

Ana Matin¹, Karlo Špelić¹, Niko Fusić¹, Ivana Tomić¹, Božidar Matin²,
Mateja Grubor¹, Vanja Jurišić¹, Ivan Brandić¹

Stručni rad

Tehnološka dorada i nutritivna vrijednost chia sjemenki (*Salvia hispanica* L.) u funkcionalnoj prehrambenoj industriji

Sažetak

Chia (*Salvia hispanica* L.) je drevna kultura podrijetlom iz Srednje Amerike, čija tradicionalna upotreba seže do civilizacija Asteka, Maja i Inka. Danas, zahvaljujući iznimnim nutritivnim i funkcionalnim svojstvima, chia sjemenke postaju globalno značajan agronomski i prehrambeni proizvod. Uzgoj zahtijeva dobro drenirana tla, umjerene količine oborina i strogu kontrolu rokova žetve zbog neujednačenog sazrijevanja. Prinosi se kreću od 500–800 kg_{ha}-1 u ekstenzivnoj proizvodnji do više od 2.000 kg_{ha}-1 u optimalnim sustavima. Najveći svjetski proizvođači su Paragvaj, Bolivija i Argentina, dok nova područja proizvodnje sve više obuhvaćaju Afriku. Sjemenke chia karakteriziraju visok sadržaj polinezasićenih masnih kiselina, osobito omega-3 (ALA), dijetalnih vlakana, biljnih proteina, minerala i vitamina. Sušenje i pakiranje ključni su procesi koji osiguravaju stabilnost lipida i sprječavaju oksidaciju, pri čemu se najčešće koriste konvekcijske, kondukcijske i liofilizacijske metode. Liofilizacija najbolje čuva bioaktivne spojeve, dok je vakuumska ili MAP ambalaža najefikasnija za dugotrajno skladištenje. Chia se koristi u prehrambenoj industriji u različitim oblicima: kao cijelo sjeme, brašno, ulje ili gel. Zbog visokog kapaciteta vezanja vode, gel se koristi kao zamjena za masnoće i jaja u pekarskim proizvodima, dok se brašno uspješno primjenjuje u proizvodnji bezglutenske i nutritivno obogaćene tjestenine. Globalna potrošnja raste te se kreće između 80.000 i 100.000 tona godišnje, a najveći uvoznici su SAD, zemlje EU i Kina.

Ključne riječi: chia sjemenke, dorada, nutritivna vrijednost, funkcionalna prehrana

Uvod

Chia (*Salvia hispanica* L.) je jednogodišnja biljna vrsta iz porodice Lamiaceae, podrijetlom iz južnog Meksika i Gvatemale (Cahill, 2003.; Sosa-Baldivia i sur., 2018.). Bila je jedna od glavnih kultura predkolumbovskih civilizacija Azteka, Maja i Inka (1500.–900. pr. Kr.) (Hernández-Pérez i sur., 2020.), gdje se koristila u kulinarske, ljekovite, kulturne, vjerske i umjet-

¹ prof. dr. sc. **Ana Matin**, **Karlo Špelić**, mag. ing. agr. **Niko Fusić**, univ. bacc. ing. agr., **Ivana Tomić**, mag. ing. cheming., Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

² **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

ničke svrhe. Zanimljivo je da su se sjemenke prinobile bogovima u vjerskim ceremonijama te davale kao danak osvojenim narodima (Almoselhy i sur., 2024.). Španjolsko osvajanje u 16. stoljeću trajno je promijenilo ulogu chie kao pripitomljene kulture (Cahill, 2005., Valdivia-López, 2015.). Za španjolske koloniste njezina se upotreba uglavnom ograničavala na tradicionalno piće agua de chia, a zbog postupnog nestanka autohtonih praksi brojne izvorne namjene danas su nepovratno izgubljene (Valdivia-López, 2015.).

Uzgoj i žetva chia sjemenki

Pravilan odabir tla i klimatskih uvjeta ključan je za uspješan uzgoj chie. Najbolje uspijeva na dobro dreniranom, pjeskovitom do ilovastom tlu, jer je vrlo osjetljiva na zadržavanje vode u kasnijim razvojnim fazama, kada prekomjerna vlaga može uzrokovati truljenje biljaka ili otežati žetvu (Diez i sur., 2021., Motyka i sur., 2022.). Chia podnosi blago kisela i umjereno plodna tla te uvjete umjerene suše, što omogućuje njezinu proizvodnju i u područjima s izraženim sušnim razdobljima (Rahman i sur., 2023.).

Kao kratkodnevna biljka, cvatnju započinje tek nakon skraćivanja dana, što određuje optimalne rokove sjetve u različitim klimatskim zonama (Ram i sur., 2024.). Optimalna godišnja količina padalina iznosi 500–1000 mm, iako se prinos može povećati navodnjavanjem (Rossi i sur., 2020.). Sjetva se obavlja vrlo plitko zbog sitne veličine sjemena, a dobar kontakt sa tlom ključan je za nicanje. U komercijalnoj proizvodnji najčešće se primjenjuje norma od 3–6 kg ha⁻¹, uz razmak redova 70–80 cm (Shorna i sur., 2025.). Istraživanja pokazuju da razmak od 30 × 30 cm, uz optimalnu NPK gnojidbu, može dodatno povećati prinos (Rahman i sur., 2023.). U ranim fazama razvoja chia sporo raste, što pogoduje razvoju korova, osobito na loše pripremljenim parcelama, no kako biljka napreduje i zatvara sklop, kompetitivnost korova se smanjuje (Kumar i sur., 2020.).

Razvojni ciklus chie traje 100–150 dana, ovisno o sorti, klimatskim uvjetima i agrotehničkim mjerama (Motyka i sur., 2022.). Jedan od najvećih izazova je neujednačeno sazrijevanje, jer središnji cvatovi dozrijevaju ranije od bočnih. Predugo odgađanje žetve povećava rizik od osipanja sjemena pod utjecajem vjetra, kiše ili ptica, dok prerana žetva rezultira većim udjelom nezrelog sjemena i slabijom kvalitetom (Diez i sur., 2021.). U intenzivnoj proizvodnji žetva se obavlja mehanički, najčešće specijaliziranim kombajnama za sitnosjemene kulture (Rossi i sur., 2020.).

Prinos značajno varira: u ekstenzivnim uvjetima iznosi 500–800 kg ha⁻¹, a u optimalnim sustavima, uz navodnjavanje i pravilnu gnojidbu, može premašiti 2.000 kg ha⁻¹ (Ram i sur., 2024., Rossi i sur., 2020.).

Karakteristike sjemena i globalna proizvodnja

Sjemenke chie mogu biti crnosmeđe ili bijele boje, pri čemu su tamnije varijante češće. Imaju blagi orašasti miris i hrskavu teksturu (Mudgal, 2023.). Iako selekcija može dovesti do uzgoja potpuno bijelih sorti, taj proces zahtijeva strogu kontrolu genetskog materijala (Green i Hemming, 2014.). Istraživanja pokazuju da tamnosjemene sorte često daju veće prinose zbog bolje genetske prilagodbe različitim agroekološkim uvjetima (Motyka i sur., 2022.). Najveći svjetski proizvođači chie su države Južne Amerike, ponajprije Paragvaj, Bolivija i Argentina, koje čine gotovo 80 % globalne proizvodnje (www.seedea.pl). Zbog sve češćih suša i logističkih ograničenja, proizvodnja se posljednjih godina širi i na afričke zemlje poput Ugande, Kenije i Tanzanije. U 2024. godini najveći je proizvođač bio Paragvaj, sa 60.000–80.000 ha zasijanih površina i izvozom od 69.640 tona. Druga je Bolivija s oko 12.000 tona proizvodnje i 6.718 tona izvoza, dok ostale zemlje ostvaruju znatno manji udio na tržištu (www.seedea.pl).

Tehnološka dorada chia sjemenki

Tehnološka dorada chie obuhvaća niz postupaka kojima se osigurava očuvanje nutritivnih svojstava sjemenki te njihova prikladnost za daljnju preradu i prehrambenu primjenu. Nakon žetve sjemenke se najprije čiste kako bi se uklonile nečistoće poput kamenčića, prašine i oštećenih zrna. Za ovu fazu u praksi se koriste prosijavanje, aspiracija i magnetsko čišćenje, čime se smanjuje rizik od kontaminacije i povećava kvaliteta sirovine (Katunzi Kilewela i sur., 2021.).

Sušenje chia sjemenki

Sušenje predstavlja jednu od najkritičnijih faza tehnološke dorade, jer sjemenke nakon žetve sadrže promjenjivu količinu vlage ovisno o klimatskim uvjetima, vremenu i tehnici berbe. Povišena preostala vlažnost pogoduje oksidaciji lipida, razvoju plijesni i enzimskim degradacijama, dok prenisko sušenje može narušiti strukturu sjemenki i potaknuti pucanje. Stoga je cilj sušenja postići optimalnu razinu vlage, najčešće 6–8 %, pri kojoj se minimiziraju biološke i kemijske promjene, ali bez izlaganja prekomjernoj toplini koja razgrađuje polifenole, omega-3 masne kiseline i druge osjetljive spojeve (Matin i sur., 2024.). U industrijskoj i laboratorijskoj praksi koriste se tri osnovne metode sušenja:

1. Konvekcijsko sušenje

Provodi se toplim zrakom pri 35–50 °C. To je energetski najpovoljnija metoda, ali produženo sušenje može dovesti do djelomične degradacije osjetljivih spojeva. Niže temperature bolje očuvaju nutritivna svojstva, ali produžuju vrijeme procesa, što povećava rizik mikrobnog razvoja prije stabilizacije (Santos i sur., 2023.).

2. Kondukcijsko sušenje

Primjenjuje se kada je potrebno brzo smanjenje vlage. Učinkovito je, no zahtijeva preciznu kontrolu temperature kako bi se izbjegla toplinska degradacija hranjivih tvari (Matin i sur., 2023.). U agroindustriji se koristi za velike količine s ciljem brze stabilizacije proizvoda.

3. Liofilizacija (freeze-drying)

U ovoj metodi sjemenke se prvo zamrzavaju, a zatim voda sublimira iz čvrstog u plinovito stanje. Liofilizacija najbolje očuva bioaktivne spojeve, polifenole, karotenoide i lipidni profil jer ne uključuje izravno zagrijavanje. Zbog visokih troškova, koristi se za premium proizvode i istraživačke potrebe (Coşkun i sur., 2024.).

Prema istraživanju Dziadeka i sur., (2022), koje je usporedilo sve 3 navedene vrste sušenja na 30, 40 i 50 °C uz skladištenje do 12 mjeseci dokazao je da liofilizacija najbolje čuva polifenole i karotenoide, sušenje na 50 °C dovodi do značajnog gubitka polifenola i antioksidativne aktivnosti, a niže temperature i kraće vrijeme sušenja održavaju stabilnost omega-3 masnih kiselina i polisaharida. Time se potvrđuje da je temperatura ključni faktor u održavanju nutritivne vrijednosti. Oliveira i sur., (2016) također su pokazali da se pri sušenju na 40–60 °C kroz 9 sati može postići vlaga od 2,3 % uz minimalnu degradaciju sastava, što je korisno za dugotrajno skladištenje.

Pakiranje i skladištenje chia sjemenki

Pakiranje chie igra ključnu ulogu u očuvanju njezine nutritivne vrijednosti, stabilnosti lipida (posebno omega-3 masnih kiselina), te sprječavanju degradacije uslijed vlage i oksidacije. Previsoka vlaga može potaknuti rast mikroorganizama i kemijske reakcije, dok prevelik

kontakt ambalaže s vlagom može pogoršati stabilnost. Katunzi-Kilewela i sur. (2021) dokazali su da chia sjemenke pohranjene u vakuumskoj ambalaži imaju bolji profil masnih tvari i nižu ravnotežnu vlažnost u odnosu na sjemenke pohranjene u običnoj Tehnologija vakuumskog pakiranja (ili pakiranja s modifikacijskom atmosferom) omogućava stvaranje okruženja s vrlo niskim unosom kisika. Proizvođači chia sjemenki ponekad koriste fleksibilne bulk-linere (npr. paletne liner-e), koje omogućuju vakuumsko pakiranje i/ili flushing dušikom (N₂) kako bi se smanjila razina kisika. Komercijalni sustavi također omogućuju praćenje atmosfere unutar pakiranja i ponovnu brtvljenje, što je važno za kontrolu kvalitete tijekom skladištenja i transporta.

Kod chie, ambalaža i uvjeti skladištenja značajno utječu na fizičko-kemijski sastav tijekom vremena. Tako su Katunzi-Kilewela i sur. (2021) dokazali da chia sjemenke pohranjene u različite vrste pakiranja (staklene, plastične, papirne) i u različitim uvjetima (suha komora, hladna komora) zadržavaju dobru „fiziološku kvalitetu” (npr. klijavost) čak do 12 mjeseci. Jednako tako isti autori su zabilježili da sadržaj masti (lipida) i proteina u vakuumski pakiranim sjemenkama ostaje stabilniji tijekom skladištenja u odnosu na ne-vakuumski pakirane uzorke.

Upotreba chia sjemenki

Globalna potrošnja chia sjemenki posljednjih desetljeća kontinuirano raste te danas iznosi između 80.000 i 100.000 tona godišnje, ponajprije zahvaljujući povećanom interesu potrošača za nutritivno bogate i funkcionalne namirnice (Fonseca, 2016). Najveći uvoznici su Sjedinjene Američke Države, s godišnjim uvozom od 20.000–25.000 tona, potaknuti snažnim razvojem sektora „zdrave hrane“, gdje se chia sve češće koristi u pekarstvu, mliječnim proizvodima, snackovima i dodacima prehrani. U Europi prednjače Njemačka i Nizozemska, dok Ujedinjeno Kraljevstvo, Španjolska, Italija i Poljska također bilježe stabilan rast potražnje, uglavnom u segmentu konvencionalnih chia proizvoda. Na azijskom tržištu ističe se Kina, koja godišnje uvozi oko 9.000 tona, dok Turska i Ujedinjeni Arapski Emirati ulaze u skupinu deset najvećih svjetskih uvoznika (Fonseca, 2016).

Nutritivne značajke i zdravstvena vrijednost

Chia sjemenke se danas svrstavaju među tzv. superhranu, zahvaljujući iznimno povoljnom nutritivnom profilu. Odlikuju se visokim udjelom dijetalnih vlakana (30–34 g/100 g), čime nadmašuju većinu orašastih plodova, suhog voća i žitarica (da Silva Marineli i sur., 2015; Reyes-Caudillo i sur., 2008). Posebno je vrijedan njihov profil masnih kiselina, kojim dominiraju polinezasićene masne kiseline — čak oko 60 % ukupnih lipida čini alfa-linolenska kiselina (ALA), esencijalna omega-3 masna kiselina (Ciftci i sur., 2012). Chia ima i veći udio omega-3 u odnosu na laneno sjeme, a omjer omega-6 : omega-3 iznosi povoljnih 0,3 : 0,35, što je osobito korisno za ublažavanje kronične upale i smanjenje kardiometaboličkog rizika (Nitrayova i sur., 2014; Villanueva-Bermejo i sur., 2019).

Uz lipide, chia je vrijedan izvor i biljnih proteina, čiji udio iznosi 18–24 % (Grancieri i sur., 2019). Aminokiselinski profil obogaćen je argininom, leucinom, fenilalaninom, valinom i lizinom (USDA, 2018). Budući da ne sadrže gluten, chia sjemenke su prikladne za bolesnike s celijakijom i osobe koje preferiraju bezglutensku prehranu (Muñoz Hernández i sur., 2013).

Chia obiluje i mineralima: fosfor (860–919 mg/100 g), kalcij (456–631 mg/100 g), kalij (407–726 mg/100 g) i magnezij (335–449 mg/100 g) nalaze se u osobito visokim koncentracijama. Sadrži i značajne količine vitamina B1, B2 i niacina (Jin i sur., 2012).

Tehnološka i funkcionalna svojstva u prehrambenoj industriji

Zahvaljujući svojoj iznimnoj sposobnosti vezanja vode, kojom sjemenke mogu apsorbirati i do 12 puta veću masu vode od vlastite (Muñoz i sur., 2012), chia se sve češće koristi kao funkcionalni sastojak u raznim prehrambenim proizvodima. Ova svojstva omogućuju joj ulogu zamjene za jaja i masnoće u pekarstvu i konditorskoj industriji (Ding i sur., 2018; Gallo i sur., 2018). Chia se u prehrambenoj tehnologiji koristi u nekoliko oblika: cijele sjemenke, mljevene (brašno), gel, mucilaga ili ulje.

Primjena gela chia sjemenki

Gel dobiven hidratacijom sjemenki koristi se kao zamjena za ulje ili jaja u pekarskim proizvodima. Borneo i sur. (2010) dokazali su da chia gel može zamijeniti do 25 % ulja ili jaja u kolačima bez značajnog narušavanja teksture, okusa ili boje proizvoda. Međutim, visoke zamjene (50–75 %) negativno utječu na gustoću i ukupnu senzorsku prihvatljivost, što ograničava njegovu primjenu u većim koncentracijama.

Upotreba chia brašna u proizvodima od žitarica

Mljevene chia sjemenke (brašno) nalaze primjenu u proizvodnji tjestenine, kruha i bezglutenskih proizvoda. Oliveira i sur. (2015) utvrdili su da dodatak 7,5 % chia brašna u pšeničnu tjesteninu povećava sadržaj proteina, minerala i vlakana, uz zadržavanje zadovoljavajućih tehnoloških svojstava. Menga i sur. (2017) predložili su upotrebu chia sjemenki i mucilagea u rižinoj tjestenini, prikazujući da dodatak 10 % rezultira nutritivno bogatom bezglutenskom tjesteninom, čija čvrstoća i tehnološka svojstva odgovaraju komercijalnim standardima.

Zaključak

Chia sjemenke predstavljaju iznimno vrijedan prehrambeni i agronomski resurs zahvaljujući svom jedinstvenom nutritivnom profilu, visokom udjelu omega-3 masnih kiselina i širokim mogućnostima primjene u prehrambenoj industriji. Povijesno duboko ukorijenjena u kulturi mezopotamskih civilizacija, danas se chia vraća na svjetsku scenu kao funkcionalna namirnica s dokazanim tehnološkim i zdravstvenim prednostima. Chia je kultura koja dobro podnosi sušu i zahtijeva umjereno plodna, dobro drenirana tla, čime je pogodna i za područja s ograničenim vodnim resursima. Ipak, izazovi poput neujednačenog sazrijevanja i rizika osipanja tijekom žetve zahtijevaju precizno planiranje i tehnološku prilagodbu. Paralelno s rastom globalne potražnje, proširenje uzgoja na nova područja posebno u Africi pokazuje da chia postaje kultura strateškog značaja u uvjetima klimatskih promjena. Nakon žetve, ključni procesi poput čišćenja, sušenja i pakiranja presudni su za očuvanje kvalitete, posebno s obzirom na visoki udio osjetljivih lipida. Rezultati istraživanja potvrđuju da niske temperature sušenja i vakuumsko pakiranje znatno doprinose stabilnosti nutritivnog sastava, čime se povećava rok trajanja i tehnološka vrijednost proizvoda. Primjena chia u prehrambenoj industriji neprestano se širi od pekarskih proizvoda, smoothieja i žitnih pahuljica, do funkcionalnih i bezglutenskih proizvoda visoke dodane vrijednosti. Njena sposobnost zamjene konvencionalnih sastojaka, poput jaja i ulja, otvara nove mogućnosti razvoja nutritivno poboljšanih proizvoda koji zadovoljavaju suvremene prehrambene trendove i zahtjeve potrošača. Sve navedeno pokazuje da chia sjemenke, zahvaljujući svojoj agronomskoj prilagodljivosti, nutritivnom bogatstvu i tehnološkoj svestranosti, imaju potencijal zadržati i dodatno ojačati svoju poziciju na globalnom tržištu funkcionalnih namirnica. Pred budućim istraživanjima i industrijom stoji zadatak optimizacije uzgojnih tehnologija, usavršavanja metoda dorade i proširenja palete prehrambenih proizvoda u kojima chia može naći svoje mjesto.

Literatura

- Almoselhy, R. I., Usmani, A., & Aftab Siddiqui, M. (2024)** Evolution of Chia Seeds from Antiquity to Modern Superfood. DOI: 10.23880/fsnt-16000360
- Borneo, R., Aguirre, A., León, A. E. (2010).** Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 946-949. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.03.011>
- Cahill, J. P. (2003)** Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* L.(Lamiaceae). *Economic botany*, 57(4), 604-618.
- Ciftci, O. N., Przybylski, R., Rudzińska, M. (2012)** Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(7), 794-800. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100207>
- Coşkun, N., Sarıtaş, S., Jaouhari, Y., Bordiga, M., Karav, S. (2024)** The impact of freeze drying on bioactivity and physical properties of food products. *Applied Sciences*, 14(20), 9183. <https://doi.org/10.3390/app14209183>
- da Silva Marineli, R., Lenquiste, S. A., Moraes, E. A., Marostica Jr, M. R. (2015)** Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (*Salvia hispanica* L.) in diet-induced obese rats. *Food Research International*, 76, 666-674. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.039>
- Diez, J., Tiranti, J. A., Sadras, V. O., Acreche, M. M. (2021)** The critical period for grain yield in chia (*Salvia hispanica*). *Crop and Pasture Science*, 72(3), 213-222. <https://doi.org/10.1071/CP20432>
- Ding, Y., Lin, H.W., Lin, Y.L., Yang, D.J., Yu, Y.S., Chen, J.W., Wang, S.Y., Chen, Y.C. (2018)** Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products. *Journal of food and drug analysis*, 26(1),124-134. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.012>
- Dziadek, K., Kopeć, A., Dziadek, M., Sadowska, U., Cholewa-Kowalska, K. (2022)** The changes in bioactive compounds and antioxidant activity of chia (*Salvia hispanica* L.) herb under storage and different drying conditions: A comparison with other species of sage. *Molecules*, 27(5), 1569. <https://doi.org/10.3390/molecules27051569>
- Fonseca, V. (2016)** Chia: From tribute to superfood. *A Stakeholder Approach to Managing Food*, 55-68. <https://doi.org/10.4324/9781315565262>
- Hernández-Pérez, T., Valverde, M. E., Orona-Tamayo, D., Paredes-Lopez, O. (2020) Chia (*Salvia hispanica*): nutraceutical properties and therapeutic applications. In *Proceedings*, 53(1),17 <https://doi.org/10.3390/proceedings2020053017>
- Gallo, L. R. D. R., Assunção Botelho, R. B., Ginani, V. C., de Lacerda de Oliveira, L., Riquette, R. F. R., Leandro, E. D. S. (2020)** Chia (*Salvia hispanica* L.) gel as egg replacer in chocolate cakes: Applicability and microbial and sensory qualities after storage. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(1), 29-39. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1502111>
- Grancieri, M., Martino, H. S. D., Gonzalez de Mejia, E. (2019)** Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 480-499. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12423>
- Green, P., Hemming, C. (2014)** Grain power: over 100 delicious gluten-free ancient grain & superblend recipe: a cookbook. Penguin Canada.
- Jin, F., Nieman, D. C., Sha, W., Xie, G., Qiu, Y., & Jia, W. (2012).** Supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. *Plant foods for human nutrition*, 67(2), 105-110. DOI 10.1007/s11130-012-0286-0
- Katunzi-Kilewela, A., Rweyemamu, L., Kibazohi, O., Kaale, L. (2021)** Effects of drying, packaging conditions and storage time on proximate composition of Chia seeds (*Salvia hispanica*). *Tanzania Journal of Science*, 47(1), 258-267. <https://dx.doi.org/10.4314/tjs.v47i1.22>

- Kumar, A., Ram, M., Meena, V., Kikraliya, D. L., Genan, H. (2025)** Yield and growth attributes of chia (*Salvia Hispanica* L.) as influenced by weed management practices. *Annals of Arid Zone*, 64(1), 109-113.
- Menga, V., Amato, M., Phillips, T. D., Angelino, D., Morreale, F., Fares, C. (2017) Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food chemistry*, 221, 1954-1961. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.151>
- Oliveira, G. H. H., Costa, M. R., Botelho, F. M., Viana, J. L., Garcia, T. R. B. (2016)** Thermodynamic properties and kinetics of drying process of chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Research Journal of Seed Science*, 9(2), 36-41. DOI: 10.3923/rjss.2016.36.41
- Rahman, M. M., Haque, M. A., & Anwar, M. P. (2023)** Yield Performance of Chia (*Salvia Hispanica* L.) In Response to Planting Spacing and Npk Fertilizers. *Bangladesh Agronomy Journal*, 26(1), 122-127. <https://doi.org/10.3329/baj.v26i1.69772>
- Ram, M., Meena, R. C., Ambawat, S., Bhardwaj, R., Kumar, M., Meena, D. S., Kumawat, R. S. & Choudhary, S. (2024)** Chia (*Salvia hispanica* L.) production potential in western India influenced by planting date and crop geometry. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(1), 277-282. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i1d.228>
- Rossi, R., Bochicchio, R., Labella, R., Bitella, G., & Amato, M. (2020).** Fodder yield, quality and growth of chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by sowing density and top-dressing nitrogen fertilization. *Agronomy*, 10(12), 1980. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121980>
- Matin, A., Brandić, I., Voća, N., Bilandžija, N., Matin, B., Jurišić, V., Krička, T. (2023)** Influence of Conduction Drying on the Physical and Combustion Properties of Hazelnut Shell. *Energies*, 16(3), 1297. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1351309>
- Matin, A., Brandić, I., Majdak, T., Metić, L., & Matin, B. (2024)** Dorada i skladištenje lana. *Glasnik Zaštite Bilja*, 47(3).
- Motyka, S., Koc, K., Ekiert, H., Blicharska, E., Czarnek, K., Szopa, A. (2022)** The current state of knowledge on *Salvia hispanica* and *Salviae hispanicae* semen (chia seeds). *Molecules*, 27(4), 1207. <https://doi.org/10.3390/molecules27041207>
- Mudgal, D. (2023)** Studies on Development of Value Added Products from Guava and its Quality Evaluation during Storage (Doctoral dissertation, Sardar Vallabhbhai Patel University of Agriculture and Technology).
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012)** Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.037>
- Muñoz Hernández, L., Cobos, A., Díaz, O., & Aguilera, J. M. (2013)** Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food, 394-408.
- Nitrayová, S., Brestenský, M., Heger, J., Patráš, P., Rafay, J., Sirotkin, A. (2014)** Amino acids and fatty acids profile of chia (*Salvia hispanica* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) seed. *Slovak Journal of Food Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.5219/332>
- Oliveira, M. R., Novack, M. E., Santos, C. P., Kubota, E., da Rosa, C. S. (2015)** Evaluation of replacing wheat flour with chia flour (*Salvia hispanica* L.) in pasta. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(4), 2545-2553. 2545 DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n4p2545
- Rahman, M. M., Haque, M. A., & Anwar, M. P. (2023)** Yield Performance of Chia (*Salvia Hispanica* L.) In Response to Planting Spacing and Npk Fertilizers. *Bangladesh Agronomy Journal*, 26(1), 122-127. <https://doi.org/10.3329/baj.v26i1.69772>
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., Valdivia-Lopez, M. A. (2008)** Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food chemistry*, 107(2), 656-663. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.062>

Santos, F. S. D., Figueirêdo, R. M. F. D., Queiroz, A. J. D. M., Paiva, Y. F., Moura, H. V., Silva, E. T. D. V., & Gomes, J. P. (2023) Influence of dehydration temperature on obtaining chia and okra powder mucilage. *Foods*, 12(3), 569. <https://doi.org/10.3390/foods12030569>

Shorna, S. I., Anwar, M. P., Fakir, M. S. A., & Hossain, M. A. (2025) Effect of Seed Rates on Growth and Yield of BAU Chia-1 (*Salvia hispanica* L.). *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 23(3), 304-310. <https://doi.org/10.3329/jbau.v23i3.84451>

Sosa-Baldivia, A., Ruiz-Ibarra, G., Johnson, F., Robles-de la Torre, R. R., Robles-Lopez, M. R., Sharma, M., Liu, X. (2018) A historical review of the scientific and common nomenclature associated with chia: From *Salvia hispanica* to *Salvia mexicana* and *chian* to *salba*. *Agric Sci Technol*, 18(1), 556047. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2018.18.556047

USDA National Nutrient Database for Standard Reference (2018) Available online: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>

Villanueva-Bermejo, D., Calvo, M. V., Castro-Gómez, P., Fornari, T., & Fontecha, J. (2019) Production of omega 3-rich oils from underutilized chia seeds. Comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods. *Food research international*, 115, 400-407. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.085>

<https://seedeapl chia-seeds-market-update-january-2025/>

Prispjelo/Received: 10.10.2025.

Prihvaćeno/Accepted: 21.11.2025.

Professional paper

Technological processing and nutritional value of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) in the functional food industry

Abstract

Chia (*Salvia hispanica* L.) is an ancient crop native to Central America, whose traditional use dates back to the Aztec, Mayan and Inca civilizations. Today, thanks to their exceptional nutritional and functional properties, chia seeds are becoming a globally significant agronomic and food product. Cultivation requires well-drained soils, moderate rainfall and strict control of harvest dates due to uneven ripening. Yields range from 500–800 kg_{ha}⁻¹ in extensive production to more than 2,000 kg_{ha}⁻¹ in optimal systems. The largest global producers are Paraguay, Bolivia and Argentina, while new production areas are increasingly covering Africa. Chia seeds are characterized by a high content of polyunsaturated fatty acids, especially omega-3 (ALA), dietary fiber, plant proteins, minerals and vitamins. Drying and packaging are key processes that ensure lipid stability and prevent oxidation, with convection, conduction and freeze-drying methods most commonly used. Lyophilization best preserves bioactive compounds, while vacuum or MAP packaging is the most efficient for long-term storage. Chia is used in the food industry in different forms: as whole seeds, flour, oil or gel. Due to its high water binding capacity, the gel is used as a substitute for fat and eggs in bakery products, while flour is successfully used in the production of gluten-free and nutritionally enriched pasta. Global consumption is growing and ranges between 80.000 and 100.000 tons per year, and the largest importers are the USA, EU countries and China.

Keywords: chia seeds, processing, nutritional value, functional nutrition