

Utjecaj laserskog predtretmana na brzinu konvekcijskog sušenja grožđa

Galić, Ante; Pliestić, Stjepan; Šic Žlabur, Jana; Pavić, Nick Borna; Voća, Sandra

Source / Izvornik: **Pomologia Croatica : Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 2020, 24, 15 - 24**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

<https://doi.org/10.33128/pc.24.1-4.2>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:669949>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Utjecaj laserskog predtretmana na brzinu konvekcijskog sušenja grožđa

Influence of laser pretreatment on the convection drying rate of grapes

A. Galić, S. Pliستیć, Jana Šic Žlabur, N. B. Pavić, Sandra Voća

SAŽETAK

Grožđe se uglavnom suši u svrhu proizvodnje grožđica te aromatiziranja i proizvodnje desertnih vina. Glavni ciljevi sušenja grožđa su skraćivanje trajanja postupka a time i smanjivanje troškova uz zadržavanje zadovoljavajućih nutritivnih i senzorskih svojstava. Neinvazivne tehnike kao što je laser mogu se primijeniti kao predtretman sušenju. Primjena lasera male izlazne snage izaziva više pozitivnih reakcija na biljnom materijalu, što pruža mogućnosti njihove široke primjene u preradi i doradi poljoprivrednih proizvoda. Analize su provedene na sortama Muškati Hamburg i Traminac. Sušenje kontrolnog uzorka i bobica tretiranih laserom (izlazne snage 100 i 200 mW) provedeno je u laboratorijskoj sušnici na temperaturi od 40 °C. Vrijeme trajanja konvekcijskog sušenja sorte Traminac bilo je nešto kraće u odnosu na sortu Muškati Hamburg. Kod sorte Muškati Hamburg skraćivanje vremena sušenja zabilježeno je kod tretmana 100 mW laserom u trajanju od 60 s, dok je kod sorte Traminac skraćivanje vremena sušenja zabilježeno kod uzoraka predtretiranih laserom od 100 i 200 mW u trajanju od 60 s.

Ključne riječi: bobice, grožđe, laser, sušenje, Traminac, Muškati Hamburg

ABSTRACT

Grapes are mainly dried for the purpose of raisin production and aromatization and production of dessert wines. The main goals of grape drying are to shorten the duration of the process and to reduce costs while maintaining nutritional and sensory properties. Non-invasive techniques such as laser can be applied as pre-treatment for drying. The use of low-power lasers causes more positive reactions on plant material, which provides opportunities for their widespread use in processing and finishing of agricultural products. Analyses were performed on Muscati Hamburg and Traminac grape varieties. Drying of the control sample and laser-treated berries (with output powers 100 and 200 mW) was performed in the laboratory dryer at a temperature of 40 °C. The duration of convection drying was shorter for the Traminac variety than for the Muscati Hamburg variety. A reduction in drying time was observed for the variety Muscati Hamburg with laser treatment 100 mW during 60 s, while a reduction in drying

time was observed for the variety Traminac at 100 and 200 mW laser during 60 s pretreatment.

Keywords: berries, grapes, laser, drying, Traminac, Muškat Hamburg

UVOD

Grožđe se može koristiti na razne načine, tako da ga prema namjeni možemo podijeliti na grožđe za potrošnju u svježem stanju (za jelo), za prerađivanje u vino, za destilate, za proizvodnju ugušćenih moštova, koncentrata i sokova, za sušenje (groždice), za kompote, marmelade, dekorativne svrhe i slično. Tijekom procesa sušenja, voda se uklanja u obliku vodene pare pri čemu je glavni cilj sušenja dobiti proizvod porozne otvorene strukture, dobre moći rehidracije te sa što manje promijenjenim organoleptičkim svojstvima s obzirom na početna svojstva sirovine. Zbog velikog sadržaja suhe tvari i šećera grožđe se lako suši i skladišti. Skoro sve sorte grožđa se mogu prosušiti, te na taj način koristiti u proizvodnji vina. Međutim, sorte se razlikuju u svojim karakteristikama među kojima su najznačajnije odgovarajući omjer topljive suhe tvari i ukupnih kiselina, pa je različita i njihova pogodnost za ovu namjenu. Sušenjem iz proizvoda uklanjamo dio vode čime značajno smanjujemo mikrobnu aktivnost, enzimsku razgradnju i ostale neželjene promjene uzrokovane djelovanjem vode te na taj način osiguravamo njegovu trajnost na dulji vremenski period (Wang i sur. 2016.). Sušenjem se značajno smanjuje masa i volumen proizvoda, reduciraju se troškovi pakiranja, skladištenja i prijevoza (Musielak i sur. 2016.). U svrhu proizvodnje grožđica te aromatiziranih i desertnih vina može se koristiti prirodno sušenje na suncu, sušenje u hladu i kontrolirano sušenje u sušnicama. Danas se sušenje grožđa uglavnom obavlja u sušnicama gdje se postupak može voditi u strogo kontroliranim uvjetima, uz zadovoljavanje visokih standarda higijene.

Potrebno je naglasiti da se pored bobica grožđa mogu sušiti i različiti nusproizvodi tijekom proizvodnje sokova i vina kao što su sjemenke, kožica, stabljika i peteljke, koji se obično tretiraju kao otpad a mogu predstavljati važnu sirovinu u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji.

Prije samog procesa sušenja potrebno je provesti predtretiranje grožđa zbog odstranjivanja specifičnog voštanog sloja kojim je prekrivena kožica ploda te se u tu svrhu mogu koristiti različite toplinske, kemijske i abrazivne metode. Pored navedenih metoda kao predtretmani sušenju grožđa mogu se koristiti elektromagnetsko (EM) zračenje (lasersko, mikrovalno, infracrveno zračenje) pulsirajuće električno polje i ultrazvuk pri čemu primjena ovih metoda smanjuje ili eliminira potrebu za kemijskim predtretmanom. Za većinu navedenih

fizikalnih metoda predtretmana kao i za kombinacije fizikalnih metoda s kemijskim utvrđeno je da mogu značajno skratiti vrijeme sušenja.

Dosadašnja istraživanja na laserima male izlazne snage pokazala su da njihova primjena izaziva više pozitivnih reakcija na biljnom materijalu, što pruža mogućnosti njihove široke primjene u preradi i doradi poljoprivrednih proizvoda. Nenadić i sur. (2007.), Galić i sur. (2014.) te Galić i sur. (2017.) navode da predtretman koherentnim zračenjem (laserom) može izazvati reakcije na biljnom materijalu koje se iskazuju prvenstveno u procesu sušenja. Autori opisuju laser kao sinkroni svjetlosni oscilator odnosno generator monokromatske, koherentne i usmjerene svjetlosti čija upotreba kao predtretmana procesu sušenja može utjecati na vrijeme sušenja čime se ujedno pospješuje i očuvanje bioaktivnih spojeva. Također je potrebno naglasiti da se uz mogućnost uklanjanja vode u pozitivna djelovanja laserske svjetlosti ubraja i mikrobiocidno djelovanje na mikrofloru pa se istovremeno sa sušenjem materijala reducira i mikroflora (Nenadić i sur. 2008.). To je važan podatak jer smanjenjem broja nepoželjnih mikroorganizama smanjuje se i sama mogućnost zaraze produktima njihovog metabolizma različitog stupnja toksičnosti. Cohen i Yang (1995) navode da je pored zadržavanja zadovoljavajućih nutritivnih i senzorskih svojstava osušenog proizvoda jedan od glavnih ciljeva i skraćivanje trajanja sušenja a time i smanjenje troškova postupka. Slijedom navedenog, cilj je ovog rada utvrditi mogućnost primjene niskoenergetskog laserskog zračenja u kombinaciji s kemijskim metodama kao predtretmana procesu konvekcijskog sušenja grožđa.

MATERIJALI I METODE

Za analize su odabrane sorte Traminac i Muškat Hamburg. Radi odstranjivanja prisutne nečistoće a posebno ostataka sredstava zaštite provedeno je ispiranje grožđa pomoću tuševa. Kao predtretman korištena je kombinacija kemijske metode uranjanja bobica u otopinu NaOH i laserskog zračenja. Voštana presvlaka je odstranjena potapanjem grožđa u 0,5% otopinu NaOH u trajanju od 60 sekundi nakon čega su bobice isprane destiliranom vodom i otrgnute s peteljki. Prije laserskog predtretmana uklonjene su pljesnive i oštećene bobice a za analize su odabrane bobice ujednačenog oblika i veličine. Bobice su podvrgnute predtretmanu laserima izlazne snage 100 mW (HLM1845) i 200 mW (HLP18130), valnih duljina od 650 nm. Korišteni laseri imaju znatno manju snagu od termalnih, pa apsorbirana količina energije u tretiranom materijalu nema značajan utjecaj na njegovo zagrijavanje. Različite izlazne snage lasera korištene su kako bi se utvrdio njihov utjecaj na proces

konvekcijskog sušenja. Oprema za provođenje laserskog tretmana sastojala se od izvora koherentne svjetlosti (lasera) i mikroobjektiva za širenje zrake sastavljenog od dvije optičke leće (Pliestić, 2007.). Pri tretmanu se vodilo računa da širenje svjetlosti ne bude preveliko već kontrolirano u izračunatom radijusu snopa, jer bi u suprotnom moglo doći do smanjenja izlazne snage. Pri provedbi tretmana pojedinačne bobice grožđa pozicionirane su direktno ispod raspršenog snopa koherentne svjetlosti, unutar osvijetljenog područja promjera 1,5 cm. Količina dozračene energije kontrolirana je trajanjem izloženosti bobica zračenju. Bobice su tretirane samo s jedne strane u kontroliranim vremenskim intervalima od 60 i 120 s. Vrijeme trajanja tretmana mjereno je elektroničkim kronometrom. Kao kontrolni uzorak korištene su kemijski predtretirane bobice 0,5% otopinom NaOH. Sušenje kontrolnog uzorka i laserom predtretiranih uzoraka grožđa provedeno je konvekcijskom metodom u laboratorijskom sušioniku (INKO ST40T) pri 40 °C i atmosferskom tlaku 1013 hPa. Tijekom cijelog postupka sušenja, u zadanim vremenskim intervalima provedena su mjerenja mase plodova, kako bi se utvrdio tijek procesa sušenja. Analize su provedene u tri ponavljanja sa po 30 uzoraka bobica.

Za potrebe formiranja grafikona s prikazanim gubitkom sadržaja vode tijekom sušenja mjerena je masa plodova (svakih sat vremena), a prema formuli 1 izračunat sadržaj vode u plodu.

$$W_2 = 100 - \frac{m_1}{m_2} \times (100 - W_1)$$

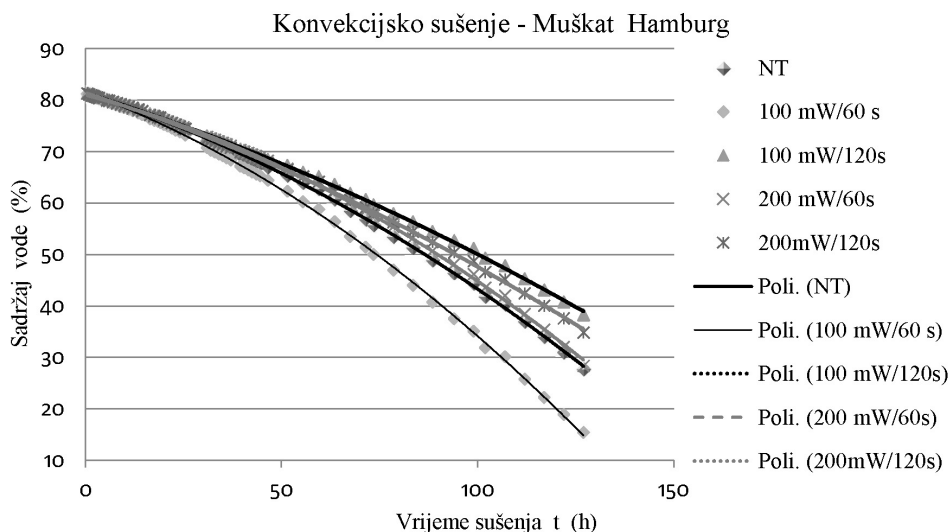
Prema kojoj je: W_2 - sadržaj vode u plodu tijekom sušenja; W_1 - početni sadržaj vode u plodu prije sušenja; m_1 - masa uzorka (g) prije sušenja; m_2 - masa uzorka (g) tijekom sušenja.

Početna vlaga materijala određena je prema standardnoj metodi AOAC (2002), u laboratorijskoj sušnici (INKO ST40T) na 105 °C na atmosferskom tlaku tijekom 90 (60 + 30) minuta do stalne mase.

REZULTATI I RASPRAVA

Početna vlaga grožđa sorte Muškät Hamburg iznosila je 81,45% dok je kod sorte Traminac iznosila 75,25%. Prosječna masa svježih bobica po repeticiji (30 bobica), stavljenih na sušenje iznosila je oko 130 g kod sorte Muškät Hamburg i 60 g kod sorte Traminac. Trajanje konvekcijskog sušenja za sortu Muškät Hamburg iznosilo je 130 sati a za sortu Traminac 105 sati. Rezultati

smanjenja sadržaja vode (%) tijekom konveksijskog sušenja prikazani su kao srednja vrijednost tri ponavljanja (n = 3). Gubitak sadržaja vode tijekom konveksijskog sušenja za sortu Muškat Hamburg prikazan je na slici 1.



Slika 1. Gubitak sadržaja vode (%) tijekom konveksijskog sušenja sorte Muškat Hamburg

Figure 1 Water content (%) loss during the convection drying of Muscat Hamburg variety

*NT – bez laserskog predtretmana (kontrola), 100 mW/60 s – predtretman 100 mW/60 s laserom, 100 mW/120 s – predtretman 100 mW/120 s laserom, 200 mW/60 s – predtretman 200 mW/60 s laserom, 200 mW/120 s – predtretman 200 mW/120 s laserom

Deriviranjem polinomnih jednadžbi II. stupnja dobivene su jednadžbe pravca oblika $dw/dt=C+kt$ na temelju kojih je moguće usporediti nagibe dobivenih krivulja. Sve jednadžbe su negativnog predznaka, što ukazuje na padajuću funkciju, a potvrđuje da se radi o procesu uklanjanja vode (tablica 1).

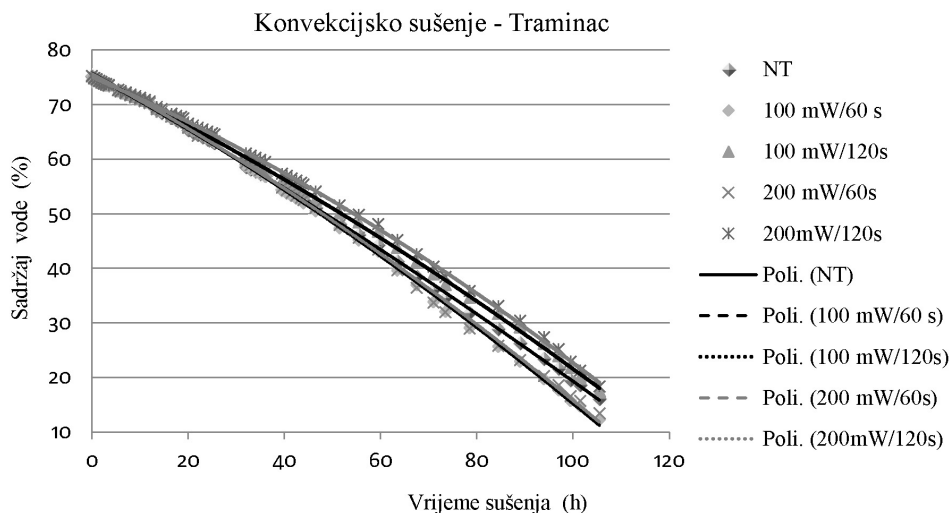
Tablica 1. Polinomne jednadžbe II. stupnja krivulja sušenja konvekcijom sorte Muškät Hamburg

Table 1 Polynomial Equations on the 2nd degree of convection drying curves of Muscat Hamburg variety and derivation of polynomial equations

| Sorta Muškät Hamburg | Polinomne jednadžbe II. stupnja – krivulje sušenja | R ² | R | Derivacije polinomnih jednadžbi II. stupnja |
|----------------------|--|----------------|--------|---|
| NT | $w = -0,0014t^2 - 0,2439t + 81,387$ | 0,9997 | 0,9998 | $dw/dt = - 0,2439 - 0,0028t$ |
| 100 mW/60 s | $w = -0,0019t^2 - 0,2838t + 81,542$ | 0,9997 | 0,9998 | $dw/dt = - 0,2838 - 0,0038t$ |
| 100 mW/120 s | $w = -0,0008t^2 - 0,2367t + 81,391$ | 0,9995 | 0,9997 | $dw/dt = - 0,2367 - 0,0016t$ |
| 200 mW/60 s | $w = -0,0016t^2 - 0,1994t + 80,969$ | 0,9994 | 0,9997 | $dw/dt = - 0,1994 - 0,0032t$ |
| 200 mW/120 s | $w = -0,0009t^2 - 0,2497t + 81,412$ | 0,9996 | 0,9998 | $dw/dt = - 0,2497 - 0,0018t$ |

*NT – bez laserskog predtretmana (kontrola), 100 mW/60 s – predtretman 100 mW/60 s laserom, 100 mW/120 s – predtretman 100 mW/120 s laserom, 200 mW/60 s – predtretman 200 mW/60 s laserom, 200 mW/120 s – predtretman 200 mW/120 s laserom

Uočljivo je da se koeficijenti nagiba dobivenih jednadžbi značajno razlikuju. Iz dobivenih jednadžbi pravca vidljivo je da je koeficijent nagiba najveći kod uzorka tretiranog 100 mW laserom u trajanju od 60 s nakon čega slijedi uzorak tretiran 200mW laserom u trajanju od 60s. Krivulje sušenja navedenih uzoraka su strmije od krivulje sušenja kontrolnog uzorka, što znači da su navedeni predtretmani kod njih uzrokovali intenzivniji gubitak sadržaja vode. Gubitak sadržaja vode tijekom konvekcijskog sušenja za sortu Traminac prikazan je na slici 2.



Slika 2. Gubitak sadržaja vode (%) tijekom konveksijskog sušenja sorte Traminca

Figure 2. Water content (%) loss during the convection drying of Traminac variety

*NT - bez laserskog predtretmana (kontrola), 100 mW/60 s – predtretman 100 mW/60 s laserom, 100 mW/120 s – predtretman 100 mW/120 s laserom, 200 mW/60 s – predtretman 200 mW/60 s laserom, 200 mW/120 s – predtretman 200 mW/120 s laserom

Tablica 2. Polinomne jednadžbe II. stupnja krivulja sušenja konveksijom sorte Traminac

Table 2 Polynomial Equations on the 2nd degree of convection drying curves of Traminac variety and derivation of polynomial equations

| Sorta Traminac | Polinomne jednadžbe II. stupnja – krivulje sušenja | R ² | R | Derivacije polinomnih jednadžbi II. stupnja |
|----------------|--|----------------|--------|---|
| NT | $w = -0,0007t^2 - 0,4975t + 75,665$ | 0,9995 | 0,9997 | $dw/dt = - 0,4975 - 0,0014t$ |
| 100 mW/60 s | $w = -0,0012t^2 - 0,4896t + 75,773$ | 0,9992 | 0,9996 | $dw/dt = - 0,4896 - 0,0024t$ |
| 100 mW/120 s | $w = -0,001t^2 - 0,4319t + 75,235$ | 0,9995 | 0,9997 | $dw/dt = - 0,4319 - 0,002t$ |
| 200 mW/60 s | $w = -0,0012t^2 - 0,4775t + 75,678$ | 0,9986 | 0,9993 | $dw/dt = - 0,4775 - 0,0024t$ |
| 200 mW/120 s | $w = -0,0014t^2 - 0,3844t + 75,072$ | 0,9996 | 0,9998 | $dw/dt = - 0,3844 - 0,0028t$ |

*NT – bez laserskog predtretmana (kontrola), 100 mW/60 s – predtretman 100 mW/60 s laserom, 100 mW/120 s – predtretman 100 mW/120 s laserom, 200 mW/60s – predtretman 200 mW/60 s laserom, 200 mW/120 s – predtretman 200 mW/120 s laserom

Vrijeme trajanja konvekcijskog sušenja sorte Traminac bilo je nešto kraće u odnosu na sortu Muškat Hamburg. Razlog tome je prvenstveno to što sorte s manjom bobicom imaju veću površinu kože u odnosu na volumen pa se zbog toga brže prosušuju. Pored toga na brzinu sušenja značajno mogu utjecati i klimatski uvjeti tijekom uzgoja, sortne karakteristike, kemijski sastav i drugo.

Iz dobivenih rezultata konvekcijskog sušenja sorte Traminac vidljivo je da je kod bobica predtretiranih 100 i 200 mW laserom u trajanju od 60 s uklanjanje vode intenzivnije u odnosu na kontrolni uzorak što dokazuje da navedeni predtretmani pozitivno utječu na brzinu sušenja.

Temeljem rezultata, može se zaključiti kako je nakon uklanjanja voštane presvlake kemijskim predtretmanom, laserski predtretman pokazao značajan utjecaj na brzinu uklanjanja vode iz materijala. Potrebno je naglasiti da je mehanizam djelovanja niskoenergetskog laserskog zračenja na uklanjanje vode još uvijek djelomično nerazjašnjen pa je stoga ove procese potrebno još dodatno pažljivo istražiti. Razlike u brzini otpuštanja vode kod tretiranih materijala mogu se objasniti činjenicom da heterogena građa bioloških materijala uvjetuje i različita optička svojstva, a efekt koherentnog zračenja određuje količina energije koja se apsorbira u biološkom tkivu. Goldman (1981.) navodi da je apsorpcija elektromagnetskog zračenja osnova za primjenu lasera u interakciji s biološkim materijalima. Autor također ističe da količina apsorbirane energije i oblik interakcije s tkivima ovise o nekoliko čimbenika, od kojih su najvažniji valna duljina zračenja, snaga lasera, način rada lasera i optička svojstva biološkog materijala. Budući da je energija snaga u jedinici vremena, to je očito da primijenjena energija raste sa snagom lasera i duljinom izlaganja laserskom zračenju. Također treba imati na umu da određena gustoća energije laserskoga zračenja izaziva biostimulacijski učinak koji ne izaziva destrukciju, već strukturne promjene gradivnih komponenti, što se u konačnici može manifestirati povećanom brzinom sušenja laserom predtretiranih uzoraka.

Ciljem navedenog daljnje analize trebale bi biti usmjerene na potpuno eliminiranje kemijskih predtretmana, što bi se moglo ostvariti primjenom lasera veće izlazne snage čime bi i značajno utjecali na smanjenje onečišćenja okoliša, ali i na zdravlje ljudi, s obzirom da nema ostataka kemijskih sredstava koje nakon primjene treba adekvatno zbrinuti, a koje potencijalno mogu negativno utjecati na čovjeka i okoliš.

ZAKLJUČAK

Pojedini biljni materijali zbog različitog sastava i građe ne raspršuju snop laserskog svjetla na isti način te je stoga potrebno pronaći ravnotežu između

izlazne snage lasera, fokusiranja laserskog snopa i biološkog efekta procesa. Pri korištenju lasera izlazne snage veće od 1 mW, postavlja se pitanje mjera sigurnosne zaštite, zbog toga što laserska svjetlost iznad te vrijednosti može trajno oštetiti ljudsko oko i utjecati na pravilan vid. Zbog toga postupanje s laserima izlazne snage veće od 1 mW zahtjeva poštivanje propisanih sigurnosnih mjera. Također treba imati na umu da izlaganje biljnog materijala laserskoj svjetlosti veće snage može izazvati trajna oštećenja materijala iako je period izloženosti vrlo kratak.

Kod sorte Muškata Hamburg tijekom konvekcijskog sušenja skraćivanje vremena sušenja zabilježeno je kod uzoraka predtretiranih laserom od 100 mW u trajanju od 60 s. Kod sorte Traminac tijekom konvekcijskog sušenja skraćivanje vremena sušenja u odnosu na kontrolni uzorak zabilježeno je kod uzoraka predtretiranih laserom od 100 i 200 mW u trajanju od 60 s. Tijekom konvekcijskog sušenja sorta Traminac intenzivnije je otpuštala vodu u odnosu na sortu Muškata Hamburg. Na osnovi dobivenih rezultata može se zaključiti da se laseri male izlazne snage, u kombinaciji s kemijskim metodama, mogu koristiti kao jeftin i efikasan predtretman sušenju grožđa. Kvalitetno provođenje predtretmana i sušenja grožđa važno je zbog dobivanja kvalitetnog proizvoda, međutim, s ciljem dobivanja cjelokupne slike potrebno je provesti daljnja istraživanja kemijskog sastava osušenog proizvoda.

LITERATURA

- AOAC (2002.): Official methods of analysis (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- COHEN, J. S., YANG, T.C.S. (1995.): Progress in food dehydration. Trends in Food Science and Technology. 6: 20-25.
- GALIĆ, A., PLIESTIĆ, S., DOBRIČEVIĆ, N., VOĆA, S., ŠIĆ ŽLABUR, J. (2017.): Predsušenje lista stevije (*Stevia Rebaudiana*) kao dodatka za krmne smjese uporabom nisko energetske laserske zračenja. Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 79 (1-2), 3-14.
- GALIĆ, A., PLIESTIĆ, S., JOVIĆ, F., NENADIĆ, K., JOVIĆ, A. (2014.): An energy efficient corn grains drying process. Tehnički vjesnik, vol. 21 (6), 1395-1401.
- GOLDMAN, L. (1981.): Basic reactions in tissue, in: The Biomedical Laser: Technology and Clinical Applications. L. Goldman (ed.). New York: Springer-Verlag, 123–126.

- MUSIELAK, G., MIERZWA, D., KROEHNKE, J. (2016.): Food drying enhancement by ultra sound – A review. Trends in Food Science & Technol. 56, 126-133.
- NENADIĆ, K., JOVIĆ F., PLIESTIĆ, S. (2008.): An Investigation of Automatic Treatment of Seeds With Low Power Laser Beam,” Automatics, 49 (3-4), 127-134,
- NENADIĆ, K., POPOVIĆ, R., JOVIĆ, F. (2007.): Preconditions for Automatic Laser Treatment of Wheat Grain. Proceedings Agricontrol - 2nd IFAC international conference on modeling and design of control systems in agriculture, Osijek, Hrvatska, September 03-05, 2007.
- PLIESTIĆ, S. (2007.): Projekt MZOS: Identifikacija samooporavljivih mehanizama u biološkim materijalima“
- WANG, J., MUJUMDAR, A.S., MU, W., FENG, J. ZHANG, X., ZHANG, Q., FANG, X. M., GAO Z. J., XIAO, H. W. (2016.): Grape Drying: Current Status and Future Trends, Grape and Wine Biotechnology, IntechOpen, DOI: 10.5772/64662.

Adresa autora – Author's address:

Ante Galić,
Stjepan Pliestic,
Jana Šic Žlabur, e-mail: jszlabur@agr.hr
Sandra Voća
Nick Borna Pavić, Student diplomskog studija
Poljoprivredna tehnika/Mehanizacija

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska