

Dorada i skladištenje lana

Sažetak

Lan je jedna od najstarijih biljaka i već se tisućljećima uzgaja prije svega zbog sjemenki i vlakana. U posljednje vrijeme lan sve više koristi kao prirodni kompozit u izgradnji raznih materijala kao što su dijelovi automobila i slično. Dorada omogućuje uz modernu tehnologiju da vlakna lana postanu čvršća i dugovječnija te se time približava umjetno stvorenim materijalima, kao konkurent u tekstilnoj i građevinskoj industriji. Procesi dorade i skladištenja uvelike pridonose zastupljenosti lana na tržištu i popularnosti. Samom doradom utječemo i na kvalitetu sjemenki i ulja, kako u medicinske svrhe, tako i u prehrambenoj industriji. Razvojem tehnologije skladištenja lan prestaje biti kultura čija prerada završava kratko nakon žetve, već je poboljšanjem uvjeta skladištenja omogućena njegova dorada tokom čitave sezone sa minimalnom promjenom kvalitete vlakana i sjemena za daljnju doradu.

Ključne riječi: lan, dorada, skladištenje

Uvod

Lan (*Linum Usitatissimum*) je dvosupnica iz porodice *Linacea*. Postoje mnoge sorte i kultivari (Yan i sur., 2014.). Šimetić (2008.) navodi kako su kroz povijest lan uzgajali stari Egipćani, Grci i Rimljani. Stoga se smatra da je čovjeku poznat duže od 5 000 godina. Kvavadze i sur. (2009.) su pak u svojem istraživanju izvjestili o pronalasku upletenih vlakana divljeg lana što ukazuje na to da su pretpovijesni lovci/sakupljači izrađivali užad za vađenje kamenih alata, pletenje košara ili šivanje odjeće u špiljama Gruzije prije čak 30 000 godina. Lan nema premca u opskrbi prirodnim vlaknima za različite industrijske primjene poput tekstila i papira, ujedno daje laneno sjeme visoke vrijednosti i vlakna iz jedne biljke, te potiče održivu poljoprivredu u umjerenim područjima suptropske klime za ljetnu, odnosno zimsku proizvodnju (Foulk i sur., 2011.).

Uzgoj i žetva/berba lana

U svijetu se uzgajaju dvije vrste lana: za sjeme i ulje (uljni lan) i za vlakna (predivi lan). Ove dvije vrste lana razlikuju se po mnogim karakteristikama i to botaničkim svojstvima, morfogenezi i ontogenezi, zahtjevima okoliša, metodama uzgoja, metodama i vremenu berbe te kao sirovinama u proizvodnji biogoriva (Kozłowski i sur., 2012., Muir i Westcott, 2003., Vaisey-Genser i Morris, 2003.).

1 izv. prof. dr. sc. **Ana Matin**, **Ivan Brandić** mag. ing. agr., **Tugomir Majdak** mag. ing. agr., **Luka Metić**, 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: ibrandic@agr.hr

Tako uljni lan ima stabljiku visine od 45 do 80 cm s 35 do 50 tobolaca, dok predivi lan ima dužu, manje razgranatu tanju stabljiku dužine od 80 do 150 cm s 25 tobolaca (Diederichsen i Richards, 2003.). Vremenski zahtjevi za uzgoj također se razlikuju između ove dvije vrste lana. Predivi lan treba uzgajati u umjerenom klimi, u regijama gdje je godišnja količina oborina najmanje 600–650 mm, a gdje u vegetacijskom razdoblju padne najmanje 110–150 mm kiše, dok se uljni obično uzgaja u kontinentalnoj klimi te je otporniji na sušu i vremenske uvjete (Heller i sur., 2012., Muir i Westcott, 2003.).

Predivi lan se bere mehanizirano čupanjem u rano žutoj zriobi, a sjeme ima sposobnost nadozrijevanja, pa ono s vremenom postigne punu zriobu na počupanoj stabljici. Počupani lan suši se prirodnim putem na polju dok vlaga ne padne na 12 do 14 % (Butorac, 2020.) i stabljika ne otvrdne. Žetva uljnog lana se obavlja kombajnima kada je sjeme u tobolcima potpuno zrelo, vlaga (Butorac, 2020.).

Uzgoj lana u Republici Hrvatskoj bio je poznat daleko u prošlost, pa je davne 1720. godine u Ozlju otvorena prva tkaonica lana (Potočanec, 1953., Soljačić i Čunko, 1994.). Tijekom godina, iako na malim površinama, proizvodnja lana se proširila na Podravinu, Posavinu i Slavoniju, a posebno dobri uvjeti uzgoja lana za vlakna bila su područja Gorskog Kotara i Like, gdje je stabljika dosegala i visinu od 70 cm (Šurina i Andrassy, 2009.). Pojavom jeftinijih tkanina iz pamuka i umjetnih vlakana, kao i zabrane močenja u tekućim vodama, dovelo se do postupnog odustajanja od uzgoja lana, a proizvodnja je potpuno prestala 1988. godine. Posljednjih se godina ponovno pokušava pokrenuti uzgoj lana u Hrvatskoj na 2–5 ha godišnje, što varira iz godine u godinu (Šimetić, 2008.).

Međutim, u ostatku svijeta uzgoj lana se brzo širi, čemu može razlog biti njegova višestruka primjena i dobar prinos (Debnath, 2021.). Istodobno, velike klimatske promjene primorale su Europsku Uniju, odnosno kreatora politika i istraživače, da pridonese ublažavanju klimatskih promjena na svjetskoj razini i to smanjenjem utjecaja poljoprivrede na okoliš, a jedan od načina je korištenje bogatih usjeva (Mazac i sur., 2022.). Danas se lan uzgaja u više od 50 zemalja diljem svijeta, a Kanada, Indija, Rusija, Kazahstan i Kina su neki od glavnih proizvođača (Cullis, 2005., Debnath, 2021.). Kanada i Francuska su 2020. godine bile dva najveća izvoznika lanenog sjemena, odnosno lanenih vlakana, a ukupna proizvodnja u svijetu bila je 3,4 milijuna tona (Stavropoulos i sur., 2023.).

Upotreba lana

Lan se upotrebljava za dobivanje vlakna (slika 1), (za rublje, posteljinu, ručnike, odjeću, pre-svlake za namještaj, cerade, šatore, vreće i druge tkanine), kućine (u građevnoj i automobilskoj industriji) i pozdera (ogrjevni i izolacijski materijal, papir).

Sjemenke lana se koriste u prehrambenoj industriji i kemijskoj industriji (hrana za ptice, lanene pogače, sapun, boje, lakovi, linoleum, uljano platno, tiskarska tinta, umjetna koža, premazi za ceste otporni na sol i dr.) (Butorac, 2009., Cullis, 2007.), a sadrži 35 - 44 % ulja. Laneno ulje je važno obzirom na prevenciju kardiovaskularnih bolesti (Prasad, 2009.). Većina biološke aktivnosti lanenog ulja pripisuje se iznimno visokoj količini α -linolenske kiseline, esencijalne omega-3 masne kiseline (Adkins i Kelly, 2010.). Laneno sjeme također sadrži bioaktivne spojeve poput lignana i obilje hidrofobnih ciklolinopeptida (CLP) (Bergman Jungeström i sur, 2007., Picur i sur., 2006.). Oksidativne promjene u lanenom ulju i neugodni okus, općenito se pripisuje linolenskoj kiselini zbog relativno visoke osjetljivosti na oksidaciju (Wiesenborn i sur., 2005., Abuzaytoun i Shahidi, 2006.). Važan nusproizvod nakon ekstrakcije lanenih sjemenki je pogača i koristi se za hranidbu goveda, konja i pera-

di. Pogača sadrži 21,78 % ne dušičnog ekstrakta, 29,37 % lipida, 27,78 % proteina, 7,02 % vlakana, 3,40 % pepela i 10,65 % vode. Također se koristi kao komponenta hrane za pse i mačke (Qamar i sur., 2019.). Kako bi ovako velika proizvodnja i dalje bila održiva važni su kvalitetni procesi dorade i skladištenja.



Slika 1. Vlakno lana

Figure 1. Flax fiber

Izvor / Source:

<https://www.textilesphere.com>

Dorada i prerada lana

Dorada nakon žetve/berbe usmjerena je na očuvanje i dodavanje vrijednosti sirovini koja postaje lakše upotrebljiva i ekonomski isplativa. Uključuje sve tretmane ili procese koji se odvijaju od trenutka berbe do krajnjeg proizvoda i samim time do krajnjeg potrošača. Učinkovite tehnike berbe/žetve, transporta, skladištenja, dorade, pakiranja i marketinga su dijelovi posliježetvene tehnologije (Hasanuzzaman, 2014.). Dorada sušenjem je jedna od najstarijih metoda za čuvanje i konzerviranje hrane, a moguće je procesima konvekcije, kondukcije, isijavanja i smrzavanja (Krička i sur., 2017., Matin i sur., 2020.). Ovaj postupak osigurava određeno vrijeme za očuvanje proizvoda i mogućnost upotrebe proizvoda tijekom cijele godine (Matin i sur., 2018., Matin i sur., 2023.).

Dorada predivog lana

U posljednje vrijeme industrije diljem svijeta su sve više zainteresirane za ekološki prihvatljive procese i sirovine, a materijali na bazi vlakana dobro se uklapaju u ovu ekološku sliku. Činjenica da prirodna biljna vlakna imaju nisku gustoću i dobra specifična svojstva je dobra prednost te su obnovljiva i CO₂ neutralna. Uglavnom se sastoje od celuloze, hemiceluloze, lignina i pektina. Suštinski visoka mehanička svojstva prirodnih vlakana proizlaze iz velike količine kristalne celuloze. Za uporabu u kompozitima ili nekom drugim bioproizvodima, vlakna se moraju izvaditi iz biljke, očistiti i poravnati, što se može postići izvlačenjem, nakon čega slijedi postupak mehaničke ekstrakcije (De Prez i sur., 2018.). U konačnici vlakna lana su stoga kompozitne nano strukture, koje su obnovljive, izdržljive i biorazgradive (Charlet i sur., 2010.). Štoviše, proizvodnja ovih vlakana može povećati prihode poljoprivrednika i promicanje održivosti poljoprivrede.

Proces proizvodnje vlakana započinje močenjem lana koji je najsloženiji dio u cijelom procesu prerade lana tijekom kojeg slojevi pektina i stanice kore u stabljici se razgrađuju djelovanjem enzima močenja (pektaze, pektinaze i pektat liaze) (Butorac, 2020.). Postoji nekoliko načina močenja stabljike lana: močenje lana u polju, močenje lana u bazenima, kemijsko močenje lana, enzimsko močenje lana, enzimatsko močenje, tehnike parne ek-

splozije i tehnike sonikacije/kavitacije (Akin i sur., 2000., Butorac, 2020., Easson i Cooper 2002., Harwood i sur., 2008.). Tijekom močenja lanena vlakna se olabave interakcijom mikroorganizama. Taloženjem vode dobivaju se vlakna dobre kvalitete. Zagađenje vode i miris koji potječu od proizvoda fermentacije učinili su ovu metodu manje privlačnom. Tijekom močenja na polju (rošenja), ubrani lan se rasipa po polju u tankim slojevima radi poticanja bržeg sušenja i djelovanja mikroorganizama, što provode gljivice prisutne u tlu i na biljkama. Kemijsko močenje može oštetiti vlakna, ali ako se pravilno izvede, skratit će se močenje uklanjanjem ne celuloznih komponenti putem degumiranja u otopini lužine. Enzimi, putem selektivne biorazgradnje pektina i matricne tvari, olakšavaju uklanjanje vlakana iz drvenastog dijela biljke lana (Sharma i Van Sumere, 1992.). Enzimskim močenjem proizvedena vlakna imaju svojstva vlakana usporediva s najboljim vlaknima (Van Sumere i Sharma, 1991.). Eksplozija pare (Kessler i sur, 1998.) zahtijeva da se oguljena stabljika lana impregnira natrijevim hidroksidom u kontroliranim uvjetima.

Kvaliteta vlakana koja su dobivena svim ovim postupcima je različita, ali je prisutno i veliko ekološko zagađenje, a učinkovitost ovisi o zemljopisnim uvjetima. Regije s odgovarajućim vlažnim i temperaturnim uvjetima bitne su za dobar rast mikroorganizama. Ovisnost o vremenu prema regijama rezultira varijabilnošću kemijskih i mehaničkih svojstava lanenih vlakana, a time i nedosljednošću kvalitete vlakana, što zahtijeva da industrija lana miješa vlakna kako bi ublažila te varijacije (De Prez i sur., 2018.).

Mnogi od ovih procesa zahtijevaju sušenje koje je neophodno u procesu izrade biokompozita.

Postupak sušenja utječe na kvalitetu vlakana. Tijekom procesa sušenja dolazi do fizikalnih i kemijskih promjena koje mogu dovesti do promjena u fizikalnim karakteristikama kao što su čvrstoća, tekstura i boja. Lan se u početku nakon močenja sušio na polju, a kako je tehnologija napredovala i tržište potraživalo veće količine lanenih vlakna ubrzao se postupak sušenja. Kada je vlakno izloženo vrućem zraku, počinje toplinska degradacija. Na 120 °C počinje raspadanje voska, na temperaturi od oko 150 – 180 °C dolazi do razgradnje pektina, na 350–500 °C dolazi do razgradnje celuloze.

Hemiceluloze razgrađuju na nižim temperaturama (250–350 °C) koje su uzrokovale razgradnju vlakana u celulozna mikrovlakana i dovele do slabije čvrstoće snopa vlakana (Thygesen i sur., 2011., Tripathy, 2009.).

Powell i sur. (2002.) također su otkrili da se čisto laneno vlakno počinje razgrađivati na temperaturi od 200 - 210 °C i nastavlja se razgrađivati sve dok se ne dosegne temperatura od 400 °C. Trenutno postoji samo nekoliko metoda za sušenje prirodnih vlakana. To su konvekcijsko sušenje, mikrovalno sušenje, kombinirano sušenje (mikrovalno i konvekcijsko sušenje) i mikrovalno-vakuumsko sušenje.

Konvekcijski način sušenja je najčešći jer je koeficijent difuzije za sve slojeve linearna funkcija temperature zraka za sušenje i debljine sloja. Tako se lanena vlakna suše u komornim sušarama ili rotacijskim sušarama. Međutim, na uspjeh sušenja veliki utjecaj ima sloj u kojem se vlakna suše i zato se uvijek preporuča sušenje u tankome sloju. Temperatura zraka za sušenje također ima veliki utjecaj na vrijeme sušenja. Povećanjem temperature zraka za sušenje, vrijeme sušenja će biti kraće.

Dorada uljnog lana

Sjemenke lana (slika 2.) mogu se dorađivati za korištenje u prehrambenoj industriji ili za proizvodnju ulja. Zbog nutritivnih i funkcionalnih svojstava koje daje već spomenuti visok sadržaj linolenske kiseline te ugljikohidrata i proteina, laneno sjeme uzgaja se za industrijsku

preradu, prehranu ljudi i hranidbu životinja. Ulje iz sjemenki lana premašuje 45 % linolenske kiseline, a uvjeti uzgoja mogu dovesti do ulja koja premašuju i do 70 % linolenske kiseline (Duguid i sur., 2014.).



Slika 2. Sjemenke lana

Figure 2. Flax seed

Izvor / Source:

<https://www.nccih.nih.gov/health/flaxseed-and-flaxseed-oil>

Sjeme s visokim sadržajem ulja je poželjno za ekstrakciju ulja, dok sjeme s nižim sadržajem ulja može biti poželjno za mljevene proizvode (Diederichsen, 2009., Gui i sur., 2012.).

Svi jestivi proizvodi od lanenog sjemena mogu biti sa žutim i smeđim sjemenkama, konvencionalno uzgojenim sjemenkama i organski uzgojenim sjemenkama. Boja sjemena povezana je s razlikama u viskoznosti sluzi i drugim karakteristikama obrade (Diederichsen i sur., 2006.). Osim dostupnog cjelovitog sjemena, dostupna je široka ponuda proizvoda koja uključuje proizvode od cjelovitog sjemena proizvedene isključivo mehaničkim procesima (prešanje, mljevenje ljuskica i ekstrudiranje), proizvodi dobiveni iz cijelog sjemena ili mehanički doradenog sjemena ekstrakcijom otapalima (otapala uključuju vodu ili vodene otopine anorganskih otopljenih tvari ili vodene otopine enzima ili vodeno alkoholne otopine ili organska otapala) te kombinaciju bakterijske fermentacije i mehaničkih procesa ili procesa otapala. Upravo ove kombinacije ekstrakcijskih, enzimskih, procesa klijanja i fermentacije mogu proizvesti proizvode od lanenog sjemena obogaćene specifičnim funkcionalnim dodacima (Shim i sur., 2015.).

Ulje (slika 3.) se može ekstrahirati iz lanenog sjemena primjenom pritiska i sila smicanja pomoću mehaničkih preša u procesu koji se naziva prešanje (Zheng i sur., 2003.). Prešanje (nakon čega slijedi ekstrakcija otapalom) koristi se za dobivanje jestivog lanenog ulja za industrijske svrhe (dok se hladno prešanje obično koristi za prehrambene uljane proizvode Kochhar, 2002.). Sirovo ulje proizvedeno prešanjem lanenog sjemena prvenstveno je triglicerid, ali sadrži i manje količine monoglicerida, diglicerida, tokoferola, fenola, pigmenta i orbitida (Sharav i sur., 2014., Shim i sur., 2015.).

Skladištenje lana

Osnovni cilj skladištenja je očuvanje vrijednosti i kvalitete sirovine (Krička i sur., 2017., Matin i sur., 2020.) Tijekom skladištenja bitno je voditi računa da ne dođe do mehaničkog oštećenja sjemenki.

Skladištenje lana važno kod uljnog lana jer je upotreba lanenog sjemena u pekarskim proizvodima postala sve popularnija. Smjese, s do 15 % udjela mljevenog lanenog sjemena u brašno, koriste se, uglavnom, u integralnom ili više zrnatom kruhu. Budući da nisu sve pekare



Slika 3. Laneno ulje

Figure 3. Flax oil

Izvor / Source:

<https://www.verywellhealth.com>

u mogućnosti mljeti vlastito laneno sjeme, mljeveno laneno sjeme se prodaje pakirano, a čuva se na sobnoj temperaturi do upotrebe. Zahvaljujući visokom udjelu linolenske kiseline u lanenom sjemenu mljeveno laneno sjeme ima ograničen rok trajanja. Međutim, poznato je da je često užeglog i neugodnog okusa, a neugodan gorak okus počinje se razvijati u lanenom ulju već u nakon 1 dana skladištenja (Brühl i sur., 2008.). U skladišnim uvjetima cijelo laneno sjeme stabilnije je od mljevenog sjemena. No prilikom skladištenja lana vrlo je važno pratiti kemijske promjene koje se događaju u samome sjemenu (voda, ulje, peroksidni broj i sadržaj masnih kiselina) i sadržaj hlapljivih komponenti. Prema istraživanjima lan može biti uskladišten u skladištima do 128 dana na 23 ± 2 °C (Chen i sur. (1994.).

Zaključak

Lan je oduvijek bio značajan poljoprivredni proizvod, cijenjen kroz tisućljeća zbog svojih vlakana i sjemenki. Njegova primjena se s vremenom razvijala, proširujući se od tradicionalne uporabe u tekstilnoj industriji do suvremenih primjena u proizvodnji prirodnih kompozita, koji nalaze upotrebu čak i u industriji automobila. Razvoj tehnologije dorade lana igra ključnu ulogu u poboljšanju kvalitete njegovih vlakana, čineći ih čvršćima i dugotrajnijima. Ovo unaprjeđenje omogućuje lanu da se natječe s umjetnim materijalima, otvarajući vrata novim primjenama u različitim sektorima poput tekstila i građevinarstva. Osim toga, tehnologije dorade imaju pozitivan utjecaj i na kvalitetu sjemenki i ulja lana, što je izuzetno važno za medicinske i prehrambene svrhe. Ovaj aspekt potvrđuje multidisciplinarnu važnost lana, gdje se njegova korisnost širi daleko izvan materijalnih primjena. Razvoj tehnologija skladištenja također je ključan za očuvanje kvalitete lana tijekom vremena, osiguravajući da lan zadrži svoja svojstva za daljnju obradu i uporabu. Ovim radom se želi se naglasiti veliki potencijal lana kao održivog i višenamjenskog resursa. Međutim, kako bi se iskoristio njegov puni potencijal, neophodno je kontinuirano provoditi istraživanja i razvoj u područjima dorade i skladištenja, uz nužno razumijevanje tržišnih trendova i potreba potrošača. To će omogućiti lanu da zadrži svoje mjesto kao važan i koristan resurs u raznim industrijama.

Literatura

Abuzaytoun, R., Shahidi, F. (2006). Oxidative stability of flax and hemp oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, 855-861.

Adkins, Y., Kelley, D.S. (2010). Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *The Journal of nutritional biochemistry*, 21(9), 781-792.

Akin, D.E., Himmelsbach, D. S., Morrison, W.H. (2000). Biobased fiber production: enzyme retting for flax/linen fibers. *Journal of Polymers and the Environment*, 8, 103-109.

- Bergman Jungeström, M., Thompson, L.U., Dabrosin, C. (2007).** Flaxseed and its lignans inhibit estradiol-induced growth, angiogenesis, and secretion of vascular endothelial growth factor in human breast cancer xenografts in vivo. *Clinical Cancer Research*, 13(3), 1061-1067.
- Brühl, L., Matthäus, B., Scheipers, A., Hofmann, T. (2008).** Bitter off-taste in stored cold-pressed linseed oil obtained from different varieties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(7), 625-631.
- Butorac, J., Pospíšil, M., Mustapić, Z., Duvnjak, I. (2009).** Estimation of agronomic and morphological traits of fiber flax varieties without and with topdressing by nitrogen. *Sjemenarstvo*, 26(3/4), 119-129.
- Butorac, J. (2020).** Predivo bilje, *Autorska knjiga, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet*
- Charlet, K., Jernot, J.P., Eve, S., Gomina, M. and Bréard, J. (2010).** Multi-scale morphological characterisation of flax: From the stem to the fibrils. *Carbohydrate Polymers*, 82(1),54-61.
- Chen, Z.Y., Ratnayake, W.M.N., Cunnane, S. C. (1994).** Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(6), 629-632.
- Cullis, C. A. (2005).** Mechanisms and control of rapid genomic changes in flax. *Annals of Botany*, 95(1), 201-206.
- Cullis, C. A. (2007).** Flax. In *Oilseeds* (pp. 275-295). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Debnath, S. (2021).** Flax Fibre Extraction to Textiles and Sustainability: A Holistic Approach. In *Sustainable Fashion and Textiles in Latin America* (pp. 73-85). Singapore: Springer Singapore.
- De Prez, J., Van Vuure, A. W., Ivens, J., Aerts, G., Van de Voorde, I. (2018).** Enzymatic treatment of flax for use in composites. *Biotechnology Reports*, 20, e00294.
- Diederichsen, A., Richards, K. (2003).** Cultivated flax and the genus *Linum* L.: Taxonomy and germplasm conservation. In *flax* (pp. 34-66). CRC Press.
- Diederichsen, A. (2009).** Taxonomical and morphological assessments of infra-specific diversity in cultivated flax (*linum usitatissimum* l.). *Agrobiodiversity and Genetic Erosion*, 33.
- Duguid, S.D., Rashid, K.Y., Kenaschuk, E. O. (2014).** Shape flax. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(1), 157-160.
- Easson, D.L., Cooper, K. (2002).** A study of the use of the trimesium salt of glyphosate to desiccate and ret flax and linseed (*Linum usitatissimum*) and of its effects on the yield of straw, seed and fibre. *The Journal of Agricultural Science*, 138(1), 29-37.
- Fouk, J., Akin, D., Dodd, R., Ulven, C. (2011).** Production of Flax Fibers for Biocomposites. *Cellulose Fibers: Bio- and Nano-Polymer Composites*, 61-95.
- Gui, B., Shim, Y.Y., Datta, R.S., Covello, P. S., Stone, S. L., Reaney, M. J. (2012).** Identification and quantification of cyclolinopeptides in five flaxseed cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(35), 8571-8579.
- Harwood, J., McCormick, P., Waldron, D., Bonadei, R. (2008).** Evaluation of flax accessions for high value textile end uses. *Industrial crops and products*, 27(1), 22-28.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M.M., Bhowmik, P.C., Hossain, M.A., Rahman, M.M., Prasad, V.M.N, Ozturk, M., Fujita, M. (2014).** Potential use of halophytes to remediate saline soils. *BioMed research international*, 2014.
- Heller, K., Baraniecki, P., Praczyk, M. (2012).** Fibre flax cultivation in sustainable agriculture. In *Handbook of natural fibres* (pp. 508-531). Woodhead Publishing.
- Kessler, R.C., Andrews, G., Mroczek, D., Ustun, B., Wittchen, H.U. (1998).** The World Health Organization composite international diagnostic interview short-form (CIDI-SF). *International journal of methods in psychiatric research*, 7(4), 171-185.
- Kochhar, S.P. (2002).** Sesame, Rice bran and flax seed oil. *Vegetable oils in Food Technology. Composition, Properties and Uses*. Gunstone, F. D. Shim
- Kozłowski, R., Czapliski, Z., Zaręba, S., Mańkowski, J. (2012).** OE Cotton Yarns with a High Content of Enzyme-Modified Flax Fibers. *Journal of Natural Fibers*, 9(3), 137-149.
- Krička, T., Matin, A., Horvatić, T., Kiš, G., Voća, N., Jurišić, V., Grubor, M. (2017).** Nutritivni sastav oljuštenog zrna ječma nakon termičke dorade sušenjem i uparavanjem. *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 59(2), 51-60.
- Kvavadze, E., Bar-Yosef, O., Belfer-Cohen, A., Boaretto, E., Jakeli, N., Matskevich, Z., Meshveliani, T. (2009).** 30,000-year-old wild flax fibers. *Science*, 325(5946), 1359-1359.
- Matin, A., Majdak, T., Grubor, M., Vuković, J., Krička, T. (2018).** Otpuštanje vode konvekcijskim sušenjem različitim temperaturama iz sjemenki uljane repice. *Poljoprivreda*, 24(2), 50-56.
- Matin, A., Krička, T., Friganović, E., Tučić, D., Grubor, M. (2020).** Tehnologija dorade i skladištenja maka. *Glasilo Future*, 3(4), 1-12.
- 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.
- Mazac, R., Meinić, J., Korkalo, L., Järviö, N., Jalava, M., Tuomisto, H.L. (2022).** Incorporation of novel foods in European diets can reduce global warming potential, water use and land use by over 80%. *Nature food*, 3(4), 286-293.
- Muir, A. D., Westcott, N. D. (Eds.). (2003).** Flax: the genus *Linum*. CRC press.
- Qamar, H., Ilyas, M., Shabbir, G., Irshad, G., Nisar, F., Abbas, S.M., Ghais, M., Arshad, A. (2019).** 1. Flax: Ancient

to modern food. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8(4), 2269-2276.

Picur, B., Cebret, M., Zabrocki, J., Siemion, I. Z. (2006). Cyclopeptides of *Linum usitatissimum*. *Journal of peptide science: an official publication of the European Peptide Society*, 12(9), 569-574.

Potočanec J. (1953). *Naši domaći lanovi. Prilog upoznavanju gospodarskih svojstava, Poljoprivredni šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.*

Powell, T., Panigrahi, S., Ward, J., Tabil, L. G., Crerar, W.J., Sokansanj, S. (2002). Engineering properties of flax fiber and flax fiber-reinforced thermoplastic in rotational molding. *Book Engineering Properties of Flax Fiber and Flax Fiber-Reinforced thermoplastic in Rotational molding.*

Prasad, K. (2009). Flaxseed and cardiovascular health. *Journal of cardiovascular pharmacology*, 54(5), 369-377.

Yan, L., Chouw, N., Jayaraman, K. (2014). Flax fibre and its composites—A review. *Composites Part B: Engineering*, 56, 296-317.

Sharav, O., Shim, Y.Y., Okinyo-Owiti, D.P., Samyinaiken, R., Reaney, M.J. (2014). Effect of cyclolipopeptides on the oxidative stability of flaxseed oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(1), 88-96.

Shim, Y.Y., Gui, B., Wang, Y., Reaney, M.J. (2015). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil processing and selected products. *Trends in Food Science & Technology*, 43(2), 162-177.

Stavropoulos, P., Mavroeidis, A., Papadopoulos, G., Roussis, I., Bilalis, D., Kakabouki, I. (2023). On the path towards a "Greener" EU: A Mini review on Flax (*Linum usitatissimum* L.) as a Case Study. *Plants*, 12(5), 1102

Soljačić, I., Čunko, R. (1994). Hrvatski tekstil kroz povijest, *Tekstil*, 43, 11, str. 584-602, ISSN 0492 – 5882

Šimetić, S. (2008). Lan u proizvodnji i upotrebi. *Sjemenarstvo*, 25(3-4), 217-221.

Šurina, R., Andrassy, M. (2013). Revitalizacija proizvodnje lanenih vlakana u hrvatskoj, *Zbornik radova 6. Znanstveno-stručno savjetovanje tekstilna znanost i gospodarstvo, Zagreb, Hrvatska*, 8-11

Thygesen, A., Madsen, B., Bjerre, A.B., Lilholt, H. (2011). Cellulosic fibers: effect of processing on fiber bundle strength. *Journal of Natural Fibers*, 8(3), 161-175.

Tripathy, A.C. (2009). Characterization of flax fibres and the effect of different drying methods for making biocomposites (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

Vaisey-Genser, M., Morris, D.H. (2003). Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed. In *Flax* (pp. 13-33). CRC Press.

Van Sumere, C.F., Sharma, H.S. (1991). Analyses of fine flax fibre produced by enzymatic retting. *Aspects Appl. Biol*, 28, 15-20.

Sharma, H.S.S., Van Sumere, C.F. (1992). Enzyme treatment of flax. *Genet. Eng. Biotechnol*, 12, 19-23.

Wiesenborn, D., Kangas, N., Tostenson, K., Hall, C., Chang, K. (2005). Sensory and oxidative quality of screw-pressed flaxseed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82, 887-892.

Zheng, Y.L., Wiesenborn, D.P., Tostenson, K., Kangas, N. (2003). Screw pressing of whole and dehulled flaxseed for organic oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(10), 1039-1045.

Prispjelo/Received: 15.11.2023.

Prihvaćeno/Accepted: 25.01.2024.

Professional paper

Flax processing and storage

Abstract

Flax has been cultivated for thousands of years for its seeds and fibers. The processing and storage methods contribute greatly to the presence and popularity of flax on the market. Recently, flax has been increasingly used as a natural composite in the production of various materials such as car parts and the like. With modern technology, refinement allows flax fibers to become stronger and more durable, bringing them closer to man-made materials to be a competitor in the textile and construction industries in the future. The processing itself influences the quality of the seeds and oils, both for medical purposes and in the food industry. With the development of storage technology, flax is no longer a crop whose processing ends shortly after harvest, but by improving storage conditions, it is possible to process it throughout the season, with minimal change in the quality of the fibers and seeds for further processing.

Keywords: flax, processing, storage