



UTJECAJ PROCEDURA SUŠENJA NA BOJU I SPOSOBNOST REHIDRACIJE DIVLJE ŠPAROGE *ASPARAGUS MARITIMUS L.*

IBRAHIM MUJIĆ¹, STELA JOKIĆ³, MILAN MARTINOV², DARKO VELIĆ³, ŽELJKO PRGOMET¹, SLAVICA DUDAŠ¹, KATARINA RONČEVIĆ¹

¹Sveučilište u Rijeci, Rijeka

²Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad,

³Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek

SAŽETAK

Svježe šparoge dobivaju na popularnosti zbog svoje jedinstvene teksture i okusa, ali one su izuzetno kvarljivo povrće. Zbog toga je cilj istraživanja bio da se sušenjem omogući dugoročno očuvanje i prođa ovog povrća. Divlje šparoge koje se uzgajaju na području Jadranskog mora bile su sušene u komornoj sušari na različitim temperaturama sušenja 50, 60 i 70 °C i liofilizacijom na –40 °C, a zatim su rehidrirane. Boja osušenog materijala i omjer rehidracije odabrani su kao glavne karakteristike kvalitete.

Najbolji omjer rehidracije je postignut kada su uzorci sušeni liofilizacijom na –40 °C. Na temelju boje i omjera rehidracije, optimalno je konvektivno sušenje na 60 °C. Rehidracija i izgled osušene šparoge su dva važna fizikalna čimbenika kojima je potrebno posvetiti posebnu pozornost pri projektiranju ili odabiru postupka sušenja.

Ključne riječi: metoda sušenja, divlje šparoge, boja, rehidracija

UVOD

Asparagus maritimus L. rijetka je vrsta divljih šparoga koja raste u mediteranskom području i morfološki je slična *A. Officinalis*. Svježe šparoge dobivaju na popularnosti zbog svoje jedinstvene teksture i okusa (Lau et al. 2000). U nekim zemljama, šparoge su korištene, dugo vremena, kao biljni lijek protiv raka. Šparoga sadrži flavonoide (uglavnom rutin) i druge fenolne spojeve koji posjeduju jaka antioksidativna svojstva (Nindo et al. 2003). Zelena šparoga je izuzetno kvarljivo povrće. Svježe ubrane šparoge brzo propadaju što vodi do kratkog vijeka trajanja od 3-5 dana poslije branja pri normalnom rukovanjem na

sobnoj temperaturi (An et al. 2008). Vrlo kratak rok trajanja šparoga uglavnom se odnosi na njihove visoke respiratorne aktivnosti koje se nastavlja nakon berbe (Albanese et al. 2007). Dehidracija, tj. sušenje, šparoga osigurava dugoročno očuvanje i prođu ovom proizvodu. Danas, sigurnost i kvalitetu hrane, u prvom redu očuvanje aktivnih sastojaka na koje su snažno usmjereni istraživači, proizvođači, tehnolozi i potrošači (Vadivambal & Jayas 2007). Dobra kvaliteta ocjenjuje se po svježini, očekivanom izgledu, okusu i teksturi. Prehrambene sigurnosne karakteristike uglavnom su definirane zakonima – tj. postoje definirane granice nepoželjnih nečistoća, kemijskih spojeva, teških metala i količine mikroorganizama. Promjene u kvaliteti koje se mogu pojaviti u bilo kojem proizvodu za vrijeme sušenja, su promjene u njegovim optičkim svojstvima (boja, izgled), senzorskim svojstvima (miris, okus, aroma) i strukturnim svojstvima (gustoća, poroznost, specifični volumen, svojstva teksture, itd.). Korelacija između promjene boje i gubitka aktivnih sastojaka (Müller 1992) potvrđena je na mnogim medicinskim i aromatičnim biljem. Rehidracijska svojstva, omjer rehidracije i rehidracijski kapacitet važne su karakteristike mnogih proizvoda, vezane uz njihove kasnije pripreme za potrošnju (Krokida & Maroulis 2000). Proizvodi s visokim rehidracijskim kapacitetom su ukusniji i zadržavaju njihov svježi izgled. Dominantan postupak očuvanja divljih šparoga, trenutno je prirodno sušenje u sjeni, propuhom ili prisilnim protokom zraka. Najveći nedostatak ovog postupka je očekivano veća količina mikroba i drugih nečistoća uzrokovanih kukcima, pticama, itd.

Konvektivno sušenje, uglavnom koristeći komorne sušare, također se naširoko koristi, posebno od strane malih proizvođača. Ovaj proces može ukloniti nedostake prirodnog sušenja. Sušenje na željenu razinu i postizanje ravnotežnog sadržaja vlage (Krokida & Marinos-Kouris 2003) iznimno je teško. Više je vjerojatno da će doći do pod- ili nad- sušenja. Posljedica pod sušenja, sa sadržajem vlage većim od ravnotežnog, rezultira u višem broju mikroba (Martinov et al. 2007). Ovaj postupak mogao bi rezultirati nepoželjnim smanjenjem aktivnih sastojaka i nepodesnim rehidracijskim karakteristikama. Liofilizacija je proces dehidracije tijekom kojeg je voda uklonjena sublimacijom leda iz smrznutog materijala. Dok led sublimira, sublimaciona granica, koja počinje na površini materijala, povlači se i ostaje porozna ljuska osušenog materijala. Isparena voda se transportira kroz porozan sloj osušenog materijala. Liofilizacija je najbolji način za sušenje hrane, ako se promatra kvaliteta konačnog proizvoda. Očuvanje većine početnih svojstava sirovog materijala, kao što su izgled, okus, boja, aroma, tekstura, biološka aktivnost i sl., čini liofilizaciju jednim od najboljih načina sušenja. Proizvod također zadržava prvobitni oblik i dimenzije. Dakle, rehidracijska svojstva proizvoda su dobra. Međutim, snaga tlaka pare u liofilizacija vrlo je mala u odnosu na konvencionalne metode sušenja. To uzrokuje da za sušenje treba više vremena, što rezultira relativno visokim troškovima sušenja. Iz tog razloga, liofilizacija će vjerojatno biti ekonomski opravdana samo za skuplja povrća, poput gljiva ili paprika (George & Datta 2002)

Znanja o utjecaju sušenja na svojstva hrane mogu se učinkovito koristiti za stvaranje novih atributa kvalitete i novih funkcionalnosti za konačne proizvode (Lewicki 2006). Nekoliko studija je provedeno kako bi se istražile karakteristike sušenja *A. Officinalis* (May et al. 1997; Nindo et al. 2003; Strahm & Flores 1994). Međutim, čini se da nema objavljenih radova o sušenju divljih šparoga (*Asparagus maritimus* L).

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj različitih postupaka sušenja, konvektivno sušenje, liofilizaciono sušenje i prirodno sušenje, na kvalitetu osušenih divljih šparoga.

Boja osušenog materijala, rehidracija materijala nakon sušenja i rehidracijski kapacitet odabrani su kao glavne karakteristike kvalitete.

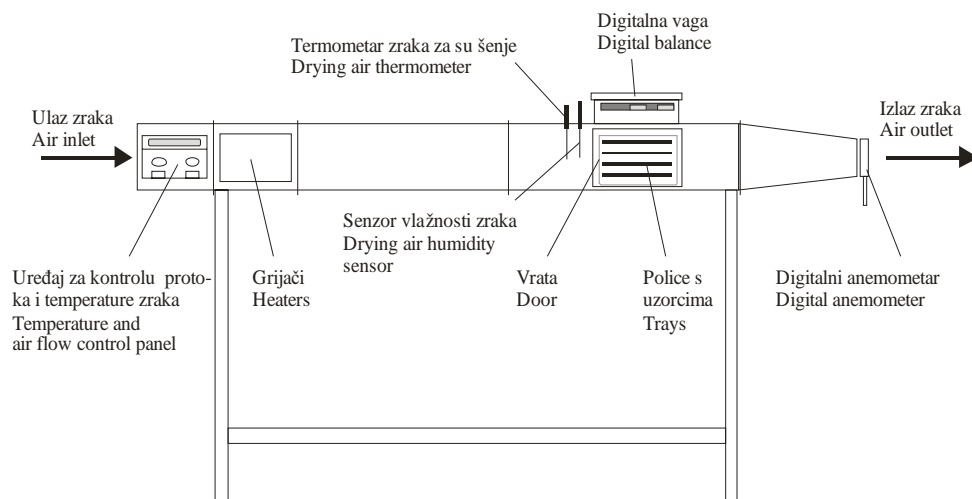
MATERIJAL I METODA

Svježi materijal

Svježe divlje šparoge (*Asparagus maritimus* L.) nabavljene su sa područja Jadranskog mora i pohranjene na +4 °C. Nakon stabilizacije na sobnoj temperaturi, šparoge su izrezane na dužinu od 10 cm. Sadržaj suhe tvari i boja svih uzoraka mjerene su prije i nakon sušenja.

Postupci sušenja

Konvektivno sušenje. Uzorci šparoga sušeni su u pilot komornoj sušari (UOP 8 Trake za kosu, Armfield, Velika Britanija) (Slika 1). Sušara radi na termogravimetrijskom principu. U sušari je omogućena kontrola temperature i brzine protoka zraka. Temperature sušenja, za ne-tretirane uzorke šparoga, varirle su od 40, 50, 60 i 70 °C. Sušara je radila sa brzinom zraka od 2,75 ms⁻¹. Zrak je strujao paralelno horizontalnim površinama za sušenje uzoraka. Proces sušenja je započeo kada su ostvareni potrebni uvjeti za sušenje. Pedeset uzoraka šparoga bilo je raspoređeno na tacne i postavljeno u tunel sušare, neposredno poslije toga mjerenja su započela. "Testo 350" sonde, smještene u komoru sušare, korištene su za praćenje relativne vlažnosti i temperature zraka ($\pm 0,5$ °C). Brzina protoka zraka je mjerena svakih pet minuta s digitalnim anemometrom (Armfield, Velika Britanija) smještenim na kraju tunela. Dehidracija je trajala dok potrebni sadržaj vlage od oko 8% (vlažna baza) nije postignut.



Slika 1 Laboratorijska sušnica korišćena za konvektivno sušenje

Fig. 1 Laboratory dryer used for convective drying

Liofilizacija. Uzorci šparoga bili su smrznuti na -20 i -40 °C i zatim liofilizirani u urjeđaju za liofilizaciju (LIO-10P, Kambic d.o.o. Slovenija) na 0,5 mbar tijekom primarnog i 0,03 mbar tijekom sekundarnog sušenja. Tijekom primarnog sušenja temperatura je iznosila -5 °C i bila kontinuirano povećavana do $+20$ °C tijekom sekundarnog sušenja. Princip temperaturne razlike (temperatura uzorka / temperatura police) je korištena za određivanje kraja primarnog sušenja.

Prirodno sušenje. Uzorci šparoga bili su ravnomjerno raspodijeljeni na tacne i sušeni su u hladu na maksimalnim dnevnim temperaturama zraka od oko 22 °C, i minimalnim noćnim temperaturama od oko 9 °C. Svaki sat mase uzoraka mjerene su na digitalnom mjerilu dok nije bio postignut potreban sadržaj vlage.

Određivanje sadržaja suhe tvari

Sadržaj suhe tvari uzoraka šparoga određen je sušenjem mlijevenih uzoraka (~ 10 g) za 24 h do konstantne mase na $105 \pm 0,5$ °C. Analize su rađene pomoću tri uzorka za svaku kategoriju i prosječni sadržaj suhe tvari (w_{db}), izražen u postocima (%) bio je izračunat pomoću sljedeće jednadžbe:

$$w_{\text{db}}(\%) = \left(\frac{m_2}{m_1} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

gdje je m_1 , masa uzoraka šparoga prije sušenja (g), a m_2 masa uzoraka šparoga nakon sušenja (g).

Mjerenja boje

Boja svježih, suhих i rehidriranih uzoraka mjerena je koristeći Chromameter CR-400 (Minolta). Šparoge su mlijevane u mlinu za kavu da bi se dobio fini prah. Analize vrijednosti boje su rađene dvadeset puta za svaki svježi i osušeni uzorak šparoga. Tri parametara, L (svjetlina), a (crvenilo) i b (žutilo), korišteni su za proučavanje promjena u boji. L se odnosi na svjetlinu uzoraka u rasponu crna = 0 do bijela = 100. Negativna vrijednost, a označava zelenu, dok pozitivna vrijednost ukazuje crveno-ljubičastu boju. Pozitivno b označava žutu, a negativno plavu boju. Kut nijanse, definiran kao $h^\circ = \tan^{-1}(b/a)$ izračunat je iz a i b vrijednosti i izražava se u stupnjevima: 0° (crven), 90° (žut), 180° (zelen), 270° (plav). Ukupna razlika u boji (ΔE) je izračunata kako slijedi:

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]} \quad (2)$$

$$\Delta L = L - L_0 \quad \Delta a = a - a_0 \quad \Delta b = b - b_0 \quad (3)$$

gdje L_0 , a_0 i b_0 označavaju parametare boje uzoraka svježe šparoge. Uzorci svježe šparoge korišteni su kao referentni, i veći ΔE predstavlja veću promjenu boje u odnosu na referentni materijal.

Ocjena rehidracionog omjera

Rehidracijski kapacitet korišten je kao obilježje kvalitete osušenog proizvoda (Velić et al. 2004) izražen preko rehidracijske stope - RR (Lewicki 1998). Oko 2 g (± 0.01 g) osušenih uzoraka smješteno je u laboratorijsku posudu od 250 ml (dvije analize za svaki uzorak), 150 ml destilirane vode dodato je i posuda je bila pokrivena i zagrijana do ključanja u roku od 3 min. Sadržaj laboratorijske posude zatim je lagano kuhan 10 minuta, a potom hlađen. Ohlađen sadržaj filtriran je 5 min pod vakumom i potom izvagan. Dehidracioni omjer je izračunat kao:

$$RR = \frac{W_r}{W_d} \quad (4)$$

gdje je W_r osušena masa (g) rehidriranog uzorka, i W_d je masa suhog uzorka korištenog za rehidraciju.

REZULTATI I DISKUSIJA

Promjene boje

Izmjerene karakteristike boje svježeg materijala bile su: L 23.1, a -4.2 i b 8.7. Kut nijanse svježeg materijala bio je 115.7°.

Djelovanje različitih postupaka sušenja i temperatura, na karakteristike boja sušenih i rehidriranih uzoraka šparoga, pokazalo se kao značajano što je prikazano u tab. 1 i tab. 2. Karakteristike boja su prikazane na sl. 2 i sl. 3.

Tablica 1 Parametri boje šparoge sušene različitim postupcima i temperaturama

Table 1 Color parameters of asparagus dried using different procedures and temperatures

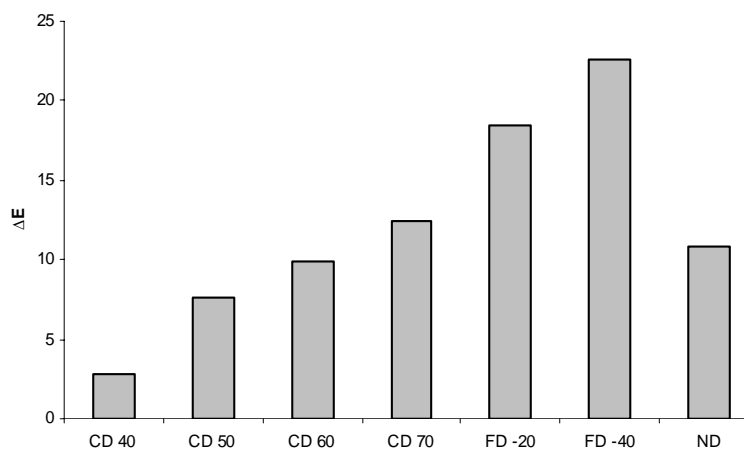
Postupak sušenja	Temp. (°C)	L*	a*	b*	h°	ΔE
Konvektivno, convective	40	24,5	-2,5	7,0	109,9	2,8
	50	30,5	-2,5	8,5	106,2	7,7
	60	31,0	-2,5	8,5	106,1	9,8
	70	33,3	-2,7	9,9	105,3	12,4
Zamrzavanje, freeze	-20	40,9	-5,4	13,5	111,6	18,5
	-40	44,6	-7,1	14,9	115,5	22,6
Prirodno, natural	18	31,4	-3,4	10,4	108,0	10,8

Tablica 2 Parametri boje uzoraka rehidriradne šparoge

Table 2 Color parameters of rehydrated asparagus samples

Postupak sušenja,	Temp. (°C)	L*	a*	b*	h°	ΔE
Konvektivno, convective	40	24,8	-3,8	10,1	110,8	3,4
	50	26,9	-4,3	11,7	110,3	5,2
	60	25,8	-3,4	10,8	107,4	5,8
	70	25,2	-2,1	10,5	101,1	8,2
Zamrzavanje, freeze	-20	31,0	-2,5	13,5	100,6	10,3
	-40	30,0	-4,7	13,7	109,0	14,9
Prirodno, natural	18	26,0	-2,6	11,1	103,4	5,5

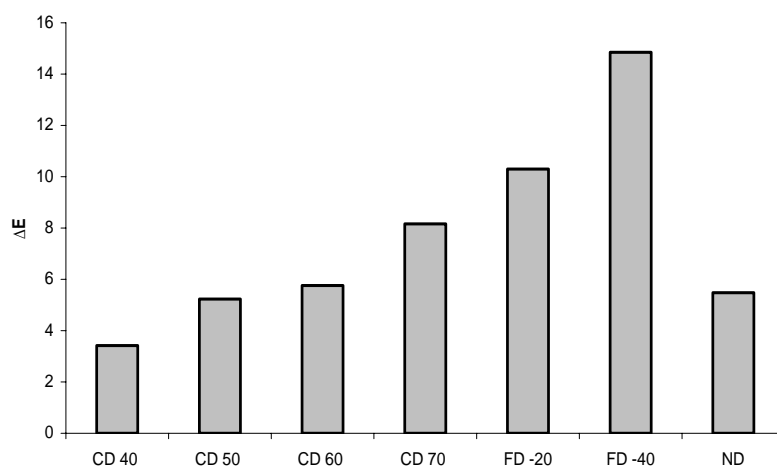
Vrijednosti ΔE rehidriranih uzoraka sušenih konvektivno varirale su od 3,4 do 8,2, dok su vrijednosti ΔE rehidriranih uzoraka sušenih liofilizacijom varirale su od 10,3 do 14,9. Vrijednost ΔE prirodno sušenih uzoraka je bila 5,5. Rehidrirani konvektivno sušeni uzorci na -40 °C imali su najveću vrijednost kuta nijanse, $110,8$ °, dok su rehidrirani liofilizirani uzorci rezultirali sa najvećom ukupnom promjenom boje u odnosu na rehidrirane konvektivno i prirodno osušene uzorke.



CD – konvektivno sušenje, convective drying; FD – sušenje zamrzavanjem, freeze drying;
ND – prirodno sušenje, natural drying

Slika 2 Promjena boje uzoraka (ΔE) osušene šparoge u ovisnosti od postupka i temperature sušenja

Fig. 2 Color difference (ΔE) of dried asparagus samples vs. different drying procedures and temperatures



CD – konvektivno sušenje, convective drying; FD – sušenje zamrzavanjem, freeze drying; ND – prirodno sušenje, natural drying

Slika 3 Promjena boje uzoraka (ΔE) rehidrirane šparoge u ovisnosti od postupka i temperature sušenja

Fig. 3 Color difference (ΔE) of rehydrated asparagus samples vs. different drying procedures and temperatures

Postupak sušenja ima značajan utjecaj na boju šparoge, ali i temperatura sušenja vrlo je važan faktor. U slučaju konvektivnog sušenja povećanje temperature sušenja uzrokuje veću promjenu boje i rezultira tamnijom bojom. Izmjereno smanjenje vrijednosti kuta nijanse znači pad u intenzitetu zelenih i povećanje žutih nijansi, što je u korelaciji sa smanjenjem ukupnog sadržaja klorofila.

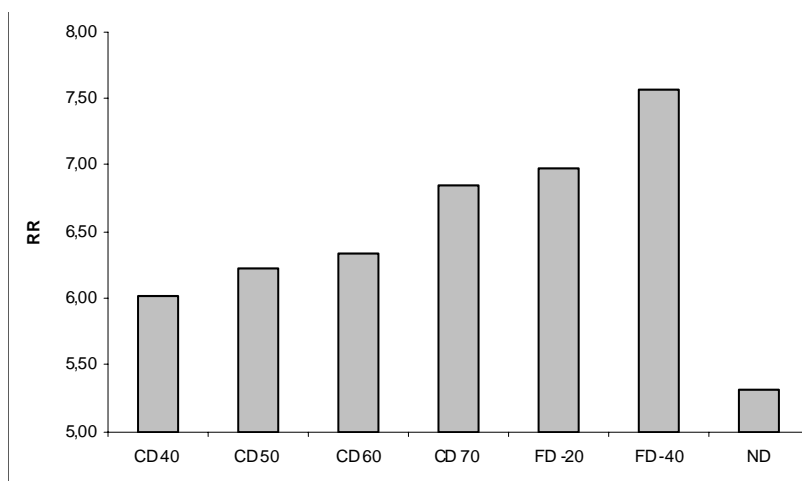
Rehidracijske karakteristike

Postupak sušenja imao je značajan utjecaj na rehidracijske karakteristike uzoraka šparoga (slika 4). U slučaju konvektivnog sušenja, s povećanjem temperature sušenja, rehidracijski omjer za netretirane uzorke šparoga također se povećao. To može biti zbog činjenice da je stopa uklanjanja vlage, na višim temperaturama sušenja vrlo brza i uzrokuje manje smanjenje osušenih uzoraka. Rehidracijski omjer za prirodno osušene uzorke bio je najniži. Liofilizaciono sušenje na $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ postiglo je najviši rehidracijski omjer.

Konvektivno sušenje na temperaturama manjim od $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ rezultira većim brojem mikroba. (Martinov *et al.* 2007). To znači da temperatura sušenja treba biti iznad te razine. Prethodne studije potvrdile su da viša temperatura sušenja rezultira nižim unosom energije (Müller 1992). Zbog toga i vrlo slične karakteristike boja materijala sušenog na 50 i $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, optimalna temperatura u tom slučaju je $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Potrošači odabiru hranu u supermarketima na osnovi, prije svega, vizualne percepcije, a često je to jedina direktna informacija primljena od proizvođača. Ali za prehrambenog tehnologa, ne samo boja, već i rehidracijski kapacitet osušenih uzoraka jednako je važan.

Svojstva kao što su rehidracijski kapacitet i boje rehidriranih uzoraka su važniji, naročito ako se sušena šparoga koristi, primjerice, u instant juhama.



CD – konvektivno sušenje, convective drying; FD – sušenje zamrzavanjem, freeze drying; ND – prirodno sušenje, natural drying, ND – svježi material, non dried material

Slika 4 Koeficijent rehidracije (RR) svježe i sušene šparoge za različite postupke i temperature sušenja

Fig. 4 Rehydration ratio (RR) of non-treated asparagus samples vs. different drying procedures and temperatures

ZAKLJUČCI

Očito je da konvektivno sušenje šparoga rezultira u najnižoj promijeni boje svježeg materijala. Najbolje karakteristike boja postignute su sušenjem na temperaturi od 40 °C. Budući da se očekuje smanjenje broja mikroorganizama, sušenjem na temperaturama preko 45 °C, kao što je slučaj s drugim kulturama, temperatura sušenja trebala bi biti iznad ove razine, iako bi to trebalo biti potvrđeno tijekom budućih istraživanja. Također je poznato da povećanje temperatura sušenja rezultira u smanjenju vremena sušenja i specifičnog energetskog unosa. Zbog toga, i mala razlika u karakteristikama boje dobivenih sušenjem na 50 i 60 °C, predstavlja bolji ukupni rezultat.

Rehidracijske karakteristike liofiliziranih šparoga znatno su bolje u odnosu na druge metode, pri čemu su najbolji rezultati postignuti za –40 °C.

Potrošači preferiraju vidljive kvalitete, tj. boju proizvoda. Za neke uporabe, kao što je juha, rehidracijske karakteristike bi trebale imati dominantnu ulogu. To znači da, proizvođači hrane trebaju odlučiti o metodi sušenja u skladu s konačnom uporabom šparoga.

Buduća istraživanja trebala bi se baviti utjecajem sušenja na druge karakteristike kvalitete divlje šparoge, npr. sadržaj aktivnih sastojaka i broj mikroorganizama. Utjecaj ekonomskih parametara različitih postupaka sušenja treba također uzeti u razmatranje.

REFERENCE

1. Albanese D., Russo L., Cinquanta L., Brasiello A., Di Matteo M. (2007): Physical and chemical changes in minimally processed green asparagus during cold-storage. *Food Chemistry* 101: 274–280
2. An J., Zhang M., Wang S., Tang J. (2008): Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nano particles-PVP. *LWT* 41: 1100–1107
3. Arora S., Bharti S., Sehgal V.K. (2006): Convective drying kinetics of red chillies. *Drying Technology* 24: 189–193
4. George J.P., Datta A.K. (2002). Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. *Journal of Food Engineering* 52: 89–93
5. Krokida M.K., Maroulis Z.B. (2000). Quality changes during drying of food materials, In *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, Science Publisher, Inc., 61-98
6. Krokida M.K., Marinos-Kouris D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering* 57: 1–7
7. Lau M.H., Tang J., Swanson B.G. (2000). Kinetics of textural and color changes in green asparagus during thermal treatments. *Journal of Food Engineering* 45: 231-236
8. Lewicki P.P. (1998). Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of food Engineering*, 36: 81–87.
9. Lewicki P.P. (2006): Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology* 17: 153–163
10. Martinov M., Oztekin S., Müller J. (2007). Drying. In: Oztekin, Martinov: *Medicinal and Aromatic Crops, Harvesting, Drying, and Processing*. Haworth Food & Agricultural Products Press, Binghamton, NY, 85-129
11. May B.K., Shanks R.A., Sinclair A.J., Halmos A.L., Tran V.N. (1997). A study of drying characteristics of foods using a thermogravimetric analyser. *Food Australia* 49: 218-220
12. Mcminn W.A.M., Magee T.R.A. (1996). Air drying kinetics of potato cylinders. *Drying Technology* 14: 2025-2040
13. Müller J. (1992). *Trocknung von Arzneipflanzen mit Solarenergie*. (Dissertation), Ulmer Verlag, Stuttgart
14. Nindo C.I., Sun T., Wang S.W., Tanga J., Powers J.R. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 36: 507–516
15. Strahm B.S., FLORES R.A. (1994). Dehydration of low-grade asparagus. *Drying Technology* 12: 903-921
16. Vadivambal R., Jayas D.S. (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosystems engineering* 98: 1–16
17. Velić D., Planinić M., Tomas S., Bilić M. (2004). Influence of airflow velocity on kinetics of convection apple drying. *Journal of Food Engineering* 64: 97-102

THE INFLUENCE OF DRYING PROCEDURES ON THE COLOR AND REHYDRATION ABILITY OF *ASPARAGUS MARITIMUS* L.

SUMMARY

Fresh asparagus is gaining popularity due to its unique texture and flavor but they are also an extremely perishable vegetable. Because of that the aim of this research was to dry those vegetable to provides long term conservation and marketability.

Wild asparagus that have been grown in area of the Adriatic Sea were dried in tray drier at different drying temperatures 50° C, 60° C and 70° C and in freeze-dried equipment at –40° C and then rehydrated. The color of dried material and rehydration ratio are selected as the main quality characteristics of wild asparagus.

The best rehydration ratio were achieved when samples were freeze dried at –40° C. Based on color and rehydration ratio convective drying at 60° C presents an optimum.

The rehydration and appearance of dried asparagus are two important physical factors that need special attention when designing or selecting a drying procedure.

Key words: *Drying method, wild asparagus; color, rehydration*