

Ana Matin<sup>1</sup>, Ivan Brandić, Karlo Špelić<sup>1</sup>, Božidar Matin<sup>3</sup>,  
Vanja Jurišić<sup>2</sup>, Luka Brezinščak<sup>1</sup>

Pregledni rad

## Potencijal uzgoja, dorade i skladištenja gorušice

### Sažetak

Kao jedna od najstarijih kultiviranih biljaka, gorušica ima značajan uzgojni potencijal koji se može iskoristiti u proizvodnji hrane, medicinske svrhe i kemijskoj industriji. Unatoč povoljnoj klimi i uvjetima za njen uzgoj, gorušica ostaje nedovoljno zastupljena u poljoprivrednoj praksi Republike Hrvatske, što predstavlja neiskorišteni potencijal razvoja poljoprivredne proizvodnje i diversifikacije tržišta. Cilj rada je istražiti potencijal gorušice kao poljoprivredne kulture i mogućnosti njene primjene u navedenim područjima. Istraživanje uključuje pregled tehnika sušenja i skladištenja sjemena, koje su od iznimne važnosti za očuvanje nutritivne vrijednosti i kvalitete. Gorušica, kao prilagodljiva kultura, može značajno doprinijeti razvoju održive poljoprivrede i tržišta inovativnih proizvoda, čime se otvara potencijal za njenu širu primjenu i gospodarsko valoriziranje.

**Ključne riječi:** gorušica, senf, sušenje, skladištenje

### Uvod

Gorušica pripada među najstarije uzgojene biljke i prema zapisima na sanskrtu koji datiraju 3000. pr. Kr. smatra se najstarijim zabilježenim začinom (Dixon, 2006., Sharma i sur., 2024.). To je jednogodišnja biljka iz porodice krstašica (*Brassicaceae*) koja uključuje preko 330 rodova i 3 700 vrsta koje su rasprostranjene diljem svijeta. Od mnogo vrsta samo tri se koriste za proizvodnju senfa i drugih začina i to su: žuta ili bijela gorušica (*Sinapsis alba* syn. *Brassica hirta* Moench ili *Brassica alba*), smeđa ili istočnjačka gorušica (*Brassica juncea* (L.) i crna ili tamnosmeđa gorušica (*Brassica nigra*) (Prasai i Yadav, 1999., Warwick i sur., 2006.).

Gorušica ima dugu povijest korištenja u tradicionalnoj medicini zbog antioksidativnih i protuupalnih svojstva sjemenki pa se koristila za poboljšanje probave, smanjenje bolova i ublažavanje simptoma respiratornih bolesti (Bajpai i sur., 2023.). Postoje zapisi koji pokazuju da su grčki liječnici, uključujući Eskulapa kao i znanstvenici poput Pitagore i Hipokrata, koristili sjemenke gorušice zbog njezinih ljekovitih svojstava (Rahman i sur., 2024.). Tako je Pitagora (503. pr. Kr.) preporučio gorušicu kao oblog za liječenje uboda škorpiona, dok je Hipokrat približno 100 godina kasnije naveo niz unutarnjih i vanjskih medicinskih upotreba sjemenki gorušice (Thomas i sur., 2012.).

Prva zabilježena uporaba senfa kao začina datira još iz Rimskog carstva gdje su Rimljani usitnjavali sjemenke gorušice u pastu, miješajući ih s octom ili vinom kako bi stvorili umak

1 izv. prof. dr. sc. **Ana Matin**, dr. sc. **Ivan Brandić**, **Karlo Špelić**, mag. ing. agr., 2 izv. prof. dr. sc. **Vanja Jurišić**, dr. sc. **Luka Brezinščak**, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
3 **Božidar Matin**, mag. ing. agr., Sveučilište u Zagrebu Fakultet Šumarstva i drvne tehnologije, Svetošimunska cesta 23, 10000 Zagreb, Hrvatska

Autor za korespondenciju: [kspelic@agr.hr](mailto:kspelic@agr.hr)

sličan današnjem senfu. Rimski recept iz IV st. pr. Kr. za pečenog vepra navodi korištenje maslinovog ulja, meda, octa, zdrobljenih sjemenki gorušice kao i desetak drugih začinskih biljaka (Laurent, 2013., Vashisth i sur., 2011.).

Danas postoji mnogo vrsta gorušica koje su dostupne diljem svijeta, a svaka odražava lokalnu, regionalnu i nacionalnu kuhinju, međutim za svaku su potrebni pravilni postupci uzgoja, dorade i skladištenja.



**Slika 1.** Sjeme gorušice (Izvor: <https://www.herbalreality.com/herb/mustard-seed/>)

**Figure 1.** Mustard seed (Source: <https://www.herbalreality.com/herb/mustard-seed/>)

### Uzgoj gorušice

Zbog svojih iznimnih svojstava uzgoj gorušice proširio se po cijelome svijetu, iako je većina proizvodnje bazirana u Kanadi, Nepal, SAD-u, Rusiji, Češkoj, Rumunjskoj, Slovačkoj, Njemačkoj, Francuskoj i Velikoj Britaniji. U pravilu gorušica je hladna sezonska kultura, dobro prilagođena kratkoj sezoni rasta. Prema Bharati i sur. (2020.) te Shekhawat i sur. (2012.) može se uzgajati u tropskim i subtropskim krajevima kao kultura za hladno vrijeme, gdje tolerira godišnja količinu oborina od 500 do 4 200 mm, temperaturu od 6 do 27 °C te pH od 4,3 do 8,3.

U pravilu, gorušica preferira dobro prozračena tla jer loša aeracija u zoni korijena trajno zaustavlja rast biljke. Najbolje uspijeva u tlu s gotovo neutralnim pH, ali će tolerirati alkalna i blago slana tla. Ima male potrebe za vodom (240-400 mm), što se dobro uklapa u kišnim sustavima uzgoja (Shekhawat i sur., 2012.).

Tehnika obrade tla prije sjetve gorušice ovisi o zemljišnim resursima i stanju tla, obzirom da obrada utječe na rast biljaka i na prinos zrna. Sustavi obrade tla za uzgoj gorušice su konvencionalna, reducirana i no-till obrada. Minimalna obrada tla, sa ili bez slame, doprinosi očuvanju vlage u tlu kao i dostupnost vlage tijekom rasta usjev, što za posljedicu ima povećanje mase korijena te prinosa sjemena (Asoodari i sur., 2001.). Naknadnim oslobađanjem sačuvane vlage u tlu regulira se pravilan status vode u biljci, temperatura tla te mehanička otpornost tla (Bharati i sur., 2020.).

Kao i obrada, tako i sjetva gorušice ovisi o mnogo *činitelja*, a jedan od najvažnijih je vrijeme sjetve koje utječe na fenološki razvoj usjeva - sjetva u optimalno vrijeme daje veće prinose, dok zakašnjela sjetva rezultira slabim rastom biljke, niskim urodom i pojavom bolesti i štetnika. Sjetva se može provesti na više načina i to kao sjetva u grebene, brazde te konvencionalna sjetva. Sjemenke gorušice su sitne i trebale bi se sijati u vlažnu, čvrstu i plitku podlogu kako bi se osiguralo brzo klijanje i nicanje. *Količina sjemena* za sjetvu u rasponu je od 6 kg/ha za smeđu i crnu te 10-12 kg/ha za žutu gorušicu (Bhadouria, 2015.).

Adekvatna opskrba hranjivim tvarima povećava prinose sjemena te kvalitetu same biljke, kao sirovine u kulinarstvu (Chitale i Bhambri, 2001.).

Žuta ili bijela gorušica (*Sinapsis alba* syn. *Brassica hirta* Moench ili *Brassica alba*) autohtona je kultura u južnoj Europi. U posljednje vrijeme najviše se uzgaja u Australiji, Kini, Čileu, Danskoj, Italiji, Japanu, Ujedinjenom Kraljevstvu, Nizozemskoj, Sjevernoj Africi, Kanadi i Sjedinjenim Američkim Državama (Farrell, 1985.). Jednogodišnja je zeljasta biljka koja naraste do 1,2 m. Listovi su joj naizmjenični, dugi, čekinjasto razgranati, nepravilno nazubljeni, na peteljci, dlakavi na obje strane. Cvjetovi su joj mali, žuti s četiri latice, križni, ima šest prašnika (četiri duža i dva kraća) i jedan tučak (njuška, vrat i plodnica). Plod joj je čekinjasta mahuna okrugla, rebrasta i s dugim enziformnim kljunom, raširena u grozdu. Mahuna sadrži sjemenke koje su okrugle i žučkaste. Veličine su oko 1,5-3 mm, bez koštica, ovojnica sjemena je tanka, endosperm je oskudan i nevidljiv golim okom; zametak velik, žučkast, sa zakrivljenim hipokotilima, radikula djelomično okružena s dva naborana kotiledona. Žuta gorušica ima sjeme koje nema nikakav miris kada se zdrobi u vodi (Salisbury, 2006.) te senf proizveden od njih nježnog je okusa.

Smeđa ili istočnjačka gorušica (*Brassica juncea* (L.) je izvorno unesena iz Kine u sjevernu Indiju gdje se proširila na Afganistan preko Punjaba (Sambamurthy i Subramanyam, 2000.). Ova vrsta je nastala križanjem *Brassica nigra* s *Brassica campestris* (Saucer, 1993.). Jednogodišnja je zeljasta, uspravna i razgranata biljka do 1,5 m i glavni je izvor ljutine među kultiviranim gorušicama. Cvjetovi su mali i svijetlo žute boje. Sjemenke su male i sadrže čak 35 % ulja (Charles, 2012.). Senf proizveden od ovih sjemenki ima orašasti, slatki i mekani okus.

Crna ili tamnosmeđa gorušica (*Brassica nigra* (L.) naziva se i pravom gorušicom. *Brassica nigra* važna je ne samo kao usjevna biljka, već je također pridonijela evolucija nekoliko vrsta u rodu *Brassica*. Jednogodišnja je zeljasta biljka koja naraste u visinu do 3 m. Listovi su joj peteljkasti i naizmjenični. Donji listovi su joj krupni, hrapavi, nepravilno ulubljeni – nazubljeni, perasti s terminalnim režnjem te velikim i malim donjim režnjevima. Gornji listovi su joj glatki i umjereno režnjeviti. Cvjetovi su joj mali svijetlo žuti, križni s četiri latice. Plod je četverokutan, gladak s kratkim kljunom, dok su sjemenke veličine oko 2 mm ili manje, crveno-smeđe do crne boje, a senf proizveden od njih ima najoštriji orašasti okus (Uhl, 2000.).

Žetva sjemenki gorušice u Europi se uvijek obavlja izravnim kombiniranjem ili otkosom, dok je vlažnost sjemena oko 12 do 13 %. Sorte žute ili bijele gorušice sazrijevaju za 80-85 dana, dok smeđe ili istočnjačke i crne ili tamnosmeđe za oko 90-95 dana. Ostvarenje prinosa u komercijalnom uzgoju je oko 1 000 kg/ha za žutu i oko 1 500 kg/ha za smeđu gorušicu.

### Upotreba gorušice

Cijela biljka gorušice je iskoristiva na mnogo načina. Ne koristi se samo kao hrana, već se također koristi u industriji za pripremu sapuna, kožnih proizvoda, gnojiva, medonosnih usjeva, lijekova, biogoriva i ostalih proizvoda (Leung i Foster, 1996.). Jednako tako, koristi se i kao laksativ, za liječenje astme, izazivanje povraćanja, liječenje reumatizma, artritisa i lumbaga. Prema literaturi dokazano je da sjeme i listovi gorušice imaju i antioksidativna svojstva (Young i sur., 2003., Yokozawa i sur., 2002., Tiku i sur., 2008., Benson i Devi, 2009., Jung i sur., 2009., Lee i sur., 2010., Gill i sur., 2011., Khattak, 2011., Yuan i sur., 2011.).

Treća je po važnosti uljarica za proizvodnju jestivog ulja u svijetu, nakon sojinog i palminog ulja (Kumar, 2016.) jer se sjemenke uglavnom sastoje od ulja (28-42 %), proteina (25-40 %), ugljikohidrata (15-35 %), vlakana (10-15 %), minerala (5-10 %) i biljnih sekundarnih metabolita (do 10 %), a uključuje još i fenolne spojeve, tanine i glukozinolate (Von Der Haar i sur., 2014.).

Ulje gorušice je jedno od popularnijih biljnih ulja i široko korišteno u mnogim dijelovima Azije. Dobiva se hladnim prešanjem nakon čega ostaje pogača iz koje se pak destilacijom vodenom parom ili ekstrakcijom otapalima, dobiva eterično ulje gorušice (Thomas i sur., 2012.).



**Slika 2.** Ulje sjemenki gorušice (Izvor: <https://www.healthshots.com/healthy-eating/nutrition/mustard-oil-benefits/>)

**Figure 2.** Mustard seed oil (Source: <https://www.healthshots.com/healthy-eating/nutrition/mustard-oil-benefits/>)

Ipak primarni uzgoj gorušice još uvijek je za proizvodnju senfa. Na tržištu su dostupne razne mješavine senfa i tako postoji:

Američki stil senfa koji se proizvodi od sjemenki bijele gorušice, pomiješanih sa šećerom i vinom ili octom te obojenih kurkumom.

Bordeaux stil senfa koji se proizvodi od pravi od crnih neoljuštenih sjemenki, pomiješanih s neprevrelim vinom. Neoljuštene sjemenke mu daju jaku, aromatičnu aromu.

Njemački stil senfa je homogena mješavina octa i crne gorušice.

Meaux stil senfa koji se proizvodi od djelomično grubo usitnjenih, djelomično mljevenih sjemenki crne gorušice pomiješanih sa octom te tako stvarajući hrskavu strukturu.

Dijon stil senfa se proizvodi se od oljuštenih crnih sjemenki pomiješanih s vinom, soli i začinima (Sharma i sur., 2024.).

Prilikom proizvodnje senfa, oslobađaju se prirodno prisutni spojevi glukozinolata, izotiocijanata i sumpornih spojeva koji mu daju karakterističan opor okus (Cools i Terry, 2018.). Dodatak kiselih sastojaka kao što su vino, ocat i limunov sok ne djeluju dobro na okus, ali su dobri naknadni konzervansi okusa i produljuju organoleptička svojstva (Sharma i Rajput, 2023.). Kad se senfu doda voda, ocat, mlijeko, vino ili pivo, stvaraju se različiti stupnjevi osjeta okusa. S vodom se dobiva vrlo oštar i ljut okus, s octom nešto blaži, dok s mlijekom stvara blaži pikantniji i oporiji okus (Uhl, 2000.).



**Slika 3.** Vrste senfa (Izvor: <https://www.seriousseats.com/mustard-manual-guide>)

**Figure 3.** Types of mustard (Source: <https://www.seriousseats.com/mustard-manual-guide>)

## Dorada i skladištenje gorušice

Nakon žetve gorušice početna vlaga sjemena može biti visoka čime je onemogućeno direktno skladištenje. Prije samog procesa sušenja sjemenke je potrebno očistiti od mogućih primjesa (zemlje, kamenja, korova). Sušenje se široko koristi za uklanjanje vlage iz *žitarića*, povrća i voća u prehrambenoj industriji. Mnoga su istraživanja pokazala da se neke kvalitete, poput okusa, mirisa i sadržaja hranjivih tvari, mogu promijeniti tehnologijom sušenja (Deng i sur., 2018., Hu i sur., 2020., Wang i sur., 2019., Zhao i sur., 2017., Matin i sur., 2024.).

U procesu sušenja svih poljoprivrednih proizvoda, pa tako i sjemenki gorušice važno je poznavanje kinetike sušenja koji se baziraju na matematičkim modelima koji uzimaju u obzir različite aspekte sušenja. Tako postoje jednostavni modeli sušenja koji uzimaju u obzir eksponencijalni vremenski pad vlage i to su Newtonov model, Pageov model, Hendersonov i Pabisov model, dvočlani eksponencijalni model i aproksimativni model difuzije (Mujumdar, 1995., Diamante i Munro, 1993., Zhang i Litchfield, 1991., Yaldeiz i sur., 2001., Matin i sur., 2018.). S druge strane, složeni modeli temelje se na Fickovoj jednadžbi difuzije, za procjenu kinetike sušenja (Topuz i sur., 2004., Kundu i sur., 2005.).

Dorada sjemenki gorušice provodi se na više načina, a dva najkorištenija su kondukcijsko sušenje te konveksijsko sušenje.

Kondukcijsko sušenje može se provoditi pri normalnom atmosferskom tlaku (1013,25 hPa), a moguća je primjena i podtlaknog sušenja. Prednost primjene takvog sušenja proizlazi u načinu sušenja pri nižim temperaturama jer nastali se podtlak koristi za učinkovitiji gubitak vlage iz sjemena. Zbog toga, primjenom ovog načina sušenja osigurava se očuvanje kvalitete sirovine. Iako kondukcijsko sušenje u stanju podtlaka ili normalnog atmosferskog tlaka ima nekoliko prednosti, njegov najveći nedostatak je što se sirovina mora sušiti u tankom sloju. Na taj način nije moguće ostvariti veliki kapacitet sušenja što je poželjno prilikom dorade.

Konveksijskim sušenjem, odnosno sušenjem gdje je prisutno strujanje zagrijanog zraka kroz sirovinu osigurava se sušenje većih količina materijala. Konveksijsko sušenje u fluidnom sloju nalazi sve veću primjenu u sušenju poljoprivrednih sirovina iako se naširoko upotrebljava za sušenje gnojiva, kemikalija, lijekova. Brzine sušenja u fluidnom sloju su pod utjecajem karakteristika materijala i uvjeta fluidizacije (Kannan i sur., 1994.). Fluidno sušenje u usporedbi s drugim načinima sušenja nudi prednosti kao što je visoki toplinski kapacitet sloja, poboljšane brzine prijenosa topline i mase između faza (Srinivasakannan, 2008.). Odabir temperature od velike je važnosti za sušenje gorušice, a poželjno je da one budu što niže kako bi se očuvale nutritivne vrijednosti i omogućilo isparavanje suvišne vode. Prema Van Eylen i sur. (2006.) za sušenje sjemenki gorušice trebao bi se koristiti raspon temperature od 50 do 75 °C. *No, kada se govori o korištenju gorušice za proizvodnju senfa potrebno je provjeriti i sam mikrobiološki sastav i po potrebi provesti kratkotrajnu sterilizaciju čime se osigurava zdravstveno ispravna namirnica.*

Nakon sušenja sjeme gorušice potrebno je uskladištiti na duži ili kraći period što ovisi od daljnje prerade. Ukoliko se skladišti na duži period posebnu pozornost treba obratiti na mikroklimatske uvjete unutar skladišta. Temperatura skladištenja utječe na kvalitetu nakon žetve i *ponašanje svježeg proizvoda* (Matin i sur., 2022., Matin i sur., 2024.). Optimalna temperatura skladištenja uglavnom ovisi o vrsti proizvoda, a važna je za očuvanje svježine, nutritivne kvalitete i prihvaćanje potrošača. Sjeme gorušice može se dugotrajno skladištiti ako mu je udio vlage manji od 8 % i temperatura u skladištu niža od 25 °C (Kou i sur., 2013., Xiao i sur., 2014.). Smanjenje temperature skladištenja za 10 °C *može usporiti metaboličku aktivnost enzima* (Trierweiler i Weinert, 2019.), što znači da skladištenje na niskim temperaturama smanjuje gubitak kvalitete i produljuje rok trajanja smanjujući stopu disanja, starenje tkiva



i aktivnosti mikroorganizama koji mogu uzrokovati kvarenje proizvoda. Međutim, preniske temperature mogu dovesti do stvaranja oštećenja od hlađenja na i u proizvodima tijekom skladištenja nakon žetve ili berbe (Turner, i sur., 2020.).

## Zaključak

Iako se gorušica od davnina koristi kao začim i industrijska sirovina, njene mogućnosti za uzgoj i preradu u Republici Hrvatskoj ostaju nedovoljno iskorištene. Kao kultura s niskim zahtjevima za vodom i prilagodljiva različitim tipovima tla, gorušica ima značajan potencijal za povećanje održive poljoprivredne proizvodnje. Ulaganjem u istraživanje korištenja optimalnih vrsta, agrotehničkih i agroekoloških uvjeta i dorade, kao i poticanjem lokalne proizvodnje, moguće je revitalizirati ovu kulturu i pozicionirati je kao važan resurs u kulinarnstvu i industriji. Upravo zbog toga je preporučljivo usmjeriti napore prema modernizaciji agronomskih praksi i podržati razvoj tržišta za proizvode od gorušice, čime bi se povećala njena ekonomska isplativost i pridonijelo održivom razvoju poljoprivrede.

## Literatura

- Asoodari, M.A., Barzegar, A.R., Eftekhar, A.R. (2001).** Effect of different tillage and rotation on crop performance. *International Journal of Agricultural Biology*, 3(4), 476.
- Bajpai, D., Malaiappan, S., Rajeshkumar, S. (2023).** Evaluation of Anti-inflammatory and Antimicrobial Properties of Mustard Seed Extract-Based Hydrogel: An In Vitro Study. *Cureus*, 15(9).
- Benson, M.K., Devi, K. (2009).** Influence of omega-6/omega-3 rich dietary oils on lipid profile and antioxidant enzymes in normal and stressed rats. *Indian journal of experimental biology*, 47(2), 98-103.
- Bhadouria, S.S. (2015).** Rapeseed – Mustard. *Genetic Improvement of Field Crops*, 179.
- Bharati, V., Lamani, K.N., Kumar, M. (2020).** Advances in Agronomic Management of Indian Mustard (*Brassica juncea*), 4(1), 103-108.
- Charles, D.J. (2013).** Mustard. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*, 401-408.
- Chitale, S., Bhambri, M.C. (2001).** Response of Rapeseed-mustard to crop geometry, nutrient supply, farmyard manure and interculture-a review. *Ecology Environment and Conservation*, 7, 387-396.
- Cools, K., Terry L.A. (2018).** The effect of processing on the glucosinolate profile in mustard seed. *Food Chemistry*, 252, 343-348.
- Deng, L.Z., Pan, Z., Zhang, Q., Liu, Z.L., Zhang, Y., Meng, J.S., Gao, Z.J., Xiao, H.W. (2019).** Effects of ripening stage on physicochemical properties, drying kinetics, pectin polysaccharides contents and nanostructure of apricots. *Carbohydrate Polymers*, 222, 114980.
- Dhaka, S.C., Regmi, P.P., Thapa, R.B., Sah, S.K., Khatri-Chhetri, D.B. (2015).** Resource use efficiency of mustard production in Chitwan district of Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 3(4), 604-608.
- Diamante, L.M., Munro, P.A. (1993).** Mathematical modelling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Solar energy*, 51(4), 271-276.
- Dixon, G.R. (2006).** Origins and diversity of Brassica and its relatives. In *Vegetable brassicas and related crucifers*, 1-33. Wallingford UK: CABI.
- Farrell, K.T. (1985).** Spices, condiments and seasonings. Springer Science & Business Media.
- Gill, S.S., Khan, N.A., Tuteja, N. (2011).** Differential cadmium stress tolerance in five Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: an evaluation of the role of antioxidant machinery. *Plant Signal Behav* 6(2), 293-300.
- Huet, G., Hadad, C., Gonzalez-Dominguez, J.M., Courty, M., Jamali, A., Cailleu, D., Nhien, A.N. (2021).** IL versus DES: Impact on chitin pretreatment to afford high quality and highly functionalizable chitosan. *Carbohydrate polymers*, 269, 118332.
- Jung, H.A., Woo, J.J., Jung, M.J., Hwang, G.S., Choi, J.S. (2009).** Kaempferol glycosides with antioxidant activity from *Brassica juncea*. *Archives of pharmacol research*, 32, 1379-1384.
- Young Kim, H., Yokozawa, T., Ju Cho, E., Sik Cheigh, H., Sue Choi, J., Young Chung, H. (2003).** In vitro and in vivo antioxidant effects of mustard leaf (*Brassica juncea*). *Phytotherapy Research*, 17(5), 465-471.

- Kannan, C.A., Rao, S.S., Varma, Y.B.G. (1994).** A kinetic model for drying of solids in batch fluidized beds, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 33(2), 363-370.
- Khattak, K.F. (2011).** Nutrient composition, phenolic content and free radical scavenging activity of some uncommon vegetables of Pakistan. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 24:277–283
- Kou, L., Luo, Y., Yang, T., Xiao, Z., Turner, E.R., Lester, G.E., Wang, Q., Camp, M.J. (2013).** Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 73-78.
- Kumar, A. (2016).** Challenge of edible oils: Can Brassicas deliver?. *Journal of Oilseed Brassica*, 1(2), 83-86.
- Kundu, K.M., Das, R., Datta, A.B., Chatterjee, P.K. (2005).** On the analysis of drying process. *Drying technology*, 23(5), 1093-1105.
- Laurent, C. (2013).** The many lives of mustard: journey of a familiar condiment. *Cuizine*, 4(2).
- Lee, M.A., Choi, J.H., Choi, Y.S., Han, D.J., Kim, H.Y., Shim, S.Y., Chung, H.K., Kim, C.J. (2010).** The antioxidative properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi extracts on refrigerated raw ground pork meat against lipid oxidation. *Meat Science*, 84, 498–504.
- Leung, A.Y, Foster, S. (1996).** *Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics*, 2,649.
- Matin, A., Brandić, I., Majdak, T., Metić, L., Matin, B. (2024).** Dorada i skladištenje lana. *Glasnik Zaštite Bilja*, 47(3).
- Matin, A., Brandić, I., Voća, N., Bilandžija, N., Matin, B., Jurišić, V., Antonović, A., Krička, T. (2023).** Changes in the Properties of Hazelnut Shells Due to Conduction Drying. *Agriculture*, 13(3), 589.
- Matin, A., Majdak, T., Grubor, M., Vuković, J., Krička, T. (2018).** Release of water by convective drying from rapeseed at different temperatures. *Poljoprivreda*, 24(2), 50-56.
- Matin, A., Špelić, K., Radić, T., Vašarević, T., Matin, B. (2022).** Dorada i skladištenje krumpira. *Glasnik zaštite bilja*, 45(6), 110-115.
- Matin, A., Špelić, K., Radić, T., Vašarević, T. and Matin, B., 2022.** Dorada i skladištenje krumpira. *Glasnik zaštite bilja*, 45(6.), pp.110-115.
- Mujumdar, A. S. (1995).** Superheated steam drying. *Handbook of industrial drying*, 2, 1071-1086.
- Prasai H.K., Yadav, H.N. (1999).** Performance evaluation of mustard at Banigama, Morang. *Annual report, Regional Agriculture Research Station, Tarahara, Nepal*, 141-143.
- Sharma, A., Garg, M., Sharma, H.K. and Rai, P.K., 2024.** Mustard and Its Products. In *Handbook of Spices in India: 75 Years of Research and Development* (pp. 2385-2451). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Rahman, M., Khatun, A., Liu, L., Barkla, B.J. (2024).** Brassicaceae Mustards: Phytochemical Constituents, Pharmacological Effects, and Mechanisms of Action against Human Disease. *International journal of molecular sciences*, 25(16).
- Salisbury, P. (2006).** Biology of *Brassica juncea* and potential gene flow from *B. juncea* to other Brassicaceae species in Australia. Faculty of Land and Food Resources, University of Melbourne. *Miscellaneous report PAS 2006/1*.
- Sambamurthy, A.V.S.S., Subramanyam, N.S. (2000).** *Economic botany of crop plants*. New Delhi: Asiatec Publishers Ltd.
- Sharma, A., Garg, M., Sharma, H.K., Rai, P.K. (2024).** Mustard and Its Products. In *Handbook of Spices in India: 75 Years of Research and Development* (2385-2451). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Sharma, H., Rajput, R. (2023).** The science of food preservation: A comprehensive review of synthetic preservatives. *Journal of Current Research in Food Science*, 4(2), 25-2.
- Shekhawat, K., Rathore, S.S., Premi, O.P., Kandpal, B.K. and Chauhan, J.S. (2012).** Advances in agronomic management of Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czernj. Cosson): an overview. *International journal of Agronomy*, 2012(1), 408284.
- Srinivasakannan, C. (2008).** Modeling drying kinetics of mustard in fluidized bed. *International Journal of Food Engineering*, 4(3).
- Thomas, J., Kuruvilla, K.M., Hrideek, T.K. (2012).** Mustard. In *Handbook of herbs and spices* (388-398). Woodhead Publishing.
- Tiku, A.B., Abraham, S.K., Kale, R.K. (2008).** Protective effect of the cruciferous vegetable mustard leaf (*Brassica campestris*) against in vivo chromosomal damage and oxidative stress induced by  $\gamma$ -radiation and genotoxic chemicals. *Environmental and molecular mutagenesis*, 49(5), 335-342.
- Topuz, A., Gur, M., Gul, M.Z. (2004).** An experimental and numerical study of fluidized bed drying of hazelnuts. *Applied thermal engineering*, 24(10), 1535-1547.
- Trierweiler, B., Weinert, C.H. (2019).** Post-Harvest treatments and related food quality. *Food Tech Transitions: Reconnecting Agri-Food, Technology and Society*, 49-63.
- Turner, E.R., Luo, Y. Buchanan, R.L. (2020).** Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of food science*, 85(4), 870-882.

- Uhl, S.R. (2000).** *Handbook of spices, seasonings and flavourings.* Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc.
- Van Eylen, D., Hendrickx, M., Van Loey, A. (2006).** Temperature and pressure stability of mustard seed (*Sinapis alba* L.) myrosinase. *Food Chemistry*, 97(2), 263- 271.
- Vashisth, A., Chakravarty, N.V.K., Sharma, P.K., Bhagawati, G. (2011).** Effect of weather variability on crop growth and aphid infestation in Mustard crop. *Journal of Agrometeorology*, 13(1), 75-76.
- Von Der Haar, D., Müller, K., Bader-Mittermaier, S., Eisner, P. (2014).** Rapeseed proteins–Production methods and possible application ranges. *Ocl*, 21(1), D104.
- Wang, Q., Li, S., Han, X., Ni, Y., Zhao, D., Hao, J. (2019).** Quality evaluation and drying kinetics of shitake mushrooms dried by hot air, infrared and intermittent microwave–assisted drying methods. *LWT Food Science and Technology*, 107, 236-242.
- Warwick, S.I., Francis, A., Al-Shehbaz, I. A. (2006).** Brassicaceae: species checklist and database on CD-Rom. *Plant Systematics and Evolution*, 259, 249-258.
- Xiao, Z., Luo, Y., Lester, G.E., Kou, L., Yang, T., Wang, Q. (2014).** Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film and chlorine wash treatment. *LWT Food Science and Technology* 55, 551–558.
- Yaldiz, O., Ertekin, C., Uzun, H.I. (2001).** Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26(5), 457-465.
- Yokozawa, T., Kim, H.Y., Cho, E. J., Choi, J.S., Chung, H. Y. (2002).** Antioxidant effects of isorhamnetin 3, 7-di-O-β-D-glucopyranoside isolated from mustard leaf (*Brassica juncea*) in rats with streptozotocin-induced diabetes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(19), 5490-5495.
- Yokozawa, T., Kim, H.Y., Cho, E.J., Yamabe, N., Choi, J.S. (2003).** Protective effects of mustard leaf (*Brassica jirncea*) against diabetic oxidative stress. *Ournal of Nutritional Science and Vitaminology*, 49(2), 87–93.
- Young, Kim, H., Yokozawa, T., Ju, Cho, E., Sik, Cheigh, H., Sue, Choi, J., Young Chung, H. (2003).** In vitro and in vivo antioxidant effects of mustard leaf (*Brassica juncea*). *Phytotherapy Research*, 17(5), 465-471.
- Yuan, H., Zhu, M., Guo, W., Jin, L., Chen, W., Brunk, U.T., Zhao, M. (2011).** Mustard seeds (*Sinapis Alba* Linn) attenuate azoxymethane-induced colon carcinogenesis. *Redox Rep* 16(1), 38–44.
- Zhang, Q., Litchfield, J.B. (1991).** An optimization of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer. *Drying technology*, 9(2), 383-395.
- Zhao, C.C., Ameer, K., Eun, J.B. (2021).** Effects of various drying conditions and methods on drying kinetics and retention of bioactive compounds in sliced persimmon. *Lwt Food Science and Technology*, 143, 111149

Prispjelo/Received: 15.10.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 26.11.2024.

Review paper

### The potential of growing, processing and storing mustard

#### Abstract

As one of the oldest cultivated plants, mustard has significant growth potential that can be used in food production, for medicinal purposes and in the chemical industry. Despite the favorable climatic and growing conditions, mustard is insufficiently represented in agricultural practice in Croatia, which represents an untapped potential for the development of agricultural production and market diversification. The aim of this thesis is to investigate the potential of mustard as an agricultural crop and the possibilities of its application in the mentioned areas. The study includes an overview of the drying and storage techniques for mustard, which are extremely important for maintaining its nutritional value and quality. Mustard, as an adaptable crop, can make an important contribution to the development of sustainable agriculture and the market for innovative products, opening up scope for wider application and economic enhancement.

**Key words:** mustard, mustard seeds, drying, storage