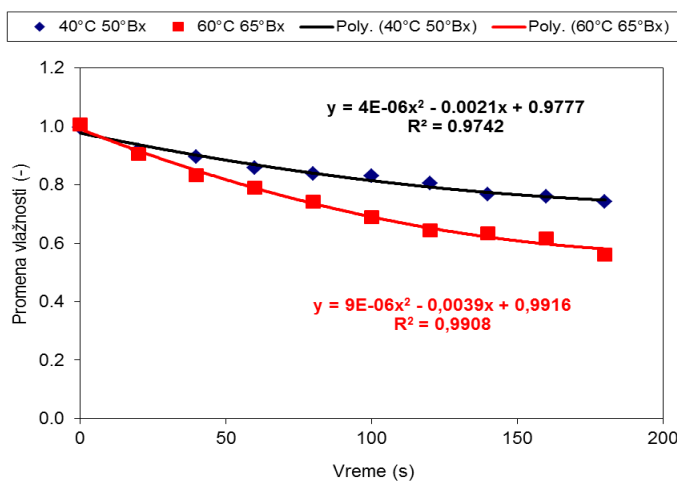
Promena vlažnosti u toku osmotskog sušenja prikazana je preko dijagrama (sl. 20). Pomoću nelinearne kvadratne regresije izračunate su jednačine koje sa visokim koeficijentom determinacije ($R^2 = 0,97-1,00$) opisuju tok osmotskog sušenja u toku vremenskog intervala od 180 min. Promena vrednosti temperature i koncentracije rastvora imala je uticaj na promenu vrednosti vlažnosti ispitivanih uzoraka korena mrkve. Koren mrkve koji je tretiran u koncentraciji rastvora saharoze od 65°Bx i temperaturi 60°C imao je brži pad promene vlažnosti u toku osmotskog sušenja u odnosu na koren mrkve koji je sušen pri koncentraciji rastvora od 50°Bx i temperaturi 40°C. *Singh et al, (2008)* takođe su ustanovili da više vrednosti temperature rastvora saharoze imaju veći efekat na uklanjanje vlage iz proizvoda što je u potpunosti ekvivalentno dobijenim rezultatima.



a) Bez predtretmana



b) Predtretman jabučnom kiselinom



c) Predtretman blanširanjem

Sl. 22. Promena vlažnosti mrkve tokom osmotskog sušenja

5.4. Promena boje u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja

Promena boje u zavisnosti od primenjenog predtretmana pre i nakon osmotskog sušenja, kao i režima osmotskog sušenja praćena je merenjem parametara boje: sjajnost (L^*), parametara boje (a^*) i (b^*), kao i ukupne promene boje (dE^*ab).

Sjajnost (L^*)

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 6), statistički značajne promene za sjajnost (L^*) ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđene su samo prilikom blanširanja, pri čemu je utvrđena statistički značajna promena u odnosu na netretiran uzorak i uzorak tretiran jabučnom kiselinom. Srednja vrednost sjajnosti (L^*) za blanširane uzorake je iznosila 50,59, za uzorak korena tretiran jabučnom kiselinom srednja vrednost je iznosila 54,64, a za netretiran uzorak korena je iznosila 55,12. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje, statistički značajna promena srednje vrednosti za sjajnost (L^*) je utvrđena kod blanširanih uzoraka u odnosu na netretirane uzorke i uzorke tretirane jabučnom kiselinom. Srednja vrednost za sjajnost (L^*) za blanširane uzorake je iznosila 49,03 za netretiran koren mrkve srednja vrednost je iznosila 52,47 i za koren mrkve tretiran jabučnom kiselinom srednja vrednost je iznosila 51,82.

Tretiranje uzoraka celera blanširanjem (*Letans Karolina and Witrowa-Rajchert, 2009*) doveo je do male promene sjajnosti uzorka (L^*) celera pri temperaturi 95°C u vremenskom intervalu od 3 minute. *Radojčin et al, (2010)* navodi da je postojao mali pad vrednosti sjajnosti (L^*) prilikom osmotskog sušenja dunje.

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu sjajnosti (L^*) korena mrkve na uzorke tretirane jabučnom kiselinom i blanširane uzorke mrkve. Za uzorak mrkve koji nije prethodno tretiran, promena temperature i koncentracije rastvora kojim je izvedeno osmotsko sušenje nije utvrđen statistički značajna promena za sjajnost (L^*). Unutar jednog režima osmotskog sušenja utvrđen je statistički značajan uticaj predtretmana. Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti za sjajnost (L^*) za netretiran uzorak 53,43, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 49,84 i za blanširani uzorak korena 47,38. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti za sjajnost (L^*) za netretiran uzorak, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 53,81 i za blanširani uzorak 50,68.

Radojčin et al, (2010) su utvrdili da nakon osmotskog sušenja dunje nije došlo do statistički značajne promene sjajnosti (L^*) između režima osmotskog sušenja 40°C i 50°Bx i 60°C i 65°Bx .

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, utvrđene su statistički značajne razlike u zavisnosti od predtretmana, kao i u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Srednja vrednost

promene sjajnosti (L^*) pre osmotskog sušenja iznosila je 53,45, a nakon osmotskog sušenja 51,11.

Tab. 6. Promena sjajnosti (L^*) uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim omotskog sušenja	Sjajnost L^* (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	55,97 a	55,12 a	
		60°C, 65°Bx	54,28 ab		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	54,94 ab	54,64 ab	
		60°C, 65°Bx	54,34 ab		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	50,94 def	50,59 ef	
		60°C, 65°Bx	50,24 f		
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	53,43 abcd	52,47 cd
			60°C, 65°Bx	51,51 cdef	
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	49,84 f	51,82 de	
		60°C, 65°Bx	53,81 abc		
Blanširano		40°C, 50°Bx	47,38 g	49,03 f	
		60°C, 65°Bx	50,68 ef		

Parametar boje (a^*)

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 7), statistički značajne promene parametra boje (a^*) ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđeno je samo prilikom blanširanja, pri čemu je utvrđena statistički značajna promena u odnosu na netretiran uzorak i uzorak tretiran jabučnom kiselinom. Srednja vrednost parametra boje (a^*) za blanširane uzorake je iznosila 12,79, za uzorak korena tretiran jabučnom kiselinom 16,81, a za netretiran uzorak korena je iznosila 19,07. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje, za netretiran uzorak korena srednja vrednost parametra boje (a^*) je iznosila 17,16, a za blanširan uzorak korena srednja vrednost je iznosila 15,94 i statistički značajno niža srednja vrednost za uzorak tretiran jabučnom kiselinom je iznosila 14,44.

Ponjičan *et al.*, (2013) navodi da su postojale statistički značajne razlike parametra boje (a^*) za blanširane uzorke korena celera (90°C i 3 minuta). Nakon osmotskog sušenja utvrđene su statistički značajne razlike u promeni vrednosti parametra boje (a^*) kod uzoraka tretiranih sa

jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka. Slične rezultate za blanširanje (95°C i 3 minuta) korena celera su izmerili *Letans Karolina and Witrowa-Rajchert*, (2009) u promeni vrednosti parametra boje (a^*). Vrednost parametra boje (a^*) se povećala u odnosu na svež uzorak korena celera.

Tab. 7. Promena parametra boje (a^*) uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim omotskog sušenja	Parametar boje a^* (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	18,98 ab	19,07 a	
		60°C, 65°Bx	19,17 ab		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	16,01 bcde	16,81 abc	16,22 A
		60°C, 65°Bx	17,62 abc		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	11,58 f	12,79 d	
		60°C, 65°Bx	13,99 cdef		
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	18,77 ab	17,16 ab
			60°C, 65°Bx	15,56 bcde	
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	12,42 ef	14,44 cd	15,85 A
		60°C, 65°Bx	16,46 abcd		
Blanširano		40°C, 50°Bx	13,31 def	15,94 bc	
		60°C, 65°Bx	18,56 ab		

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu parametra boje (a^*) korena mrkve. Statistički značajne promene parametra boje (a^*) korena utvrđene su između režima sušenja kod uzoraka mrkve tretirane jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka (tab. 7). Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene parametra boje (a^*) za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 12,42, za blanširan uzorak korena 13,31 i za netretiran uzorak korena mrkve 18,77. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene parametra boje (a^*) za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 16,46, za blanširan uzorak 18,56 i za netretiran uzorak korena mrkve 15,56.

Radojčin et al, (2010) navodi da su postojale statistički značajne razlike vrednosti parametra boje (a^*) između režima 40°C, 50°Bx i 60°C, 65°Bx osmotskog sušenja dunje.

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, nisu utvrđene statistički značajne razlike u zavisnosti od predtretmana, kao i u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Srednja vrednost promene parametra boje (a^*) pre osmotskog sušenja iznosila je 16,22, a nakon osmotskog sušenja 15,85 (tab. 7).

Parametar boje (b^*)

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 8), statistički značajne promene parametra boje (b^*) ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđene su kod uzoraka tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka u odnosu na netretiran uzorak korena. Srednja vrednost parametra boje (b^*) za netretiran uzorak je iznosila 42,15, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom je iznosila 38,59 i za blanširan uzorak je iznosila 34,37. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom srednja vrednost parametra boje (b^*) je iznosila 37,95, a za blanširan uzorak korena srednja vrednost je iznosila 36,50 i statistički značajno viša srednja vrednosti kod netretiranog uzorka je iznosila 42,09.

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu parametra boje (b^*) korena mrkve. Statistički značajne promene parametra boje (b^*) korena je utvrđena samo između režima sušenja kod blanširanih uzoraka korena (tab. 8). Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene parametra boje (b^*) za netretiran uzorak 43,20 jabučnom kiselinom 36,07 i za blanširan uzorak 33,24. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene parametra boje (b^*) za netretiran uzorak 40,98, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 39,83 i za blanširan uzorak iznosila 39,76.

Statistički značajne razlike u promeni vrednosti parametra boje (b^*) uzoraka korena celera (*Ponjičan et al*, 2013) nisu postojale primenom predtretmana sa jabučnom kiselinom i blanširanjem. Nakon osmotskog sušenja uzoraka korena celera utvrđene su statistički značajne razlike promene vrednosti parametra boje (b^*) kod uzoraka tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka korena celera.

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, nisu utvrđene statistički značajne razlike u zavisnosti od predtretmana, kao i u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Srednja vrednost parametra boje (b^*) pre osmotskog sušenja iznosila je 38,37, a nakon osmotskog sušenja 38,85.

Tab. 8. Promena parametra boje (b^*) uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim omotskog sušenja	Parametar boje b^* (-)			
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	42,30 abc	42,15 a	38,37 A	
		60°C, 65°Bx	42,00 abc			
	Tretiranja	40°C, 50°Bx	38,54 cd	38,59 bc		
		60°C, 65°Bx	38,64 cd			
	Blanširano	40°C, 50°Bx	32,58 f	34,37 d		
			60°C, 65°Bx			36,16 de
		Bez	40°C, 50°Bx	43,20 a		42,09 a
			60°C, 65°Bx	40,98 abc		
Nakon	Tretiranja	40°C, 50°Bx	36,07 de	37,95 bc		
		60°C, 65°Bx	39,83 abcd			
	Blanširano	40°C, 50°Bx	33,24 ef	36,50 cd		
		60°C, 65°Bx	39,76 abcd			

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, nisu utvrđene statistički značajne razlike u zavisnosti od predtretmana, kao i u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Srednja vrednost parametra boje (b^*) pre osmotskog sušenja iznosila je 38,37, a nakon osmotskog sušenja 38,85.

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 9), do statistički značajnih promena ukupne promene boje ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđeno je samo prilikom blanširanja, pri čemu je utvrđena statistički značajna ukupna promena parametra boje u odnosu na netretiran uzorak i uzorak tretiran jabučnom kiselinom. Srednja vrednost ukupne promene boje za blanširan uzorak je iznosila 18,36, za uzorak korena tretiran jabučnom kiselinom je iznosila 14,67, a za netretiran uzorak korena je iznosila 12,27. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje utvrđena statistički značajna promena srednje vrednosti ukupne promene boje kod uzoraka tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka u odnosu na netretiran uzorak. Srednja vrednost ukupne promene boje za netretiran

uzorak iznosila 11,61, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom je iznosila 14,73 i za blanširan uzorak je iznosila 11,02.

Ukupna promena boje (dE^*ab)

Pre osmotskog sušenja, za blanširane uzroke korena mrkve su utvrđene statistički značajno više vrednosti u odnosu na uzorke tretirane jabučnom kiselinom ili netretirane uzorke.

Temperatura i koncentracija rastvora primenjena u procesu osmotskog sušenja, imale su statistički značajan uticaj na ukupnu promenu boje (dE^*ab) korena mrkve samo za uzorke koji su tretirani jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka (tab. 9). Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti ukupne promene boje za netretiran uzorak 10,26, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 17,63 i za blanširan uzorak statistički 18,45. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti ukupne promene boje za netretiran uzorak 12,96, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 13,77 i za blanširan uzorak 11,02.

Tab. 9. Ukupna promena boje uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim osmotskog sušenja	Ukupna promena boje dE^*ab (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	11,90 efg	12,27 cd	
		60°C, 65°Bx	12,64 defg		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	14,89 cde	14,67 bc	
		60°C, 65°Bx	14,45 cdef		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	20,54 a	18,36 a	
		60°C, 65°Bx	16,19 bcd		
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	10,26 g	11,61 d
			60°C, 65°Bx	12,96 defg	
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	17,63 abc	15,70 b	
		60°C, 65°Bx	13,77 defg		
Blanširano		40°C, 50°Bx	18,45 ab	14,73 bc	
		60°C, 65°Bx	11,02 fg		

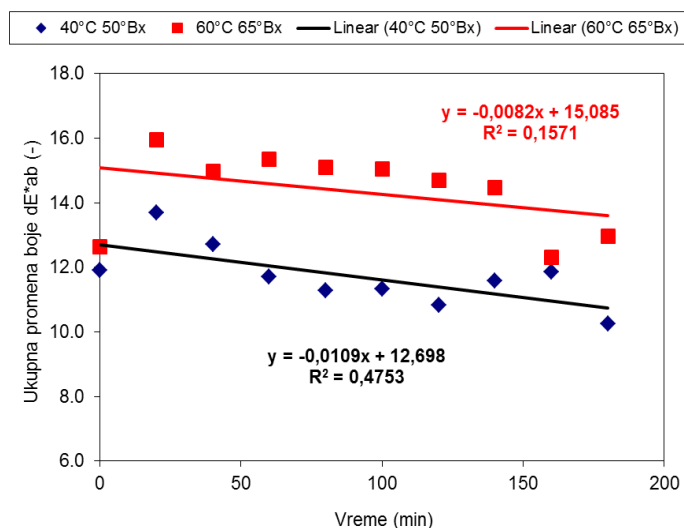
Blanširanjem za koren celera, *Ponjičan et al, (2013)* su takođe utvrdili da je došlo do promne vrednosti ukupne promene boje. Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, utvrđena statistički značajna promena srednje vrednosti ukupne promene boje kod uzoraka korena celera tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka u odnosu na netretiran uzorak.

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, nisu utvrđene statistički značajne Srednja vrednost promene mase pre osmotskog sušenja iznosila je 15,10, a nakon osmotskog sušenja 14,01.

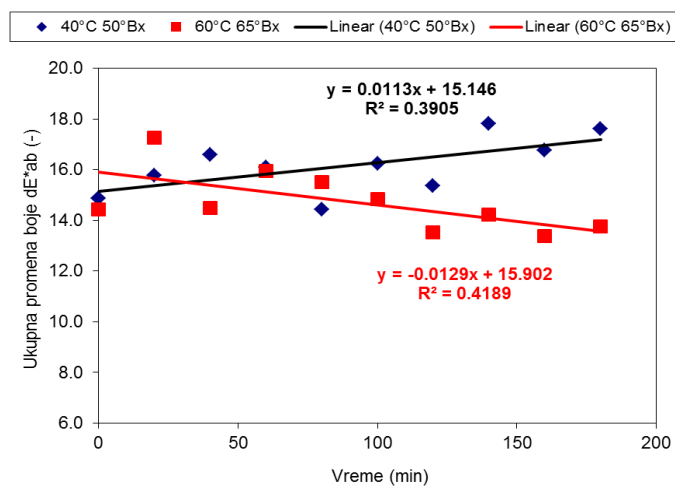
Promena parametra ukupne promene boje u toku osmotskog sušenja je prikazana preko dijagrama (sl. 23). Pomoću linearne regresije izračunate su vrednosti jednačina koje sa niskim koeficijentom determinacije ($R^2 = 0,15-0,58$) opisuju tok osmotskog sušenja u toku vremenskog intervala od 180 min. Nizak koeficijent determinacije je posledica velikih razlika između pojedinačnih izmerenih vrednosti boje u toku osmotskog sušenja. Promena vrednosti temperature i koncentracije rastvora imala je uticaj na ukupnu promenu boje ispitivanih uzoraka mrkve. U toku osmotskog sušenja došlo je do sniženja vrednosti parametra ukupne promene boje (dE^*ab), sa izuzetkom kada je uzorak prethodno tretiran sa jabučnom kiselinom i osmotski je tretiran sa u I režimu ($40^\circ C$ i $45^\circ Bx$).

Nakon testiranja ispitivanih parametara promene boje: sjajnost (L^*), parametara boje (a^*) i (b^*) i ukupne promene boje (dE^*ab) statistički značajne razlike utvrđene su samo za pojedine predtretmane. Analizom svih navedenih parametara boje utvrđeno je da je blanširanje imalo najveći uticaj na promenu boje i pre i nakon osmotskog sušenja. Za pojedina merenja utvrđene su statistički značajne razlike ispitivanih parametara i primenom tretiranja korena mrkve jabučnom kiselinom. Promenom temperature i koncentracije rastvora u toku osmotskog sušenja utvrđene su statistički značajne razlike u slučaju primene predtretmana jabučnom kiselinom i naročito primenom blanširanja.

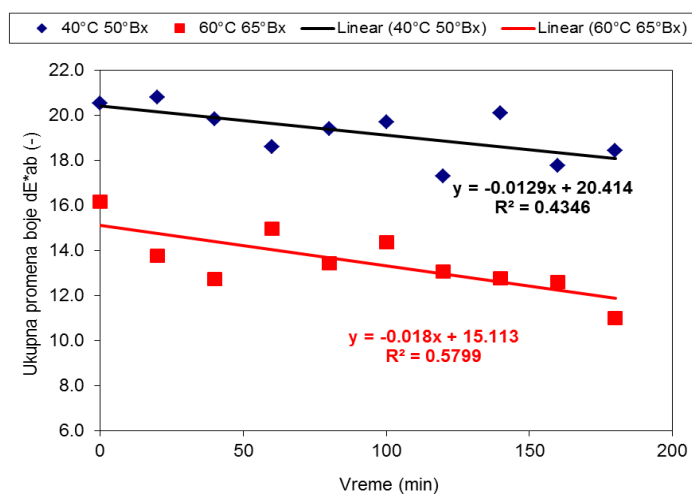
Osmotsko sušenje je dovelo do minimalnih promena boje dunje (*Radojčin et al, 2010*). Takav rezultat ukazuje na pozitivan uticaj osmotskog sušenja na očuvanje boje.



a) Bez predtretmana



b) Predtretman jabučnom kiselinom



c) Predtretman blanširanjem

Sl. 23. Promena ukupne boje (dE*ab) mrkve tokom osmotskog sušenja

5.5. Promena mehaničkih osobina u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja

Mehaničke osobine korena mrkve određene pomoću testa prodiranja. Za odnos izmerene sile i pređenog puta probojca izračunata je promena rada (ΔA), sile prodiranja (ΔF) i nagiba krive prodiranja ($\Delta F/l$) za tretirani uzorak u odnosu na svež uzorak.

Promena mehaničkog rada (ΔA)

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 10), do statistički značajnih promena mehaničkog rada (ΔA), ispitivanog uzorka korena mrkve je došlo kod uzoraka tretiranih jabučnom kiselinom (0,95) i blanširanih uzoraka (0,44) u odnosu na netretiran uzorak (1,00). Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje, za netretiran koren mrkve, kao i za koren mrkve tretiran jabučnom kiselinom izmerene su iste srednje vrednosti promene mehaničkog rada (0,35) i statistički značajno niže srednje vrednosti kada je primenjen predtretman blanširanjem (0,23).

Visoka temperatura (95°C) i kratak vremenski interval blanširanja (3 minuta) korena celera (*Letans Karolina and Witrowa-Rajchert, 2009*) uticao je na niže vrednosti mehaničkog rada. *Ponjičan et al (2013)* navodi da je došlo do statistički značajnih promena vrednosti rada kod blanširanih uzoraka korena celera. Nakon osmotskog sušenja korena celera nisu utvrđene statistički značajne razlike u promeni mehaničkog rada između uzoraka korena celera tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka korena celera.

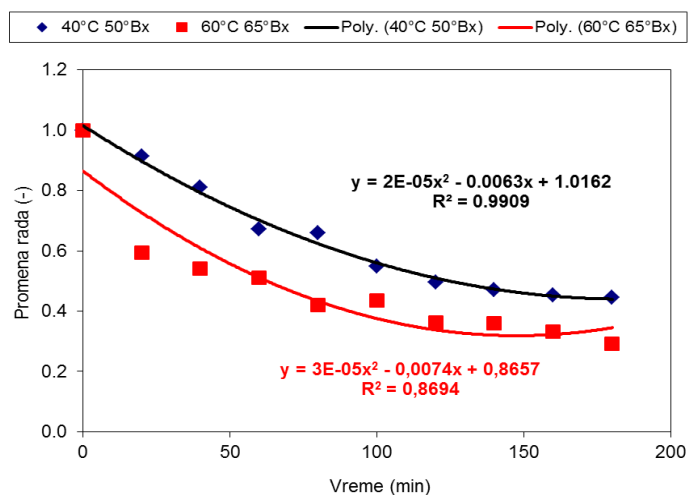
Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu mehaničkog rada korena mrkve. Statistički značajne promene mehaničkog rada korena utvrđene su između režima sušenja (tab. 10). Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene mehaničkog rada za netretirani uzorak 0,39, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,45 i za blanširan uzorak 0,28. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene mehaničkog rada za netretiran uzorak 0,31, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,26 i za blanširan uzorak 0,18.

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, utvrđene su statistički značajne razlike. Srednja vrednost promene mehaničkog rada pre osmotskog sušenja iznosila je 0,79, a nakon osmotskog sušenja 0,31 (tab.10).

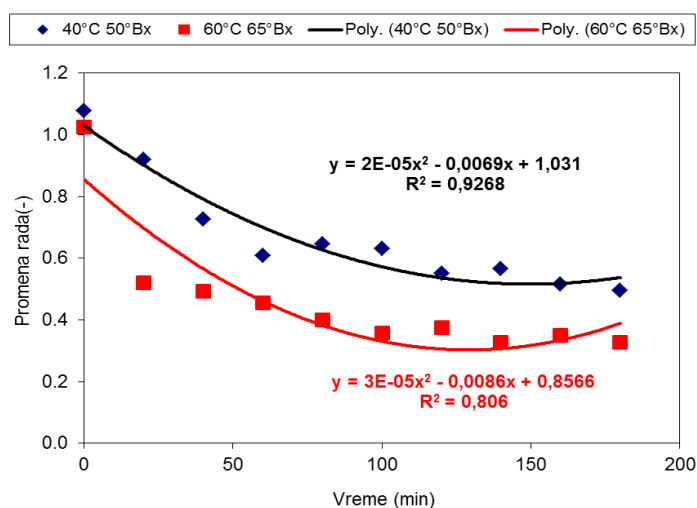
Tab. 10. Promena mehaničkog rada uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim osmotskog sušenja	Promena mehaničkog rada ΔA (-)			
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	1,00 a	1,00 a	0,79 A	
		60°C, 65°Bx	1,00 a			
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	1,01 a	0,95 b		
		60°C, 65°Bx	0,88 b			
	Blanširano	40°C, 50°Bx	0,49 c	0,44 c		
		60°C, 65°Bx	0,38 d			
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	0,39 d		0,35 d
			60°C, 65°Bx	0,31 e		
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	0,45 c	0,35 d		
		60°C, 65°Bx	0,26 e			
Blanširano		40°C, 50°Bx	0,28 e	0,23 e		
		60°C, 65°Bx	0,18 f			

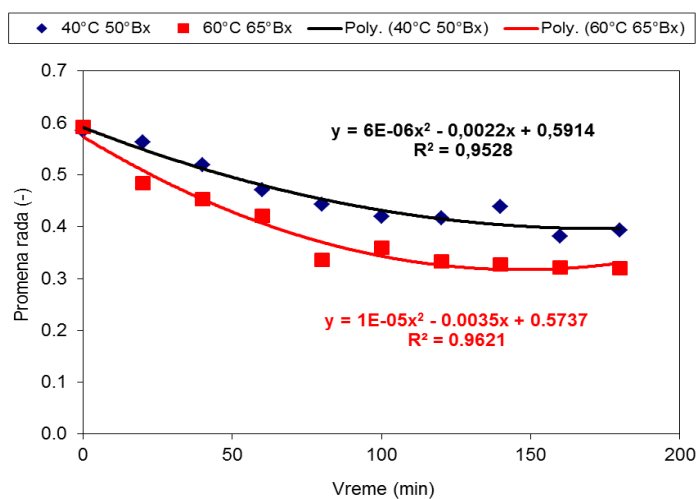
Promena rada u toku osmotskog sušenja je prikazana preko dijagrama (sl. 24). Pomoću nelinearne kvadratne regresije, izračunate su vrednosti jednačina koje sa visokim koeficijentom determinacije ($R^2 = 0,81-0,99$) opisuju tok osmotskog sušenja u toku vremenskog intervala od 180 min. Promena vrednosti temperature i koncentracije rastvora imala je uticaj na promenu vrednosti rada ispitivanih uzoraka mrkve. Za koren mrkve tretiran u II režimu, utvrđen je brži pad vrednosti promene rada u toku osmotskog sušenja u odnosu na I režim osmotskog sušenja.



a) Bez predtretmana



b) Predtretman jabučnom kiselinom



c) Predtretman blanširanjem

Sl. 24. Promena rada prilikom prodiranja u koren mrkve tokom osmotskog sušenja

Promena sile prodiranja (ΔF)

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 11), do statistički značajnih promena maksimalne sile prodiranja (ΔF) ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđeno je prilikom tretiranja uzoraka mrkve jabučnom kiselinom (0,95) i blanširanih uzoraka mrkve (0,57) u odnosu na netretiran uzorak (1,00). Takođe statistički značajne promene sile prodiranja su utvrđene između uzoraka mrkve tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka mrkve. Nakon postupka osmotskog sušenja za netretiran uzorak ukoliko se promena temperature i koncentracije rastvora posmatra kao ponavljanje, izmerena je statistički viša srednja vrednost sile prodiranja (0,73) u odnosu na uzorak mrkve koji je tretiran sa jabučnom kiselinom (0,58) i uzorak tretiran blanširanjem (0,46). Takođe statistički značajne promene sile prodiranja su utvrđene između uzoraka mrkve tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka mrkve.

Tab. 11. Promena sile prodiranja uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim osmotskog sušenja	Promena sile prodiranja ΔF (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	1,00 a	1,00 a	
		60°C, 65°Bx	1,00 a		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	0,99 a	0,95 a	
		60°C, 65°Bx	0,91 ab		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	0,67 c	0,57 c	
		60°C, 65°Bx	0,48 ef		
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	0,81 b	0,73 b
			60°C, 65°Bx	0,64 cd	
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	0,67 c	0,58 c	
		60°C, 65°Bx	0,50 e		
Blanširano		40°C, 50°Bx	0,53 de	0,46 d	
		60°C, 65°Bx	0,38 f		

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu sile prodiranja korena mrkve. Statistički značajne promene sile prodiranja korena utvrđene su između

režima sušenja (tab. 11). Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene maksimalne sile prodiranja za netretiran uzorak 0,81, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,67 i za blanširan uzorak 0,53. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene sile prodiranja za netretiran uzorak 0,64, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,50 i za blanširan uzorak 0,38.

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, utvrđene su statistički značajne razlike. Srednja vrednost promene sile prodiranja pre osmotskog sušenja iznosila je 0,84, a nakon osmotskog sušenja 0,59 (tab. 11).

Promene nagiba krive prodiranja $\Delta F/l$ (-)

Posmatranjem dejstva predtretmana (tab. 12), do statistički značajnih promena nagiba krive prodiranja ispitivanog uzorka korena mrkve utvrđeno je prilikom tretiranja uzoraka mrkve jabučnom kiselinom (0,81) i blanširanih uzoraka mrkve (0,56) u odnosu na netretiran uzorak (1,00).

Tab. 12. Promena nagiba krive prodiranja uzorka korena mrkve u toku osmotskog sušenja u zavisnosti od primenjenog predtretmana i režima osmotskog sušenja

Osmotsko sušenje	Predtretman	Režim osmotskog sušenja	Promene nagiba krive prodiranja $\Delta F/l$ (-)		
Pre	Bez	40°C, 50°Bx	1,00 a	1,00 a	
		60°C, 65°Bx	1,00 a		
	Tretiranje jabučnom kiselinom	40°C, 50°Bx	0,88 ab	0,81 b	
		60°C, 65°Bx	0,74 bc		
	Blanširano	40°C, 50°Bx	0,59 cdef	0,56 c	
		60°C, 65°Bx	0,52 def		
	Nakon	Bez	40°C, 50°Bx	0,61 cde	0,56 c
			60°C, 65°Bx	0,51 def	
Tretiranje jabučnom kiselinom		40°C, 50°Bx	0,66 cd	0,56 c	
		60°C, 65°Bx	0,45 efg		
Blanširano		40°C, 50°Bx	0,43 fg	0,37 d	
		60°C, 65°Bx	0,30 g		

Nakon izvedenog postupka osmotskog sušenja, kada se promena koncentracije i temperature posmatra kao ponavljanje, za netretiran koren mrkve, kao i za koren mrkve tretiran jabučnom kiselinom izmerene su iste srednje vrednosti nagiba krive prodiranja (0,56) i statistički značajno manje srednje vrednosti kada je primenjen predtretman blanširanjem (0,37).

Ponjičan et al, (2013) navodi da je postojala statistički značajna razlika nagiba krive prodiranja kod blanširanih uzoraka celera tj. došlo je do sniženja nagiba krive prodiranja. Takođe do statistički značajnog sniženja nagiba krive prodiranja nakon osmotskog sušenja došlo je kod uzoraka korena celera tretiranih jabučnom kiselinom i blanširanih uzoraka.

Temperatura i koncentracija rastvora imale su statistički značajan uticaj na promenu nagiba krive prodiranja korena mrkve. Statistički značajne promene nagiba krive prodiranja korena su utvrđene samo između režima sušenja kod uzoraka korena tretiranih jabučnom kiselinom (tab. 12). Za I režim osmotskog sušenja utvrđene su vrednosti promene nagiba krive prodiranja za netretiran uzorak 0,61, uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,66 i za blanširan uzorak korena 0,43. Za II režim osmotskog sušenja su utvrđene vrednosti promene nagiba krive prodiranja za netretiran uzorak 0,51, za uzorak tretiran jabučnom kiselinom 0,45 i za blanširan uzorak 0,30.

Nakon osmotskog sušenja koje je trajalo 180 min, utvrđene su statistički značajne razlike. Srednja vrednost promene sile prodiranja pre osmotskog sušenja iznosila je 0,97, a nakon osmotskog sušenja 0,54 (tab. 12).

Merenjem sva tri parametra (promene rada, sile prodiranja i nagiba krive) utvrđene su iste zavisnosti po pitanju mehaničkih osobina. Merenjem promene sile prodiranja i nagiba krive utvrđene su razlike u strukturi korena mrkve ne samo blanširanjem, već i primenom jabučne kiseline. Postupak osmotskog sušenja, kao i režim (temperatura i koncentracija rastvora) je imao izrazit uticaj na promenu mehaničkih osobina, a time i strukture korena mrkve. Takođe statistički značajan uticaj nakon osmotskog sušenja je utvrđen i usled različitih primenjenih predtretmana pre postupka osmotskog sušenja.

6. ZAKLJUČAK

Merenje fizičkih osobina osmotski sušenog korena mrkve je izvedeno u Laboratoriji za biosistemske inženjerstvo, koja se nalazi na Departmanu za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Uzorci korena mrkve bili su u obliku cilindra debljine 10 mm. Pre osmotskog sušenja uzorci su podeljeni u tri grupe: netretirani (kontrolni tretman), tretirani sa 4% jabučnom kiselinom i blanširani. Tako pripremljeni uzorci su sušeni osmotski u rastvoru saharoze. Primenjena su dva režima osmotskog sušenja mrkve i to pri koncentraciji 50°Bx i na temperaturi rastvora 40°C i koncentraciji 65°Bx i temperaturi 60°C u vremenskom intervalu od 180 minuta.

Ispitivanje fizičkih osobina je izvedeno merenjem osnovnih dimenzija i mase celog korena i određivanjem promene mase, zapremine i vlažnosti, merenjem promene boje i promene mehaničkih osobina uzorka korena mrkve u obliku cilindra. Merenja su izvedena na netretiranom korenu mrkve, na korenu mrkve posle izvednog predtretmana i nakon osmotskog sušenja. Za potrebe određivanja kinetike promene fizičkih osobina korena mrkve, u toku osmotskog sušenja takođe je izvedeno merenje na svakih 20 minuta.

Srednje vrednosti osnovnih dimenzija ispitivanog svežeg korena mrkve su iznosile: dužina 209,9 mm, masa korena 149,5 g, maksimalni prečnik korena 33,9 mm. Na početku ispitivanja, vlažnost svežeg korena mrkve iznosila je 89,57%. Za ispitivanje su izabrani ujednačeni i standardni korenovi mrkve.

Promena mase i zapremine ima potpuno isti karakter, a promena vlažnosti se odvija po potpuno drugim zakonitostima. Za predtretman blanširanjem utvrđene su statistički značajno niže vrednosti promene mase i zapremine korena mrkve. U zavisnosti od primenjenog predtretmana nisu utvrđene statistički značajne razlike u promeni vlažnosti korena. Iste zakonitosti u promeni mase, zapremine i vlažnosti u zavisnosti od primenjenog predtretmana su se zadržale i nakon osmotskog sušenja. Posebno su bile jasno izražene promene u zavisnosti od primenjenog režima sušenja.

Nakon testiranja ispitivanih parametara promene boje: sjajnost (L^*), parametara boje (a^*) i (b^*) i ukupne promene boje (dE^*ab) utvrđene su minimalne razlike. Primenom osmotskog sušenja, kao i promenom režima sušenja za netretirani uzorak nisu utvrđene statistički značajne razlike. Primenom predtretmana sa jabučnom kiselinom ili blanširanjem, utvrđene su statistički značajne razlike.

Merenjem promene mehaničkih osobina za sva tri ispitivana parametra: promena rada, promena sile prodiranja i promena nagiba krive utvrđene su iste zavisnosti po pitanju mehaničkih osobina. Merenjem promene nagiba krive utvrđene su razlike u strukturi korena mrkve ne samo blanširanjem, već i primenom jabučne kiseline. Primena osmotskog sušenja, kao i promena režima sušenja, imala je izrazit uticaj na promenu mehaničkih osobina, a time i strukture korena mrkve. Takođe, statistički značajan uticaj nakon osmotskog sušenja je utvrđen i usled primenjenih predtretmana.

Određivanje kinetike promene ispitivanih fizičkih osobina u zavisnosti od režima osmotskog sušenja izvedeno je pomoću linearne i nelinearne regresione analize. Pomoću nelinearne regresione analize i polinoma drugog stepena može se sa visokom preciznošću predvideti promena mase, zapremine, vlažnosti i mehaničkih osobina korena mrkve u zavisnosti od režima osmotskog sušenja. Promena boje je ocenjena pomoću linearne regresije i jednačina prvog stepena sa niskim koeficijentom determinacije iz razloga što u toku osmotskog sušenja postoje poteškoće prilikom merenja boje zbog različite promene boje delova korena (floema i ksilema).

Ovim ispitivanjem određena je promena fizičkih osobina u toku osmotskog sušenja korišćenjem različitih predtretmana. Na osnovu rezultata ispitivanja fizičkih osobina može se preciznije i sa naučnog stanovišta pristupiti procesu osvajanja novih tehnologija za proizvodnju visoko kvalitetnih prehrambenih proizvoda.

7. LITERATURA

1. Alvarez-Fernandez Ana, Pilar P, Abadiãa J, Anunciacioãn A. (2003): Effects of Fe Deficiency Chlorosis on Yield and Fruit Quality in Peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 5738-5744.
2. Alvo P.Vigneault, C. DeEll J.R, Geriépy Y. (2004). Texture characteristic of carrots as affected by storage temperature and duration. *International journal of food, agriculture and environment*, 2(2): 33-37.
3. Azoubel P. M. and Murr F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61: 291–295.
4. Babić Ljiljana, Babić M. (2000). Sušenje i skladištenje, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
5. Babić M, Babić Ljiljana, Matić-Kekić Snežana, Karadžić B, Pavkov I. (2005). Održivi energetski model proizvodnje sušenog voća kombinovanom tehnlgom. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku poljoprivredi*, 9(5): 109-111.
6. Babić M, Babić Ljiljana (2007): Fizičke osobine poljoprivrednih materijala. Autorizovana predavanja. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
7. Babić M, Babić Ljiljana, Pavkov I, Radojčin M. (2008). Promene fizičkih osobina dunje tokom osmotskog sušenja. *Časopis za procesnu tehniku i energetiku poljoprivredi*, 12(3): 101-107.
8. Bajkin A, Ponjičan O, Babić M, Radomirović D, Dedović N, Radojčin M. (2011): Interaction between carrot root dimensions and puncture force. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 15(2): 59-62.
9. Barbosa Junior J. L, Alves D.G, El-Aouar A. A, Araujo E. A. F. And Murr F. E. X. (2004). Osmotic dehydration of carrot using sodium chloride solution. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)*, SaoP, Brasil, C: 1992-1997.
10. Bourne M.C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Second Edition, Academic Press, An Elsevier Science Imprint.
11. Budrewicz G, Majewska K, Borowska J, Zadernowski R. (2005). Characteristics of selected carrot varieties for the processing industry. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 14/55(1): 57-62.

12. Cano M. P. (1996). Vegetables. In L. E. Jeremiah (Ed.), Freezing effects on food quality. pp. 520. New York: Marcel Dekker.
13. De Belie N, Laustsen A.M, Martens M, Bro R, De Baerdemaeker J. (2002). Use of physico-chemical methods for assessment of sensory changes in carrot texture and sweetness during cooking. *Journal of Texture Studies*, 33: 367-368.
14. Đurovka M, Marković V. (1992). Povrtarstvo. Praktikum za vežbe. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
15. Hadživukovic S. (1991). Statistički metodi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
16. Huang Y.T. and Bourne M.C. (1983). Kinetics of thermal softening of vegetables. *Journal Texture Studies* 14: 1-9.
17. Kar A. and Gupta D. K. (2001). Osmotic dehydration characteristics of button mushrooms. *Journal of Food Science and Technology Mysore*, 38: 352–357.
18. Krokida M. K, Maroulis Z. B. and Saravacos G. D. (2001). The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 53–59.
19. Lazerides, H. N, Gekas V. and Mavroudis N. (1997). Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. *Journal of Food Engineering*. 31: 315–324.
20. Lazić Branka, Đurovka M, Marković V, Ilin Ž. (2001). Povrtarstvo. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
21. Lenart A. (1996). Osmo-concective drying of fruits and vegetable tissues undergoing osmotic processing. *Drying Technology*, 14: 2–10.
22. Lentas Karolina and Witrova-Rachert Dorota. (2009). Wpływ parametrów blanszowania na właściwości mechaniczne i barwę suszu korzeni selera. *Acta Agropica*, 13(1): 164-174.
23. Lerici C. L, Pinnavaia G, Dalla Rosa M. and Bartolucci L. (1985). Osmotic dehydration of fruit: korenastog povrća. Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *Journal of Food science*, 50: 1217–1219.
24. Lewicki P. P, Jakubczyk Ewa. 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. *Journal of Food Engineering* 64: 307-314.
25. Madamba, P. S. (2003). Thin layer drying models for osmotically predried young coconut. *Drying Technology*, 21: 1759–1780.
26. Matusek A and Merész P. (2003). Modelling of sugar transfer during osmotic dehidratyion of carrots. *Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng*, 46(1-2): 83-92.
27. Mihailović D, Lalić Branislava i Arsenić I. (2008). Praktikum iz meteorologije, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

28. Mišljenović Nevena, Koprivica Gordana, Lević LJ. (2011). Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of carrot cubes in sugar beet molasses. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(6): 6790-6799.
29. Mohsenin N. N. 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publisher, Njujork – London – Paris, 742.
30. Nanjundaswamy A. M, Radhakrishnaiah S. G, Balachandran C, Saroja S and Murthy, R. K. B. S. (1978). Studies on development of new categories of dehydrated products from indigenous fruits. *Indian Food Packer*, 22: 91–93.
31. Pavkov, I. (2012). *Kombinovana tehnologija sušenja voćnog tkiva*, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, s. 70.
32. Ponjičan O, Bajkin A, Radomirović D, Babić M, Radojčin M. (2012). Determination of shear force of root and leaf mass in root vegetables. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 16(1): 6-9.
33. Ponjičan O, Babić M, Radojčin M, Bajkin A, Radomirović D. (2013). The physical behavior of celery during osmotic drying. *Proceedings 3rd International conference SUSTAINABLE POSTHARVEST AND FOOD TECHNOLOGIES - INOPTEP 2013*. April 21st – 26th, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia: 152-158.
34. Prochaska L. J, Nguyen X. T, Donat N. and Piekutowski W. V. (2000). Effects of food processing on the thermodynamic and nutritive value of foods: literature and database survey. *Medical Hypotheses*, 54(2): 254-262.
35. Qi H, LeMaguer M, Sharma S. K. (1998). Design and selection of processing conditions of a pilot scale contactor for continuous osmotic dehydration of carrots. *Journal of Food Process Engineering*, 21(1): 75-88.
36. Radojčin M, Babić M, Babić Ljiljana, Pavkov I, Stojanović Č. (2010): Color parameters change of quince during combined drying. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 14(2): 81-84.
37. Rahman, M. S. (2009). *Food Properties Handbook (Second Edition)*, Taylor & Francis Group, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 861.
38. Rastogi N. K. and Raghavarao K. S. M. S. (1997). Water and solute diffusion coefficient as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 34: 429-440.
39. Rault-Wack, A. L, Guilbert S, Le Maguer, M. and Rios G. (1992). Simultaneous water and solute transport in shrinking media—Part 1: application to dewatering and impregnation soaking process analysis (osmotic dehydration). *Drying Technology*, 9: 589–612.

40. Rodrigues C.C. Alline, Cunha, L, Rosiane, Hubinger, D. Miriam (2003): Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering* 59: 129–135.
41. Sablani S. S, Rahman M. S. and Al-Sadeiri D. S. (2002). Equilibrium distribution data for osmotic drying of apple cubes in sugar–water solution. *Journal of Food Engineering*, 52: 193–199.
42. Saurel R, Raoult-Wack A. L, Rios G. and Guilbert S. (1994). Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. Fresh plant tissue. *International Journal of Food Science and Technology*, 29: 531–542.
43. Siliha H, Jahn W. and Gierschner K. (1996). Effect of a new canning process on cell wall pectic substances, calcium retention and texture of canned carrots. In J. Visser & A. G. J. Voragen (Eds.): 495–508.
44. Singh S, Shivhare U. S, Ahmed J. and Raghavan G. S. V. (1999). Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. *Food Research International*, 32: 509–514.
45. Singh B, Panesar P.S, Nanda V, Gupta A.K, Kennedy J.F. (2006): Application of response surface methodology for the osmotic dehydration of carrot. *Journal of Food Process Engineering* 29: 592–614.
46. Singh B, Panesar P.S, Nanda V. (2008): Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in sucrose solution. *Journal of Food Process Engineering* 31: 1-20.
47. Singh B, Panesar P.S, Nanda V, Kennedy J.F. (2010). Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. *Food Chemistry*, 23: 590-600.
48. Službeni list SFRJ (1983). Pravilnik o metodama uzimanja uzorak i vršenja hemijskih i fizičkih analiza radi kontrole kvaliteta proizvoda od voća i povrća, 29/83
49. Smout C, Sila D. N, Vu T. S, Van Loey M. L and Hendrickx E. G. (2005). Effect of preheating and calcium pre-treatment on pectin structure and thermal texture degradation: a case study on carrots. *Journal of Food Engineering* 67: 419–425.
50. Song J. Y, An G. H, Kim, C. J. (2003). Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] as affected by blanching. *Food Chemistry* 83 (1): 69–74.
51. Stanley D. W, Bourne M. C, Stone A. P. and Wismer W. V. (1995). Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. *Journal of Food Science*, 60: 327–333.

52. Uddin Burhan M, Ainsworth P. and Ibanoglu S. (2004). Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 65: 473–477
53. Van Buren J. P. (1979). The chemistry of texture in fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies*, 10, 1–23.
54. Waliszewski K. N, Padio V. T. and Ramirez M. (2002). Effect of EDTA on color during osmotic dehydration of banana slices. *Drying Technology*, 20: 1291–1298.
55. www.foodtechorp.com
56. www.konica.minolta.com

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. ZADATAK I CILJ RADA	3
3. PREGLED LITERATURE.....	4
3.1. Metode određivanja mehaničkih osobina korena mrkve	4
3.1.1. Test prodiranja	5
3.1.2. Test pritiska.....	6
3.1.3. Test rezanja	7
3.2. Ispitivanje boje.....	8
3.3. Predtretman korena mrkve.....	9
3.4. Osmotsko sušenje korena mrkve	10
4. MATERIJAL I METOD RADA	13
4.1. Materijal korišćen prilikom izvođenja eksperimenta.....	13
4.2. Metod određivanja fizičkih osobina cilindara korena mrkve	18
4.3. Metod pripreme eksperimenta	21
4.2. Metod postavljanja eksperimenta i statistička obrada izmerenih podataka.....	23
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA	25
5.1. Promena mase u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja.....	26
5.2. Promena zapremine u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja	29
5.3. Promena vlažnosti u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja	32
5.4. Promena boje u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja	35
5.5. Promena mehaničkih osobina u zavisnosti od predtretmana i osmotskog sušenja.....	43
6. ZAKLJUČAK.....	49
7. LITERATURA	51