

# Primjena niskoenergetskih lasera kao neinvazivnog predtretmana pri sušenju grožđa

---

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

Source / Izvornik: **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 624 - 628**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:550726>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



## Primjena niskoenergetskih lasera kao neinvazivnog predtretmana pri sušenju grožđa

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

*Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska (agalic@agr.hr)*

### Sažetak

Cilj rada je bio utvrditi mogućnost primjene lasera kao predtretmana sušenju grožđa. Bobice grožđa tretirane su 100 i 200 mW laserima u trajanju od 60 i 120 s. Za analizu je korišteno svježje ubrano grožđe sorti Traminac i Muškat Hamburg s početnim udjelima vlage od 81,45 % i 77,25 %. Kod obe analizirane sorte dobivene krivulje sušenja se razlikuju ali su sve negativnog predznaka, što ukazuje na padajuću funkciju, a potvrđuje da se radi o procesu sušenja. Kod sorte Traminac primijećen je značajniji gubitak vode tijekom laserskog tretmana nego kod sorte Muškat Hamburg što se može pripisati razlikama u građi bobica među odabranim sortama. Iz rezultata je vidljivo da lasersko zračenje utječe na migraciju vode iz unutrašnjosti na površinu, te se kao takvo može koristiti kao učinkovit predtretman sušenju grožđa koji ujedno ne oštećuju biljni materijal.

**Ključne riječi:** laser, predtretman, grožđe, Traminac, Muškat Hamburg

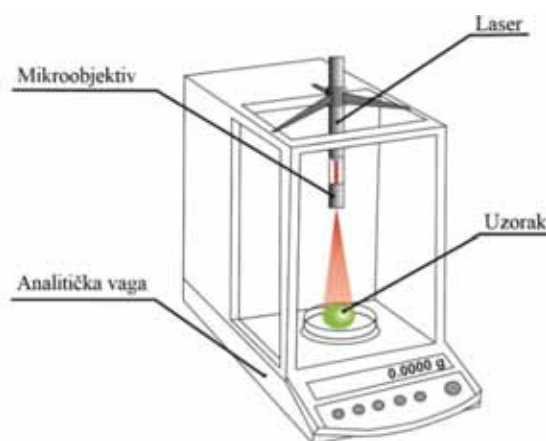
### Uvod

Grožđe se uglavnom suši u svrhu proizvodnje grožđica te aromatiziranja i proizvodnje desertnih vina. Predtretmani sušenja grožđa su potrebni zbog specifičnog voštanog sloja kojim je prekrivena kožica ploda. Vosak na kožici grožđa služi kao zaštitna barijera protiv gljivičnih patogena te štiti grožđe od UV zračenja i fizičkih ozljeda. Međutim, prisutnost voska na kožici prepreka je sušenju i zbog toga ga je potrebno ukloniti (Wang i sur. 2016.). U tu svrhu koriste se različite vrste predtretmana poput toplinskih, kemijskih i abrazivnih. U posljednje vrijeme došlo je do porasta interesa za korištenje elektromagnetskog (EM) zračenja kao neinvazivne metode u preradi poljoprivrednih proizvoda. U tu svrhu se koristi EM zračenje u obliku mikrovalova, infracrvenog i koherentnog (laserskog) zračenja. Tri najčešća načina kombiniranja uporabe EM zračenja s konvencionalnim sušenjem su: predgrijavanje (pospešuje migraciju vode iz unutrašnjosti na površinu, odakle se ona uklanja sušenjem vrućim zrakom), dodatno sušenje (energija EM zračenja se koristi kada brzina konvencionalnog načina sušenja počne opadati) i završno sušenje (korištenjem EM zračenja na izlazu iz konvencionalne sušilice ubrzava se uklanjanje preostale vode). Za razliku od visokoenergetskih lasera, niskoenergetski laseri ne uzrokuju uništavanje biljnog materijala, već samo strukturne promjene građivnih komponenti, što otvara mogućnost njihove široke primjene. Budući da se laserska zraka može fokusirati na vrlo malo područje, laser je uređaj koji može precizno dozirati dozračenu energiju. Kontroliranjem vremena izloženosti materijala laseru direktno možemo kontrolirati količinu energije koju materijal može primiti. Pri tome treba imati na umu da prodiranje i apsorpcija energije zračenja ovisi o vrsti biljnog materijala, njegovom sastavu te o valnoj duljini laserskog svjetla (Hernandez i sur., 2010.). Dosadašnja istraživanja na na laserima male izlazne snage pokazala su da njihova primjena izaziva više pozitivnih reakcija na biljnom materijalu, što im otvara mogućnost široke primjene (Nenadić i sur. 2007.; Galić i sur. 2017.). Pošto su pojedine fizikalne metode predobrade, poput primjene mikrovalnog zračenja, pulsirajućeg električnog

polja i ultrazvuka, kao i njihove kombinacije s kemijskim metodama pokazale dobre rezultate pri skraćivanju vremena sušenja biljnih materijala, cilj ovog rada bio je utvrditi mogućnost korištenja lasera kao predtretmana u procesu sušenja grožđa.

### Materijal i metode

Za analizu je korišteno svježe ubrano grožđe sorti Traminac s početnim udjelom vode 81,45 % i Muškat Hamburg s početnim udjelom vode od 77,25%. Početna vlažnost materijala određena je standardnom AOAC metodom (1990.), sušenjem u laboratorijskoj sušilici (INKO ST40T) na 105 °C pri atmosferskom tlaku do konstantne mase. Prije laserskog tretmana, grožđe je oprano kako bi se uklonile prisutne nečistoće. Voštani premaz je uklonjen uranjanjem grožđa u 0,5% otopinu NaOH u trajanju od 60 sekundi nakon čega su bobice isprane destiliranom vodom i otrgnute sa peteljki. Uklonjene su pljesnive i oštećene bobice, a za analizu su odabrane bobice ujednačenog oblika i veličine. Bobice su podvrgnute laserskom zračenju izlazne snage 100 mW (HLM1845) i 200 mW (HLP18130) oba u crvenom dijelu spektra vidljive svjetlosti ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ). Korištene su različite izlazne snage lasera kako bi se utvrdio njihov utjecaj na proces uklanjanja vode. Dva glavna elementa opreme za provođenje laserskog tretmana su izvor koherentne svjetlosti i mikroobjektiv sastavljen od dvije optičke leće kojim se postiže širenje laserske zrake. Širenje laserske zrake je provedeno kontrolirano unutar izračunatog radijusa snopa s ciljem da se njome obuhvati pojedina bobica pri čemu se pazilo da ono ne bude pre veliko jer bi se time smanjila izlazna snaga zračenja (Pliestic, 2007). Trajanje tretmana mjereno je elektroničkim kronometrom. Tijekom tretmana bobice grožđa postavljene su na laboratorijsku analitičku vagu Sartorius BP 221S (Göttingen, Njemačka) s razredom točnosti mjerenja I i podjeljkom ljestvice od 0,1 mg. Mjerenjem promjene mase tijekom tretmana određena je količina isparene vode. Svi rezultati prikazani su kao srednje vrijednosti od 30 ponavljanja ( $n=30$ ). Za vrijeme trajanja tretmana relativna vlažnost zraka iznosila je 77 %, a atmosferski tlak oko 1013 hPa.



Slika 1. Postupak laboratorijskog provođenja laserskog tretmana

Pojedinačne bobice grožđa postavljene su unutar osvijetljenog područja promjera 15 mm. Bobice su tretirane samo s jedne strane u kontroliranim vremenskim intervalima od 60 i 120 s. Površina osvijetljene površine izračunata je pomoću sljedeće jednadžbe:

$$A = r^2\pi \quad (1)$$

Izračun predane energije unutar osvijetljenog područja proveden je pomoću jednadžbe:

$$\text{Intenzitet} = \frac{E_{\text{lasera}} (W)}{A (m^2)} \times \text{trajanje tretmana} (s) \quad (2)$$

Energija pojedinačnog fotona izračunata je pomoću jednadžbe:

$$E_{\text{fotona}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (3)$$

gdje su:  $h$  – Planckova konstanta ( $6,626 \times 10^{-34}$  Js);  $\nu$  – frekvencija fotona =  $4,61538 \times 10^{15}$  s $^{-1}$ ;  $c$  – brzina svjetlosti =  $2,99 \times 10^8$  ms $^{-1}$ ;  $\lambda$  – valna duljina (650 nm).

Broj fotona emitiranih od strane lasera određen je pomoću jednadžbe:

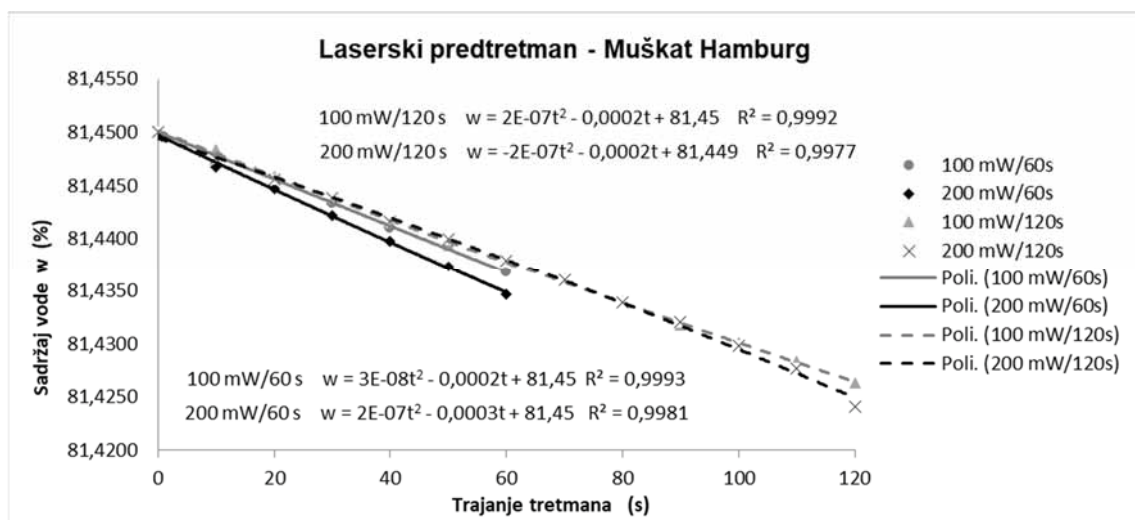
$$n_{\text{fotona}} = \frac{E_{\text{laser}}}{E_{\text{foton}}} \quad (4)$$

Ukupna energija izvora laserske svjetlosti tijekom tretmana izračunata je pomoću jednadžbe:

$$E_{\text{lasera}} = E_{\text{fotona}} \times n_{\text{fotona}} \times \text{trajanje tretmana} \quad (5)$$

### Rezultati i rasprava

Prema jednadžbi (1), osvijetljena površina iznosila je  $1,766 \times 10^{-4}$  m $^2$ . Intenzitet laserskog zračenja iznosio je 566,17 Wsm $^{-2}$  za laser od 100 mW i 1132,34 Wsm $^{-2}$  za laser od 200 mW. Energija pojedinačnog fotona izračunata jednadžbom (3) iznosila je  $3,06 \times 10^{-18}$  J. Broj fotona iz pojedinačnih laserskih izvora izračunat iz jednadžbe (4) iznosio je  $3,27 \times 10^{16}$  fotona s $^{-1}$  za laser od 100 mW i  $6,54 \times 10^{16}$  fotona s $^{-1}$  za laser od 200 mW. Ukupna energija koju su laseri isporučili tijekom 60 s bila je 6 J za 100 mW laser i 12 J za 200 mW laser, dok je tijekom 120 s iznosila 12 J za 100 mW laser i 24 J za 200 mW laser. Iz rezultata se može vidjeti da su količine energije koje emitiraju laseri relativno male. Sukladno tome toplinski utjecaj lasera je zanemariv, pa se može zaključiti da je efekt laserskog djelovanja na bobice grožđa isključivo posljedica biostimulacije. Lasersko tretiranje sorte Muškata Hamburg u trajanju od 60 s rezultiralo je smanjenjem sadržaja vode od 0,0132 % kod 100 mW lasera i 0,0153 % kod 200 mW lasera. Tijekom tretmana od 120 s, smanjenje sadržaja vode iznosilo je 0,0236 % kod 100 mW lasera i 0,0259 % kod 200 mW lasera. Lasersko tretiranje sorte Traminac u trajanju od 60 s rezultiralo je smanjenjem sadržaja vode od 0,0241 % kod 100 mW lasera i 0,0382 % kod 200 mW lasera. Tijekom tretmana od 120 s, smanjenje sadržaja vode iznosilo je 0,0562 % kod 100 mW lasera i 0,0626 % kod 200 mW lasera. Iz rezultata je vidljivo da tijekom tretmana sorta Traminac ispušta više vode od sorte Muškata Hamburg što se može pripisati razlici u građi njihovih bobica. Analiza brzine otpuštanja vode prikazana je grafikonima 1 i 2 a krivulje sušenja u tablicama 1 i 2.



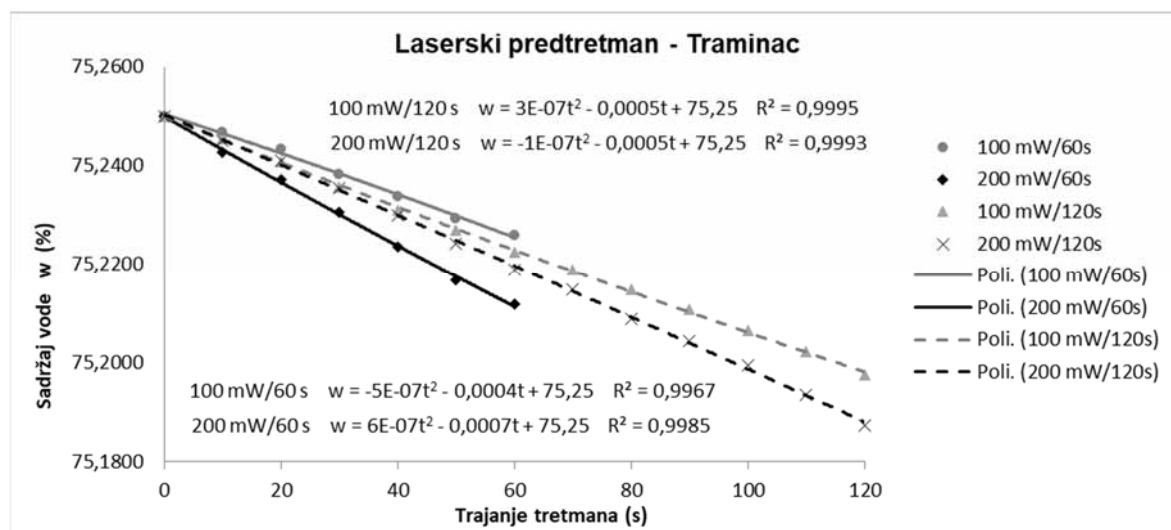
Grafikon 1. Gubitak sadržaja vode (%) sorte Muškata Hamburg tijekom laserskog tretmana

Da bi se dobivene krivulje sušenja mogle uspoređivati, odnosno da bi se utvrdili njihovi međusobni odnosi nagiba, provedeno je njihovo deriviranje  $dw/dt$  (tablice 1 i 2).

Tablica 1. Derivacije polinomnih jednadžbi II. stupnja - krivulje sušenja sorte Muškati Hamburg tijekom laserskog tretmana

	Izlazna snaga lasera / trajanje tretmana	Derivacije polinomnih jednadžbi II. stupnja
Muškati Hamburg	100 mW/60 s	$dw/dt = -0,0002 + 6 \times 10^{-8}t$
	200 mW/60 s	$dw/dt = -0,0003 + 4 \times 10^{-7}t$
	100 mW/120 s	$dw/dt = -0,0002 + 4 \times 10^{-7}t$
	200 mW/120 s	$dw/dt = -0,0002 + 4 \times 10^{-7}t$

Kod sorte Muškati Hamburg rezultati sve jednadžbe su negativnog predznaka, što ukazuje na padajuću funkciju, a potvrđuje da se radi o procesu sušenja materijala. Kod tretmana u trajanju od 60 s vidljivo je da se koeficijenti nagiba dobivenih jednadžbi razlikuju. Koeficijent nagiba je veći kod uzorka tretiranog 200 mW laserom što pokazuje da je brzina uklanjanja vode pri navedenom tretmanu intenzivnija. Kod tretmana u trajanju od 120 s, vidljivo je da su koeficijenti nagiba dobivenih jednadžbi jednaki, odnosno da nema značajne razlike u brzini uklanjanja vode među laserima od 100 i 200 mW.



Grafikon 2. Gubitak sadržaja vode (%) sorte Traminac tijekom laserskog tretmana

Tablica 2. Derivacije polinomnih jednadžbi II. stupnja - krivulje sušenja sorte Traminac tijekom laserskog tretmana

	Izlazna snaga lasera / trajanje tretmana	Derivacije polinomnih jednadžbi II. stupnja
Traminac	100 mW/60 s	$dw/dt = -0,0004 - 10 \times 10^{-7}t$
	200 mW/60 s	$dw/dt = -0,0007 + 12 \times 10^{-7}t$
	100 mW/120 s	$dw/dt = -0,0005 + 6 \times 10^{-7}t$
	200 mW/120 s	$dw/dt = -0,0005 - 2 \times 10^{-7}t$

I kod sorte Traminac dobivene jednadžbe su negativnog predznaka, što ukazuje na padajuću funkciju. Kod tretmana u trajanju od 60 s, smanjenje sadržaja vode je bilo intenzivnije kod



tretiranja 200 mW laserom, dok je kod tretmana u trajanju od 120 s smanjenje sadržaja vode je bilo intenzivnije kod primjene 100 mW lasera. Iz rezultata je vidljivo da lasersko zračenje pospješuje migraciju vode iz unutrašnjosti na površinu, te se kao takvo može koristiti kao učinkoviti predtretmani sušenju grožđa koji ujedno ne oštećuju biljni materijal i nije štetan za okoliš. Međutim, za praktičnu primjenu potrebno je razviti uređaje s integriranom mrežom laserskih dioda kojima bi se mogao vršiti predtretman veće količine grožđa.

### Zaključak

Tretmani niskoenergetskim laserima tijekom 60 i 120 s uzrokovali su smanjenje sadržaja vode u svim analiziranim uzorcima. Razine smanjenja sadržaja vode vrlo su niske i kreću se u rasponu od 0,0132 do 0,0626 %. Rezultati navode na to da postoji indicija utjecaja laserskog zračenja na kinetiku sušenja, no kako bi se potvrdili takvi rezultati potrebno je provesti daljnja istraživanja u koja je potrebno uključiti i lasere drugih izlaznih snaga i valnih duljina.

### Literatura

- AOAC Official methods of Analysis (16th ed.). (1995). AOAC standard, Association of Official Analytical Chemists. Washington, USA.
- Galić A., Plietić S., Dobričević N., Voća S., Šic Žlabur J. (2017). Predsušenje lista stevije (*Stevia Rebaudiana*) kao dodatka za krmne smjese uporabom nisko energetskog laserskog zračenja. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*. 79(1-2): 3-14.
- Hernandez A.C., Dominguez P.A., Cruz O.A., Ivanov R., Carballo C.A., Zepeda B.R. (2010). Laser in agriculture. *International Agrophysics*. 24: 407–422.
- 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.
- Plietić 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.

### Application of low energy lasers as a non-invasive pretreatment for grape drying

#### Abstract

The aim of this study was to determine the possibility of using a laser as a pretreatment for drying grapes. Grape berries were treated with lasers of 100 and 200 mW for 60 and 120 s, respectively. Freshly harvested Traminac and Muscat Hamburg grapes with initial moisture content of 81.45% and 77.25% were used for the analysis. For both varieties analyzed, the drying curves obtained differ but all have a negative sign, indicating a decreasing function and confirming that it is a drying process. In the Traminac variety, a greater water loss was observed during the pretreatment than in the Muscat Hamburg variety, which can be attributed to differences in the structure of the berries. The results show that laser radiation affects the migration of water from the interior to the surface and can thus be used as an effective pretreatment for drying grapes, which also does not damage the plant material.

**Key words:** laser, pre-treatment, grapes, Traminer, Muscat Hamburg