

Przesłano: 06-06-2023

Zaakceptowano do druku: 27-11-2023



UPRAWA, WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWE I PRZEMYSŁOWE WYKORZYSTANIE LNU ZWYCZAJNEGO

Michalina Truszkowska¹, Katarzyna Waszkowiak²

Abstrakt: Len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.) jest gatunkiem uprawianym od wieków na ziemiach polskich ze względu na swój duży potencjał przemysłowy i żywieniowy. Największe znaczenie mają dwie formy lnu zwyczajnego: oleista, która stosowana jest obecnie głównie w branży spożywczej oraz włóknista uprawiana ze względu na wytrzymałe i trwałe włókna. Odmienne wykorzystanie form użytkowych jest determinowane zróżnicowaną biologią gatunku. Uprawa lnu nie jest szczególnie wymagająca, co pozwala na jego zrównoważoną produkcję. Główny problem stanowi zachwaszczenie i niedobór wody. W pracy przedstawiono charakterystykę głównych form użytkowych lnu, ich uprawę oraz potencjalne wykorzystanie przemysłowe, ze szczególnym uwzględnieniem prozdrowotnych właściwości siemienia lnianego.

Słowa kluczowe: len zwyczajny, siemię lniane, olej lniany

JEL: Q19, L66

CULTIVATION, UTILITY PROPERTIES AND INDUSTRIAL USE OF FLAX

Michalina Truszkowska¹, Katarzyna Waszkowiak²

Abstract: Linseed or flax (*Linum usitatissimum* L.) is an annual species cultivated for centuries in Poland due to its industrial and dietary potential. The highest economic importance have two forms: oilseed (linseed), mainly used in the food industry, and fibrous (flax), cultivated for its strong and flexible fibers. The different utility of those forms are determined by biological differences of species. The cultivation of linseed is not particularly demanding on soil and climatic conditions. It allows for their sustainable production. The main problem is the weeds management and the water deficit. The paper focuses on characteristic of linseed forms of utility, crop cultivation and potential industrial application, with particular emphasis on linseed health benefits.

Keywords: *Linum usitatissimum*, flax, linseed, linseed oil

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy (work input): 50%

² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy (work input): 50% | ORCID: 0000-0003-1298-6201 | e-mail: katarzyna.waszkowiak@up.poznan.pl

JEL Classification: Q19, L66

1. Wstęp

Len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.), zwany także uprawnym bądź siewnym, klasyfikowany jest do rodziny Inowatych (*Linaceae*), do której należy ponad 300 gatunków (Hickey, 1988). Roślina pochodzi prawdopodobnie z Bliskiego Wschodu, a początki jej uprawy rozpoczęto już 10 000 lat temu. Według Quillien (2014) czyni ją to najstarszą udomowioną rośliną na świecie. Obecnie uprawiane gatunki lnu pochodzą prawdopodobnie od dzikiego lnu wąskolistnego *L. usitatissimum* ssp. *angustifolium*. Z biegiem czasu wyodrębniono dwa kierunki uprawy nasion lnu, tj. len oleisty (*Linum usitatissimum* L. var. *brevimulticaulis* Vav.) oraz len włóknisty (*Linum usitatissimum* L. var. *elongatum* Vav.) Można wyróżnić także len przejściowy, który jest wariantem pośrednim między tymi dwoma formami, jednak nie ma on dużego znaczenia gospodarczego.

Forma włóknista różni się znacząco od formy oleistej zarówno pod względem morfologicznym, jak i docelowego użytkowania (Zajac i in., 2011). Forma oleista lnu ma zastosowanie głównie w przemyśle spożywczym i paszowym, ale również w kosmologii czy przemyśle farmaceutycznym. Len włóknisty wykorzystuje się tradycyjnie w branży tekstylnej. Choć wielkość areалу uprawy tej formy użytkowej w Polsce zmniejszył się zdecydowanie w porównaniu do areálu z początku lat 90-tych ubiegłego wieku, obecnie branża tekstylna coraz częściej zwraca uwagę na naturalne walory tkanin lnianych i poszukuje surowca do ich produkcji (Kiryluk i Kostecka, 2020). Ostatnio zauważa się też wzrost zastosowania lnu włóknistego w przemyśle motoryzacyjnym czy budownictwie, jako źródło naturalnych surowców i materiału bardziej przyjaznego dla środowiska (produkcja płyt meblowych i budowlanych). Włókno lniane wykorzystywane jest również jako materiał opatrunkowy (Zuk i in., 2015).

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie charakterystyki form użytkowych lnu zwyczajnego i dostępnych polskich odmian, ich uprawy, a także potencjalnego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu, ze szczególnym uwzględnieniem prozdrowotnych właściwości siemienia lnianego. Ponadto celem opracowania jest także podniesienie świadomości oraz doradztwo związane z uprawą różnych form lnu zwyczajnego w kontekście odpowiedzi na rosnące zainteresowaniem zdrowym stylem życia wśród konsumentów i rozwoju rynku odzieży ekologicznej oraz żywności o cechach prozdrowotnych. W artykule zwrócono uwagę na len zwyczajny jako roślinę uprawną o wielokierunkowym wykorzystaniu użytkowym i źródło surowców znajdujących zastosowania w wielu gałęziach przemysłu.

2. Charakterystyka botaniczna, formy użytkowe i warunki uprawy

Len (*Linum L.*) jest rośliną jednoroczną, jarą i ozimą. Dominuje uprawa form jarych. Forma ozima jest uprawiana w Europie we Francji, Anglii i Turcji (Arslanoglu i in., 2022).

Wysokość rośliny waha się od 30 do 70 cm. Łodygi zazwyczaj są cienkie i proste u podstawy, natomiast w górnej części rozgałęzione. Morfologia lnu zwyczajnego jest silnie skorelowana z jego formą użytkową (Achremowicz i in., 2017; Silska, 2022). Odmiana oleista jest znacznie niższa i bardziej rozgałęziona niż forma włóknista. Liście są typu siedzącego, bez ogonków, a kwiatostan wierzchołkowy. Kwiaty są pięciopłatkowe, najczęściej koloru jasnoniebieskiego. Kwitnienie odbywa się w od lipca do połowy sierpnia. Odmiany oleiste wyróżnia większa liczba wyżej wymienionych struktur, co jest skorelowane z większą ilością produkowanych owoców. Nasiona lnu typu oleistego cechują się też większą zawartością tłuszczu. Owoce składa się z około 10 jajowatych nasion.

W Krajowym Rejestrze Odmian aktualnie znajdują się cztery odmiany lnu oleistego oraz pięć odmian lnu włóknistego (tabela 1).

Tabela 1

Odmiany wpisane do Krajowego Rejestru Odmian

Forma użytkowa lnu zwyczajnego	
Oleista	Włóknista
Bukoz	Hera
Jantarol	Mordan
Silesia	Nike
Szafir	Sara
	Selana

Źródło: Opracowano na podstawie wykazu opublikowanego przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych na dzień 20.05.2023; https://coboru.gov.pl/pl/kr/kr_ga

Wysiew form jarych odbywa się wczesną wiosną. Po około 120 dniach następuje zbiór (Zwierz, 2021). Warunki uprawy lnu są zróżnicowane ze względu na odmianę rośliny. Len zwyczajny uprawia się od klimatu umiarkowanego, po ciepły, do suchego. System korzeniowy lnu oleistego jest zdecydowanie bardziej rozbudowany niż lnu włóknistego. Wpływa to na większą odporność tej formy użytkowej lnu na abiotyczne warunki środowiska (Zuk i in., 2015). Uprawa lnu typu

oleistego pod względem warunków glebowych jest także zdecydowanie mniej wymagająca niż uprawa lnu włóknistego. Duże znaczenie stanowi zbilansowana gospodarka pierwiastkami, tj. azotem, fosforem i potasem. Szczególne znaczenie pełni azot, którego niedobór może skutkować znaczną redukcją plonu. W zależności od warunków glebowych zaleca się nawożenie azotem w granicach od 30 do 60 kg/ha, natomiast fosforem od 30 do 50 kg/ha P₂O₅ (Zwierz, 2021).

Problem w uprawie lnu oleistego stanowi zachwaszczenie gatunkami takimi jak komosa biała, przytulia czepna, chwastnica jednostronna. Rośliny segetalne konkurują z roślinami o wodę i składniki pokarmowe. Straty w plonach powodują także choroby, gdzie najczęściej wymienia się fuzariozę czy mączniaka prawdziwego (Heller, 2012). Fuzarioza to choroba powszechnie występująca na terenie całego kraju, wywoływana przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Występowanie tego rodzaju grzyba na plantacji może zredukować ilość nasion nawet o 80%, a włókna o 50%. Powoduje on również obniżenie zdolności kiełkowania. Warunkami sprzyjającymi dla rozwoju tej choroby są duża wilgotność i wysoka temperatura. Mączniak prawdziwy powoduje uszkodzenia struktur głównie w późniejszych fazach rozwoju omawianej rośliny. Na powierzchni rośliny zauważalny jest biały nalot, co utrudnia prawidłowy przebieg procesu fotosyntezy, a w konsekwencji prowadzi do znacznej redukcji jakości i ilości plonów. Odporność lnu zwyczajnego na choroby jest ściśle związana z konkretną odmianą tego gatunku. Największą odporność na fuzariozę ma odmiana Silesia lnu oleistego, natomiast na mączniaka odmiana Jantarol (Zwierz, 2021).

Len włóknisty przynosi największy plon, gdy jest uprawiany w klimacie umiarkowanym. Ponieważ odmiany tej formy użytkowej preferują klimat wilgotny i dość niskie temperatury, najlepsze plony lnu włóknistego uzyskuje się w obszarze górskim lub nadmorskim. Dostępność wody jest kluczowa w uzyskaniu wysokiego plonu, a jej nieobecność skutkuje dużymi ich stratami. Największy pobór wody przez len odbywa się w momencie jego wegetacji (Zuk i in., 2015). W Polsce największe znaczenie mają trzy odmiany lnu włóknistego: Nike, Mordan, Selena.

3. Wartość odżywcza nasion lnu

Nasiona lnu, nazywane także siemieniem lnianym, od wieków znane są ze swoich prozdrowotnych właściwości dla organizmu ludzkiego i zwierzęcego. Stosowano je głównie w celu złagodzenia dolegliwości ze strony układu pokarmowego, ponieważ zawarte w nich śluzy (należące do frakcji błonnika rozpuszczalnego) wykazują działanie osłaniające na błony śluzowe. Nasiona lnu są płaskie, barwy złocistej, jasno lub ciemnobrązowej. Zbudowane są z okrywy nasiennej, zarodka, bielma i osi środkowej. Można je spożywać w całości.

Rycina 1

Nasiona lnu polskich odmiany oleistych Jantarol, Szafir i Bukoz



Źródło: Zasoby własne.

Siemię lniane jest bogatym źródłem tłuszczu o wysokiej zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, a także błonnika pokarmowego (w tym rozpuszczalnego), związków fenolowych (głównie lignanów) i białka (Mueed i in., 2022). Średnia zawartość tłuszczu w siemieniu lnianym wynosi 40%, białka ok. 20%, natomiast zawartość błonnika pokarmowego szacuje się na poziomie ok. 30% (Popis i in., 2015). Nasiona lnu są ważnym źródłem kwasu α -linolenowego z rodziny n-3, którego udział w profilu kwasów tłuszczowych może wynosić nawet do 59% (Zuk i in., 2015).

Skład chemiczny nasion lnu różni się w zależności od odmiany i warunków uprawy (Silkska i Walkowiak, 2019). Do Krajowego Rejestru Odmian wpisane są cztery odmiany lnu oleistego (tabela 1). Trzy z nich (rycina 1), tj. Jantarol (o żółtej barwie nasion) oraz Bukoz i Szafir (o brązowej barwie nasion) to odmiany, których tłuszcz cechuje się wysokim udziałem kwasu α -linolenowego (n-3), typowym dla tradycyjnych form lnu (tabela 2). Najmłodszą z odmian, wpisaną do rejestru w roku 2020, jest odmiana Silesia (brązowe nasiona), charakteryzująca się zmienionym profilem kwasów tłuszczowych, tj. podwyższonym udziałem kwasu

linolowego (n-6, ok. 47,6%) i obniżonym kwasu α -linolenowego (ok. 24,7%) (COBORU, 2020). W skutek takiej modyfikacji olej z nasion tej odmiany wykazuje większą stabilność oksydacyjną podczas przechowywania. Wśród wspomnianych odmian nasiona Jantarol cechuje wyższa zawartość błonnika, a nasiona odmiany Szafir większy udział białka (tabela 2).

Siemię lniane jest cennym źródłem lignanów – seokizolaricirezinolu (SECO), który występuje w nasionach w formie dwuglukozydu (SDG). Lignany lniane wykazują działanie przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne i przeciwnowotworowe (Cui i in., 2020; Narender i in., 2016; Mukhija i in. 2022). Stanowią metabolit wtórny produkujących je roślin, zaliczany do grupy związków fenolowych. Podobnie jak flawonoidy i stilbeny należą one do fitoestrogenów. Wyżej wymienione związki mają budowę chemiczną podobną do 17β -estradiolu. Podobieństwo to sprawia, że wykazują działanie estrogenowe i antyestrogenowe (Waszkowiak, 2013). Przyjmowanie omawianych związków jest polecane jako zamiennik tradycyjnej terapii hormonalnej dla kobiet w okresie menopauzalnym (Tempfer i in., 2009; Zdrojewicz i Matusiak-Kita, 2011). Zawartość lignanów w siemieniu lnianym jest średnio 700 razy większa niż w przypadku najczęściej konsumowanych produktów roślinnych (Kaniewski i in., 2020).

Cennym surowcem pozostałym po tłoczeniu oleju jest makuch (Petraru i Amariei, 2020). Zawiera on duże ilości błonnika pokarmowego, białka (ok 36%) i pozostałości tłuszczu (ok 7%) (Heller, 2012). Dotychczas głównie wykorzystywano go jako formę paszy dla zwierząt. Jednakże makuch zawiera też wiele substancji bioaktywnych, w tym SDG, który pozostaje w nim po procesie tłoczenia. Ponieważ związki te ze względu na wspomniane wcześniej właściwości wykazują korzystny wpływ na zdrowie człowieka (Ayelign i Alemu, 2016), makuchy lniane są coraz chętniej wykorzystywane jako składnik żywności (Trocer i in., 2020; Yawale, 2022).

Obok składników wartościowych żywieniowo, w nasionach lnu (i makuchu lnianym) występują substancje zaliczane do antyodżywczych. Należą do nich glikozydy cyjanogenne, tj. monoglukozydy – linamaryna i lotaustralina oraz dwuglukozydy – linustatyna i neolinustatyna (te ostatnie dominują w pełni dojrzałych nasionach lnu). W wyniku hydrolizy enzymatycznej lub kwasowej uwalnia się z nich cyjanowodór (HCN). Związek ten w jednorazowej dawce 0,5–3,5 mg/kg masy ciała wykazuje działanie toksyczne (EFSA, 2019), wskutek wiązania jonów metali takich, jak jony żelaza czy miedzi. W odtłuszczonych mączkach, pozyskanych z nasion polskich odmian lnu zwyczajnego, ich zawartość wynosiła 368–474 mg w 100 g, co odpowiadało 25–32 mg HCN (Waszkowiak i in, 2015). Należy jednak podkreślić, że poddanie nasion lnu różnym procesom, m.in. ogrzewaniu (np. ogrzewaniu mikrofalowemu, prażeniu, gotowaniu), procesom hydrotemicznym

lub enzymatycznych pozwala na efektywne zmniejszenie zawartości glukozydów cyjanogennych (Feng i in. 2003; Zhai i in., 2019).

Tabela 2

Porównanie wybranych cech użytkowych nasion polskich odmian lnu oleistego

Cechy	Odmiana żółtonasienna		Odmiany brązownasienne	
	JANTAROL	SZAFIR	BUKOZ*	
Masa tysiąca nasion (g)*	6,9	7,3	5,7	
Zawartość składników (średnio w 100 g)				
białko	17,1	22,1	nb	
błonnik pokarmowy – nierozpuszczalny – rozpuszczalny	22,1 9,4	20,9 7,1	nb	
tłuszcz	42,2	38,6	39,1*	
Profil kwasów tłuszczowych (%)				
palmitynowy	C16:0	5,6	5,7	5,9
stearynowy	C18:0	1,7	3,2	2,5
oleinowy	C18:1 n-9	16,7	17,5	13,6
linolowy	C18:2 n-6	15,0	12,4	14,3
α-linolenowy	C18:3 n-3	60,6	61,1	62,7
inne		0,4	0,1	0,3
n-6/n-3		0,25	0,20	0,23

Źródło: Opracowano na podstawie danych Heller, 2013*; Waszkowiak i in. 2020, Waszkowiak i Mikołajczak, 2020; nb – nie badano.

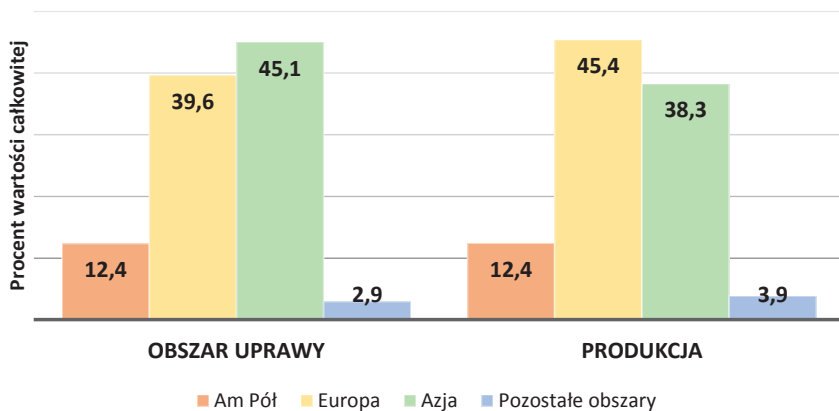
4. Wykorzystanie przemysłowe nasion lnu

W 2021 r. (dane FAOSTAT) całkowity areal uprawy lnu na świecie wyniósł ok. 4,4 mln ha (w tym odmian oleistych 4,1 mln), a produkcja osiągnęła ponad 4,2 mln ton (3,3 mln ton dla odmian oleistych). Głównymi rejonami uprawy lnu oleistego w Ameryce Północnej są Kanada i USA, w Europie Federacja Rosyjska, Francja, Wielka Brytania, Białoruś i Ukraina, a w Azji Kazachstan, Chiny i Indie. W przypadku lnu włóknistego za ponad 90% światowej produkcji odpowiada Europa, głównie Francja (75%). Mniejszy udział w areale upraw tej formy użytkowej mają Belgia, Białoruś, Federacja Rosyjska, Wielka Brytania i Holandia, a poza Europą również Chiny, Egipt, Argentyna i Chile (dane FAOSTAD za rok 2021). Udział poszczególnych regionów w światowej uprawie i produkcji lnu oleistego i włóknistego przedstawiono na rycinie 2.

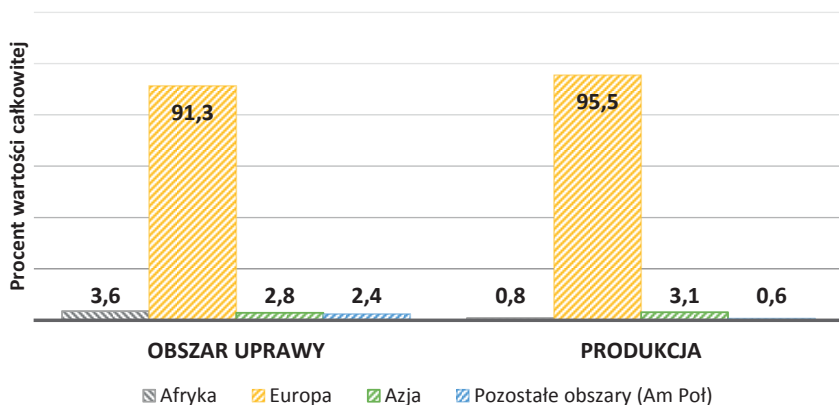
Rycina 2

Udział poszczególnych regionów w światowej uprawie i produkcji
(A) lnu oleistego oraz (B) lnu włóknistego w roku 2021 (%)

A) Len oleisty



B) Len włóknisty



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych FAOSTAD na rok 2021.

Dane przedstawiono jako procent względem całkowitych wartości uprawy i produkcji na świecie.

Wzrost zainteresowania walorami żywieniowymi nasion lnu oraz tłoczonego z nich oleju spowodował sukcesywnie zwiększanie się powierzchni upraw odmian lnu oleistego w krajach europejskich od 2010 roku. W roku 2009 całkowity areal

uprawy odmian tego typu użytkowego w Europie wynosił 320 tys. ha, a 2021 roku ponad 1,6 mln ha (dane FAOSTAD). Również w Polsce dominuje uprawa lnu oleistego. W okresie 2018-2021 jego areal uprawy wahał się pomiędzy 3-5 tys. ha (osiągnięta całkowita wielkości produkcji to 4,8-6,8 tys. ton), a lnu włóknistego zaledwie 90-510 ha (dane FAOSTAD).

Uprawa lnu zwyczajnego jest zalecana ze względów ekonomicznych i środowiskowych (Zwierz, 2021). Uprawa lnu zwyczajnego generuje większe zyski w stosunku do poniesionych kosztów niż np. uprawa jęczmienia jarego (Kiryłuk i Kosteczka, 2020). Zastosowanie lnu w płodozmianie ma pozytywny wpływ na plennosc innych roślin w nim uprawianych. Dodatkowo uprawa tej rośliny pozwala na uzyskanie dopłat do jej upraw.

Powyższe czynniki, w połączeniu z wartościowym składem, spowodowały wzrost zainteresowania wykorzystaniem włókna lnianego i siemienia lnianego w wielu gałęziach przemysłu. Nasiona lnu są cennym surowcem dla przemysłu spożywczego, szczególnie branży olejarskiej i piekarskiej. Ze względu na udowodnione właściwości prozdrowotne olej, całe nasiona oraz ich wytloki i śruta poekstrakcyjna wykorzystywane są w karmieniu zwierząt hodowlanych, a coraz częściej również jako składnik żywności (Kopyra-Klimek i in., 2011). Podejmowane są próby zastosowania ich m.in. w produkcji wyrobów mleczarskich, przetworów mięsnych, produktów zbożowych i ekstrudowanych, żywności wegańskiej (Yawale, 2022).

Kolejną gałęzią, w której len odgrywa istotne znaczenie, jest medycyna, farmacja i kosmetologia. Między innymi włókno lniane zastosowano w produkcji materiałów opatrunkowych (szczególnie przydatnych w opatrywaniu ran i owrzodzeń), a olej lniany w tworzeniu „oilzelu” do preparatów kosmetycznych i dermatologicznych, który ma za zadanie regenerowanie błon biologicznych (Rymar, 2017). Ponadto w kosmetologii nasiona lnu wykorzystuje się w leczeniu stanów zapalnych skóry oraz dla poprawy jej wyglądu.

Nasiona lnu wykorzystywane są także w produkcji biopaliw (biodiesla i bioetanolu) (Popis i in., 2015). Makuch lniany, będący źródłem cennych składników o różnorodnych właściwościach funkcjonalnych, może być surowcem np. do otrzymywania bioaktywnych peptydów, surfaktantów, przeciwutleniaczy (Petraru i Amariei, 2020; Lorenc i in., 2022; Peng i in., 2022).

W ostatnich latach włókno lniane zaczyna również odbudowywać swoją pozycję w branży tekstylnej, jako surowiec do produkcji naturalnych tkanin o unikalnych właściwościach, m.in. higienicznych i antystatycznych (Kiryłuk i Kosteczka, 2020). Produkowane z nich tkaniny są chętnie wykorzystywane w produkcji ubrań ekologicznych. Rosnące zainteresowanie konsumentów tego typu odzieżą skłania do podjęcia próby rewitalizacji przemysłu lnianego w Europie, w tym również na terenie Polski.

5. Podsumowanie

Na przestrzeni lat powstały dwie formy użytkowe lnu: włóknista i oleista. W poprzednich stuleciach w Polsce dominowała uprawa odmian włóknistych, z których otrzymywano włókno wykorzystywane na potrzeby przemysłowe.

Obecnie dominującą w uprawie formą zarówno w Europie, jak i na świecie, jest len oleisty. Uprawiany jest ze względu na nasiona, z których produkowany jest olej lniany charakteryzujący się dużą zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie z grupy n-3 (kwas α -linolenowy). Specyficzny profil kwasów tłuszczowych oleju lnianego wpływa na jego wykorzystanie przemysłowe. Ponieważ spożycie tłuszczu o wysokim udziale kwasów tłuszczowych n-3 jest zalecane w diecie człowieka, między innymi w profilaktyce przeciwnowotworowej czy chorób układu krążenia, wzrasta jego znaczenie dla branży spożywczej. W spektrum zainteresowania przemysłu znajduje się również makuch powstający w procesie tłoczenia oleju i stanowiący cenne źródło substancji odżywczych, a nawet substancji o cechach bioaktywnych i właściwościach funkcjonalnych. Uprawa lnu typu oleistego jest zdecydowanie mniej wymagająca niż uprawa form włóknistych pod względem warunków glebowych, a także klimatycznych (wysokość opadów). Wszystko to sprawia, że wzrasta zainteresowanie uprawą tej formy użytkowej lnu zwyczajnego w Europie. Z drugiej strony rosnące zainteresowanie konsumentów odzieżą produkowaną z naturalnych tkanin lnianych, skłania do podejmowania próby rewitalizacji przemysłu lnianego na terenie Europy, co będzie wiązało się z poszukiwaniem dostawców surowca i możliwym zwiększeniem powierzchni uprawy lnu włóknistego.

Należy podkreślić, że uprawa lnu zwyczajnego może być bardzo interesująca dla rolnictwa w Polsce ze względu na możliwość jego wielokierunkowego wykorzystanie w różnych branżach przemysłu. Ponadto nie jest on gatunkiem wymagającym i dobrze plonuje na glebach średnich w klimacie umiarkowanym.

LITERATURA

1. Achremowicz, B., Ceglińska, A., Darmetko, M., Haber, T., Jankowska, J., Karpiński, P., Obiedziński, M., Tarasiewicz, R. (2017). Charakterystyka wybranych surowców roślinnych i możliwości ich wykorzystania jako dodatków do ciast chlebowych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 97-109.
2. Arslanoglu, Ş. F., Sert, S., Şahin, H. A., Aytaç, S., El Sabagh, A. (2022). Yield and yield criteria of flax fiber (*Linum usitatissimum* L.) as influenced by different plant densities. *Sustainability*, 14(8), 4710.
3. Ayelign, A., Alemu, T. (2016). The functional nutrients of flaxseed and their effect on human health: a review. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, 6(2), 83-92.
4. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych; https://coboru.gov.pl/pl/kr/kr_ga (dostęp: 20.05.2023).

5. COBORU (2020). Lista opisowa odmian roślin rolniczych 2020 – Rośliny oleiste i włókniste. COBORU, Słupia Wielka.
6. Cui, Q., Du, R., Liu, M., Rong, L. (2020). Lignans and their derivatives from plants as antivirals. *Molecules*, 25, 183.
7. EFSA CONTAM Panel. (2019). Scientific opinion on the evaluation of the health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in foods other than raw apricot kernels. *EFSA Journal*, 17(4), 5662, 1-78.
8. Feng, D., Shen, Y., Chavez, E.R. (2003). Effect of different processing methods in reduction hydrogen cyanide content of flax. *Journal the Science of Food and Agriculture*, 83, 836-841.
9. Food and agriculture data. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/> (dostęp: 10.11.2023).
10. Ganorkar, P.M., Jain, R.K. (2013). Flaxseed - a nutritional punch. *International Food Research Journal*, 20, 519-525.
11. Heller, K. (2012). *Metodyka integrowanej ochrony roślin dla uprawy lnu włóknistego*. Poznań: IWNiRZ.
12. Hickey, M. (1988). *100 families of flowering plants*. 2 Ed. New York: Cambridge University Press.
13. Kaniewski, R., Jankowiak, J., Zajączek, K. (2020). Len i konopie w profilaktyce i lecznictwie. *Postępy Fitoterapii*, 21(2), 100-103.
14. Kiryluk, A., Kostecka, J. (2020). Pro-environmental and health-promoting grounds for restitution of flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivation. *Journal of Ecological Engineering*, 21(7), 99-107.
15. Zając, T., Oleksy A., Klimek-Kopyra A. (2011). Unikatowe cechy biologiczne i użytkowe lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) determinujące znaczenie gatunku w przeszłości oraz współcześnie. *Krakowskie Studia Małopolskie*, 15, 169-196.
16. Lorenc, F., Jarošová, M., Bedrníček, J., Smetana, P., Bárta, J. (2022). Structural characterization and functional properties of flaxseed hydrocolloids and their application. *Foods*, 11, 2304.
17. Mueed, A., Shibli, S., Korma, S.A., Madjirebaye, P., Esatbeyoglu, T., Deng, Z. (2022). Flaxseed bioactive compounds: chemical composition, functional properties, food applications and health benefits-related gut microbes. *Foods*, 11, 3307.
18. Mukhija, M., Joshi, B.C., Bairy, P.S., Bhargava, A., Sah, A.N. (2022). Lignans: a versatile source of anticancer drugs. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(1), 76.
19. Narender, B.R., Tejaswini, S., Sarika, M., Karuna, N., Shirisha, R., Priyanka, S. Antibacterial and antifungal activities of *Linum usitatissimum* (Flax seeds). (2016). *International Journal of Pharmacy Education and Research*, 3(2), 4-8.
20. Peng, D., Ye, J., Jin, W., Yang, J., Geng, F., Deng, Q. (2022). A review on the utilization of flaxseed protein as interfacial stabilizers for food applications. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 99, 723-737.
21. Petraru, A., Amariei, S. (2020). Oil press-cakes and meals valorization through circular economy approaches: a review. *Applied Sciences*, 10, 7432.

22. Popis, E., Ratusz, K., Przybysz, M. A., Krygier, K., Sakowska, A., & Konarska, M. (2015). Światowa oraz polska produkcja lnu oleistego i oleju lnianego. *Problemy Rolnictwa Światowego*, 15, 106-116.
23. Quillien, L. (2014). Flax and linen in the first millennium babylonia BC: the origins, craft industry and uses of a remarkable textile. *Prehistoric, ancient near eastern & aegean textiles and dress*, eds Harlow M., Michel C., Nosch M.-L. Oxford: Oxbow Books. 271-296.
24. Rymar E. (2017). Właściwości prozdrowotne lnu (*Linum ussitatissimum* L.), *Herbalism*, 1(3), 92-111.
25. Silska, G. (2022). Valorisation of morphological and agricultural traits of 21 varieties of flax *Linum usitatissimum* L. *Herba Polonica*, 68(2), 24-35.
26. Silska, G., Walkowiak M. (2019). Comparative analysis of fatty acid composition in 84 accessions of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, 13(3), 118-129.
27. Tempfer, C.B., Froese, G., Heinze, G., Bentz E., Hefler L.A., Huber J.C. (2009). Side effects of phytoestrogens: a meta-analysis of randomized trials. *The American Journal of Medicine*, 122(10), 939-946.
28. Trocer, P., Kostek, M., Łopusiewicz, Ł., Drozłowska-Sobieraj, E. (2020). Właściwości fizykochemiczne przekąski z makuchu lnianego fermentowanej kulturami jogurtowymi. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa: Środowiskowe i genetyczne uwarunkowania zdrowia ludzi i zwierząt*, Szczecin. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23082.03521> (dostęp: 30.05.2023).
29. Yawale, P., Upadhyay, N., Ganguly, S., Singh, A.K. (2022). A comprehensive review on recent novel food and industrial application of flaxseed: 2014 Onwards. *Food Feed Research*, 49, 67-95.
30. Waszkowiak, K. (2013). Lignany – funkcjonalny składnik żywności. *Przemysł Spożywczy*, 67, 34-37
31. Waszkowiak, K., Mikołajczak, B. (2020). The effect of roasting on the protein profile and antiradical capacity of flaxseed meal. *Foods*, 9, 1383.
32. Waszkowiak, K., Gliszczynska-Świątło, A., Barthet, V., Skrety, J. (2015). Effect of extraction method on the phenolic and cyanogenic glucoside profile of flaxseed extracts and their antioxidant capacity. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 1609-1619.
33. Waszkowiak, K., Siger, A., Rudzińska, M., Bamber, W. (2020). Effect of roasting on flaxseed oil quality and stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97, 637-649.
34. Zdrojewicz, Z., Matusiak-Kita, M. (2011). Czy fitoestrogeny mogą być alternatywą dla terapii hormonalnej? *Family Medicine & Primary Care Review*, 4, 601-605.
35. Zuk, M., Richter, D., Matuła, J., Szopa, J. (2015). Linseed, the multipurpose plant. *Industrial Crops and Products*, 75, 165-177.
36. Zwierz, S. (2021). *Technologia uprawy lnu oleistego*. Wydawnictwo: Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Lubaniu.
37. Zhai, S.S., Zhou, T., Li, M. M., Zhu, Y.W., Li, M.C., Feng, P.S., Zhang, X. F., Ye, H. Wang, W.C., Yang, L (2019). Fermentation of flaxseed cake increases its nutritional value and utilization in ducklings. *Poultry Science*, 98, 5636-5647.