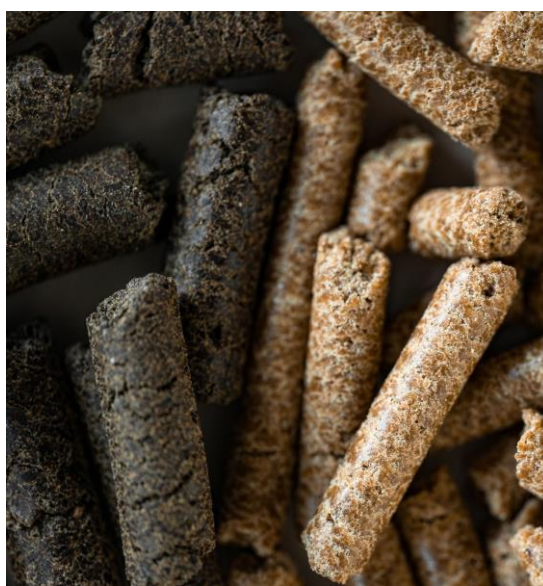
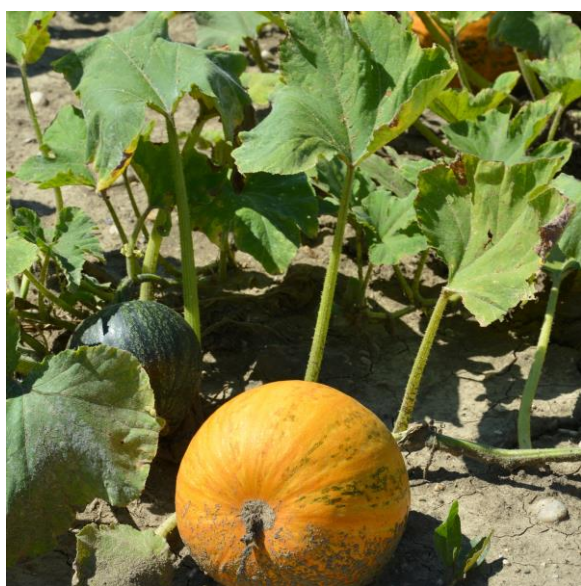




Fakulta zemědělská  
a technologická  
Faculty of Agriculture  
and Technology

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

## Sborník příspěvků z odborné konference Minoritní olejniny – význam, pěstování, využití





**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Fakulta zemědělská a technologická**

**ve spolupráci s:**

**Agritec Plant Research, s.r.o.**

**HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.**

**Masarykova univerzita, Středoevropský technologický institut**

**Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta potravinářské a  
biochemické technologie**

**v rámci řešení výzkumného projektu MZe č. QK 1910302**

**Sborník příspěvků z odborné konference**

**Minoritní olejniný – význam, pěstování, využití**

*konané 18. 10. 2023 v posluchárně Z1 (budova ZR) na Fakultě zemědělské a  
technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Na Sádkách 1780, 370  
05 České Budějovice*

**Jan Bárta, Adéla Stupková (editoři)**

**© Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Fakulta zemědělská a technologická**  
**2023**

**ISBN 978-80-7694-033-8**



**Vědecký výbor konference:**

doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D. (FZT JU)

Ing. Marie Bjelková, Ph.D. (Agritec)

prof. Ing. Vladimír Filip, CSc. (FPBT VŠCHT)

doc. Ing. Jan Kyselka, Ph.D. (FPBT VŠCHT)

doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D. (FZT JU)

prof. Ing. Zbyněk Zdráhal, Ph.D. (CEITEC MUNI)

Příspěvky byly recenzovány členy vědeckého výboru.

**DEDIKACE**

Uspořádaná konference a sborník prezentovaných příspěvků jsou výsledky výzkumného projektu Ministerstva zemědělství č. QK 1910302 “Zpracování vedlejších produktů z lisování semen olejnin na nové výrobky s nutričními a zdravotními přínosy”.

## Obsah

<b>ÚVODNÍ SLOVO .....</b>	<b>7</b>
---------------------------	----------

### Blok 1: Pěstování minoritních olejnin a ovlivnění kvality semen pěstitelskými faktory

<b>BJELKOVÁ M.: VÝNOSOVÉ PARAMETRY OLEJNÉHO LNU, KONOPÍ SETÉHO A OSTROPESTŘCE MARIÁNSKÉHO OVLIVNĚNÉ POVĚTRNOSTNÍMI PODMÍNKAMI .....</b>	<b>8</b>
---	----------

<b>JAROŠOVÁ M., BEDRNÍČEK J., LORENC F., PETRÁŠKOVÁ E., BÁRTA J.: POROVNÁNÍ VÝNOSU, CHEMICKÉHO SLOŽENÍ A ANTIOXIDAČNÍHO POTENCIÁLU U EXPERIMENTÁLNĚ PĚSTOVANÝCH ODRŮD LNU SETÉHO OLEJNÉHO (LINUM USITATISSIMUM L.).....</b>	<b>16</b>
---	-----------

<b>RYCHLÁ A., VRBOVSKÝ V.: MORFOLOGICKÉ, BIOLOGICKÉ A KVALITATIVNÍ PARAMETRY GENOVÝCH ZDROJŮ MINORITNÍCH OLEJNIN .....</b>	<b>23</b>
--	-----------

<b>SERAFIN-ANDRZEJEWSKA M., LEJMAN A., DRADRACH A.: HEMP AND POPPY CULTIVATION IN POLAND .....</b>	<b>28</b>
--	-----------

<b>SERAFIN-ANDRZEJEWSKA M., KOZAK M.: WHITE MUSTARD FOR SEEDS – QUALITY BREEDING IN POLAND.....</b>	<b>34</b>
---	-----------

### Blok 2: Zpracování semen a vylisků na olej a bílkovinné produkty

<b>FILIP V.: FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝSLEDNOU KVALITU ROSTLINNÝCH OLEJŮ .....</b>	<b>39</b>
--	-----------

<b>KYSELKA J.: VLIV TECHNOLOGICKÉHO ZPRACOVÁNÍ MINORITNÍCH OLEJNIN NA OBSAH BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK.....</b>	<b>47</b>
---	-----------

<b>BÁRTOVÁ V., BÁRTA J., JAROŠOVÁ M., STUPKOVÁ A., BEDRNÍČEK J., LORENC F., SMETANA P., KYSELKA J., FILIP V., ZDRÁHAL Z.: PRODUCTS WITH INCREASED PROTEIN CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY PREPARED FROM MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM L. GAERTNER) OILSEED CAKES.....</b>	<b>54</b>
---	-----------

**KAVÁLEK M.: PRODUKCE VÝLISKŮ, JAKO MOŽNÉ VSTUPNÍ SUROVINY PRO VÝROBU  
BÍLKOVINNÝCH KONCENTRÁTŮ..... 61**

**ŘÍHA V., KREJČOVÁ Z.: ZPRACOVÁNÍ SEMEN KONOPÍ SETÉHO (CANNABIS SATIVA L.) VE  
SPOLEČNOSTI HEMP PRODUCTION CZ, S.R.O..... 65**

*Blok 3: Kvalita bílkovinných produktů semen olejnin a jejich využití*

**ROUDNICKÝ P., ZDRÁHAL Z., JAROŠOVÁ M., BÁRTOVÁ V., BÁRTA J.: PROTEOMIKA  
OLEJNATÝCH SEMEN A JEJICH VÝLISKŮ..... 70**

**LORENC F., JAROŠOVÁ M., BEDRNÍČEK J., BÁRTA J., BÁRTOVÁ V., KADLEC J., SMETANA P.:  
VYUŽITÍ PŘÍRODNÍCH ANTIOXIDANTŮ V PEKAŘSKÝCH VÝROBCÍCH ..... 75**

**JANOUŠEK HONESOVÁ S., SAMKOVÁ E., JAROŠOVÁ M., MOUDRÁ P., BÁRTOVÁ V.:  
SENZORICKÁ PŘIJATELNOST JOGURTŮ S PŘÍDAVKEM LNĚNÉ MOUKY: PILOTNÍ STUDIE .... 79**

**JŮZL M., LANGOVÁ R., SLOVÁČEK J., JANÍK PIECHOWICZOVÁ M., HATLÁKOVÁ E.,  
GRACIASOVÁ M., JOKVER M.: HODNOCENÍ VYBRANÝCH JAKOSTNÍCH PARAMETRŮ  
MASNÝCH VÝROBKŮ S VYUŽITÍM VÝLISKŮ VLAŠSKÝCH OŘECHŮ..... 84**

## Úvodní slovo

Vážení čtenáři,

předložený sborník Vám nabízí 14 příspěvků, prezentovaných na konferenci „Minoritní olejniny – význam, pěstování, využití“, pořádané v rámci řešení výzkumného projektu Ministerstva zemědělství QK 1910302 (Zpracování vedlejších produktů z lisování semen olejin na nové výrobky s nutričními a zdravotními přínosy), který je na pracovištích pořádající instituce a spolupracujících organizací řešen. S ohledem na téma konference jsou příspěvky zaměřeny zejména na pěstování minoritních olejin, zpracování jejich semen na oleje a bílkovinné produkty a rovněž na uplatnění těchto produktů. Dva příspěvky jsou věnovány pěstování vybraných druhů olejin v sousedním Polsku.

Olejniny jsou nejen pro Českou republiku ekonomicky významnou skupinou polních plodin. Přestože největší podíl na pěstitelské ploše olejin v ČR zaujímá řepka olejka, minoritní druhy olejin jsou významné pro rozšiřování všeobecně požadované druhové variability pěstovaných plodin a zvýšení nabídky olejů se specifickou kvalitou. Semena minoritních olejin nedisponují jen oleji s významným zastoupením esenciálních mastných kyselin, obsahují také kvalitní rostlinné bílkoviny, vlákninu, pozitivně působící bioaktivní látky (zejména antioxidanty) a minerály. Kromě olejů je tak relativně nově využíván potenciál výlisků olejnatých semen pro nekrmivářské uplatnění. Výlisky olejin v podobě alternativních rostlinných mouk a bílkovinných koncentrátů mohou mít uplatnění nejen pro přímý konzum, ale hlavně jako zajímavá surovina do potravinářských výrobků či připravovaných pokrmů. I z tohoto důvodu byly do programu konference a sborníku zařazeny příspěvky věnující se uplatnění výliskových materiálů v modelových potravinářských výrobcích.

Jan Bárta  
řešitel výzkumného projektu QK 1910302

# Výnosové parametry olejného lnu, konopí setého a ostropestřce mariánského ovlivněné povětrnostními podmínkami

## Yield parametrem of the linseed, hemp and milk thistle affected by weather conditions

*Marie Bjelková*

*Agritec Plant Research s.r.o., Zemědělská 2520/16, Šumperk*

### **Abstrakt**

Tato práce sledovala rozdíly v obsahu oleje a mastných kyselin u odrůd olejného lnu a konopí setého a stejně tak u odrůdy Mirel ostropestřce mariánského. Nedílnou součástí bylo srovnání i v jednotlivých letech. Výsledky prokázaly statisticky významné odrůdové rozdíly a vyplývá z nich, že některé odrůdy byly schopny poskytnout vysoké produkční parametry, ale současně vliv povětrnostních podmínek byl signifikantní.

**Klíčová slova:** Olejný len, konopí seté, mastné kyseliny, tuk

### **Abstract**

This work monitored the differences in the content of oil and fatty acids in varieties of oilseed linseed and hemp, as well as in the Mirel variety of milk thistle. An integral part was the comparison between individual years. The results showed statistically significant varietal differences and it follows that some varieties were able to provide high production parameters, but at the same time the influence of weather conditions was significant.

**Keywords:** Linseed, hemp, milk thistle, fatty acid, fat

### **Úvod**

Len setý (*Linum usitatissimum* L.) je jednoletá bylina, botanicky řazená do čeledi lnovitých (Linaceae) s vysokou fenotypovou rozmanitostí dle konkrétních agroekologických podmínek. Příspěvek je směřován na **len olejný**, jehož historie pěstování v České republice je vázáno k roku 1989. Trend pěstování a cena produkce olejného lnu v České republice jsou vysoce ovlivněny dovozem lněných semen převážně z Ruska, Kazachstánu, Běloruska. Olejný len je olejnatá plodina, která si získala významnou pozornost i v oblasti agronomie díky svým četným výhodám nejen jako zdroj výživy a průmyslové aplikace. Olej extrahovaný ze lněných semen je bohatý na omega-3 mastné kyseliny (většinou ALA), omega-9 mastných kyselin (kyselina olejová) a omega-6 mastných kyselin (kyselina linolová). Obsah živin ve 100 g lněných semen udává se v množství: 6,5 g bílkovin, 20,3 g tuků, 37,1 g minerálních látek, 2,4 g hrubé vlákniny, 4,8 g celkové vlákniny, 24,5 g, sacharidů, 28,9 kcal energie, 530 mg draslíku, 750 mg vápníku, 170 mg fosforu (Juita et al 2013; Al-Rajhi et al, 2023).

**Konopí seté** je plodina s mnohostranným využitím, ale jeho pěstitelské plochy v ČR v současné době kolísají od 200 do 400 ha. Semena konopí setého (*Cannabis sativa* L.) jsou velmi kvalitním zdrojem suplementace zdravé výživy, kdy svým obsahovým složením se může uplatnit i v potravinářském, farmaceutickém, kosmetickém a krmivářském průmyslu. Konopná semena jsou bohatým zdrojem mikroelementů a celé semeno obsahuje 35,5 % oleje, 24,8 % bílkovin, 27,6 % sacharidů, 5,6 % popelovin, stravitelnou vlákninu v množství 5,4 %, celkovou dietní vlákninu v obsahu 27,6 % s energií 2200 kJ.100g<sup>-1</sup>. Dále jsou v semeni konopí setého obsaženy vitamíny A, B1, B2, B6, C, E a minerální látky (Mn, Na, Ca, P, Mg, K, Fe, Si). V konopném oleji jsou zastoupeny esenciální mastné kyseliny (EFA) omega-6 - kyselina linolová (18:2, LA), které je obsaženo v asi 55 %, a omega-3- kyselina alfa-linolenová (18:3, ALA), jejíž obsah je 18 - 20%. Kromě těchto významných množství LA a ALA jsou: přítomny také



kyselina gama-linolenová (18:3, GLA) v obsahu od 1-4 %, a kyselina stearidonová (18:4, SDA) s 0,5-2 %. Zahraniční zdroje uvádí, že na výživu potřebuje každý zdravý dospělý člověk průměrně 7 g kyseliny linolové denně, přičemž se doporučuje až 10 g na den. To odpovídá 50 až 60 g konopných semen nebo 15 až 20 g konopného oleje na den (1-2 polévkové lžíce). Nedílnou součástí celkového pohledu na konopné semeno je jeho kvalita a vyzrálost, eliminace zápachu, plísní, škůdců a absence jeho mechanického poškození, zápachu nebo zatuchlosti. Uvedený přehled chemického složení ukazuje možnost zpracování do nejvíce se rozvíjejících druhů potravin, jako jsou potraviny funkčního typu (např. konopná chlebová směs, konopné karbanátky, konopné těstoviny, loupaná konopná semena, pražená semena, syrová semena, čokoláda, limonáda, pivo, víno, mouka, konopné müsli (Callaway, 2004; Lachenmeier et al. 2005).

**Ostropestřec mariánský** (*Silybum marianum* L. Gaertn) patří do čeledi hvězdnicovitých (Asteraceae) je jednoletou bylinou a jeho nažky obsahují 26–28 % bílkovin, 25–35 % oleje, z toho 55 – 72 % kyseliny linolové, 15 – 20 % kyseliny olejové a 8 – 14 % nasycených mastných kyselin. Obsah pokrutin, které obsahují flavonolignany (tzv. silymarinový komplex), je 1–4 %. V současné době je ostropestřec nejvíce pěstovanou léčivou rostlinou v České republice. Pěstuje se pro sklizeň nažek, jejichž hlavní upotřebení je ve farmaceutickém průmyslu (*Cardui mariae fructus*). Nažky se lisují, z pokrutin se izoluje směs flavonolignanů, tzv. silymarinový komplex (0,5 – 3 %). Hlavními složkami silymarinového komplexu jsou silybin, silydianin, silychristin, taxifolin a další (Wang X et al. 2020). Olej obsahuje zajímavé množství mastných kyselin. Rozsah pěstování závisí na poptávce zpracovatele, v posledních pěti letech plocha roste.

## **Materiál a metody**

Byly založeny experimenty s odrůdami olejného lnu a konopí setého, které jsou zařazeny v Katalogu odrůd druhů zemědělských plodin EU a dále v ostropestřci mariánském, odrůdou Mirel. Pěstitelské technologie byly vedeny dle platných metodických příruček pro pěstování (zdroj Agritec). Před sklizní byl proveden odběr vzorků rostlin a tyto byly podrobeny laboratorním analýzám, kde byly hodnoceny kvalitativní technologické parametry semen po vyčištění. U semen byla stanovena vlhkost, výnosový potenciál z jednotky plochy a vzorky semen byly analyzovány na obsah mastných kyselin a obsah tuků (Analýza obsahu oleje v semenech byla provedena dle interní metodiky, založené na normě ČSN EN ISO 659: „Olejnatá semena – Stanovení obsahu oleje“. Metodika je validovaná s pravidelnou účastí mezilaboratorního porovnání, pořádanou ÚKZÚZ. Analýza poměrového zastoupení mastných kyselin byla stanovena podle normy ČSN EN ISO 5508: „Analýza methylesterů MK plynovou chromatografií“.).

## **Výsledky a diskuze**

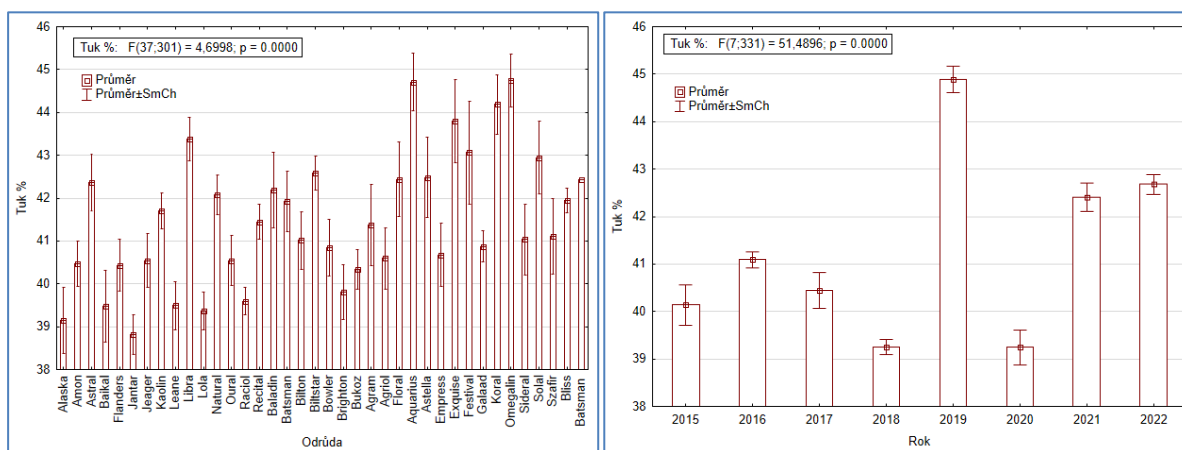
S ohledem na postupně se měnící klimatické vlivy je perspektivním cílem najít vhodné odrůdy nebo plodiny, které budou mít schopnost aklimatizovat se a současně poskytnout plnohodnotný produkt a vysokým výkonem. Z tohoto důvodu byly sledovány dva povětrnostní parametry, teplota a srážky, jak ukazuje tabulka 1:

Tabulka 1: Průběh počasí na lokalitě Šumperk červenec–srpen 2020 – 2022

Měsíc	Průměrná teplota (°C)			Dlouhodobý průměr (°C)	Úhrn srážek (mm)			Dlouhodobý úhrn srážek (mm)
	2020	2021	2022		2020	2021	2022	
červenec	17,1	20,16	18,3	16,7	83,8	81,6	59,7	77,5
srpen	18,6	16,7	19,7	16,2	164,5	91,8	47,7	74,4

Z víceletých výsledků je zřejmá statisticky významná variabilita v obsahu tuku v semeni u jednotlivých odrůd **olejného lnu** (graf 1). Nejvyšší obsah tuku byl zjištěn u odrůd Aquarius, Omegalin a Koral a dále také u odrůdy Libra. V sortimentu byly zařazeny odrůdy zařazené do všech tří skupin dle obsahu kyseliny alfa linolenové a dle tohoto členění byl statisticky nejvyšší obsah tuku (41,5 %) jednoznačně zjištěn u odrůd s klasickým (vysokým) obsahem. Odrůdy se středním obsahem kyseliny alfa linolenové obsahovaly 40,4% oleje a odrůdy s jejím nízkým obsahem ho měly průměrně 40 % s významnou variabilitou z pohledu pěstitelského roku. Také korelační vztahy ukazují na vliv mezi obsahem oleje a mastnými kyselinami, zvláště vůči kyselině olejové ( $r = -0,63$ ), jak ukazuje tabulka 3.

Graf 1: Průměrný obsah oleje v semenech odrůd olejného lnu a vliv pěstitelského roku



Tabulka 2: Obsah tuku a mastných kyselin dle rozdělení odrůd podle zastoupení alfa linolenové kyseliny (ALA)

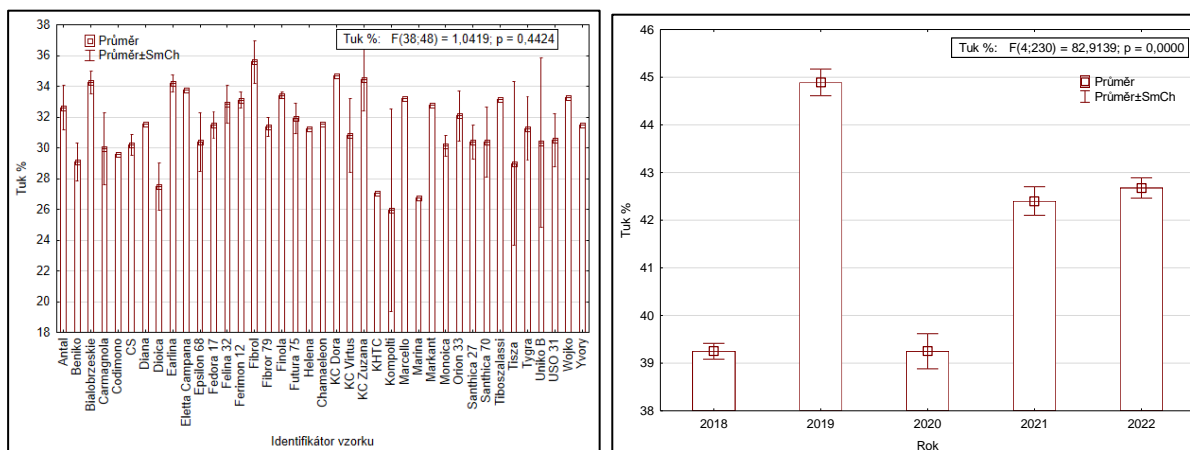
parametr	vysoký obsah ALA	střední obsah ALA	nízký obsah ALA
Obsah tuku (%)	41,5*	40,4	40,0
Obsah kyseliny stearové (%)	4,0	4,0	3,6
Obsah kyseliny palmitové (%)	6,1	6,3	6,7
Obsah kyseliny olejové (%)	17,4	17,1	16,7
Obsah kyseliny linolové (%)	15,9*	35,8*	64,9*
Obsah kyseliny alfa linolenové (%)	56,6*	36,9*	8,4*

Tabulka 3: Korelační vztahy mezi parametry

	Olej (%)	Kyselina palmitová (%)	Kyselina stearová (%)	Kyselina olejová (%)	Kyselina linolová (%)	Kyselina alfa linolenová (%)
Rok	0,34	0,09	0,07	-0,34	0,05	0,02
Olej (%)		-0,18	0,39	-0,63	-0,22	0,31
Kyselina palmitová (%)			-0,10	-0,02	0,53	-0,53
Kyselina stearová (%)				-0,76	-0,07	0,08
Kyselina olejová (%)					-0,08	-0,04
Kyselina linolová (%)						-0,99

Při hodnocení meziročních výsledků u obsahu oleje v semenech odrůd **konopí setého** byl zjištěn průkazný vliv na úrovni  $P \geq 0,05$  a naopak průkazná variabilita nebyla zjištěna mezi některými pěstitelskými roky (graf 2). Rozsah obsahu oleje kolísal od 25,8 % u odrůdy Kompolti až do obsahu 35,1 % u odrůdy Fibrol. Většina odrůd obsahovala 30-34 % oleje v semenech.

Graf 2: Průměrný víceletý obsah oleje v semenech odrůd konopí setého a vliv pěstitelského roku



Vzájemné porovnání nevykázalo odrůdový vliv na obsah jednotlivých mastných kyselin, ale naopak parametr roku byl v korelačním negativním průkazném nízkém vztahu s kyselinou palmitovou ( $r = -0,23$ ) a středně silné negativní průkazné korelaci s kyselinou olejovou ( $r = -0,52$ ) a v pozitivní korelaci s kyselinami alfa linolenovou a arachovou. Byly zjištěny silné korelace mezi kyselinou alfa linolenovou a gama linolenovou ( $r = 0,92$ ) a tředně silné mezi k. alfa linolenovou a kyselinami stearovou, olejovou a linolovou, (tab. 4).

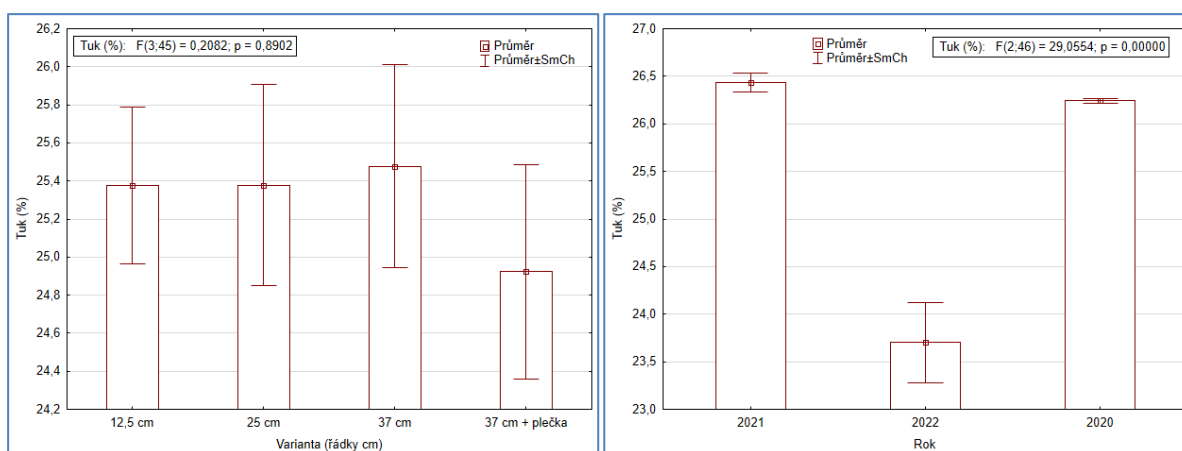
Tabulka 4: Vzájemné korelace mezi sledovanými parametry

	Rok	Kyselina palmitová (%)	Kyselina stearová (%)	Kyselina olejová (%)	Kyselina linolová (%)	Kyselina gama linolenová (%)	Kyselina alfa linolenová (%)	Kyselina arachová (%)	Kyselina oktadekatetraen	Kyselina eikosenová (%)	Tuk (%)
Odrůda	-0,02	0,11	0,08	0,03	-0,06	0,02	-0,06	0,06	-0,05	0,03	-0,13
Kyselina palmitová (%)	<b>-0,23</b>		0,15	-0,03	-0,12	-0,06	-0,15	-0,05	-0,08	<b>-0,28</b>	<b>-0,32</b>
Kyselina stearová (%)	-0,05			<b>0,22</b>	0,14	-0,06	<b>-0,44</b>	-0,18	<b>0,30</b>	-0,02	-0,00
Kyselina olejová (%)	<b>-0,52</b>				-0,01	<b>-0,54</b>	<b>-0,60</b>	<b>-0,73</b>	0,03	-0,17	<b>0,26</b>
Kyselina linolová (%)	-0,08					0,05	<b>-0,50</b>	-0,10	0,02	-0,09	0,08
Kyselina gama linolenová (%)	0,21						-0,13	<b>0,92</b>	0,13	0,12	0,15
Kyselina alfa linolenová (%)	<b>0,40</b>							0,18	<b>-0,23</b>	0,13	<b>-0,25</b>
Kyselina arachová (%)	<b>0,38</b>								0,07	0,19	-0,01
Kyselina oktadekatetraenová (%)	0,05									<b>0,28</b>	-0,07
Kyselina eikosenová (%)	<b>0,58</b>										-0,01
Tuk (%)	-0,18										

Výsledky u **ostropěstřce mariánského** byly sledovány částečně i z pohledu agrotechniky z důvodu její neúplnosti a proto byl brán zřetel na meziřádkovou vzdálenost. Z výsledků vyplývá neprůkazný statistický rozdíl v obsahu oleje, ale nejvyšší byl získán ve variantě s šířkou řádku 37 cm (25,5 %) a nejnižší při stejné šíři, ale v kombinaci s plečkováním (24,9), (graf 3). Obsah oleje byl ovlivněn pěstitelským rokem, kdy v roce 2021 byla jeho výše oproti roků 2020 a 2022 snížena téměř o 3%. Nejvyšší obsah kyseliny palmitové činil 10,1% a nejnižší 9,9 % se statisticky neprůkaznou diferencí. Kyselina stearová měla shodné rozdělení jako kyselina

palmitová, ale s obsahy od 4,5 – 4,8 % a s klesající tendencí při vzrůstající délce meziřádkové vzdálenosti. Obsah kyseliny olejové se zvyšoval se vzrůstající meziřádkovou vzdáleností od 23 % do 23,5 % bez statistické významnosti. Kyselina linolová byla přítomna v oleji ostropestřce v průměrném obsahu 58,8 %, obsah kyseliny alfa linolenové činil průměrně bez ohledu na variantu 0,7 %, ale s průkazným vlivem řádkové vzdálenosti 12,5 cm a 25 cm oproti 37 cm. Kyselina oktadekatetraonová byla přítomna v oleji ostropestřce v průměrném obsahu 1,8% a podobný trend byl zaznamenán i u obsahu kyseliny eikosenové. Vliv pěstitelského roku prokazoval silný statistický vliv (tab. 5).

Graf 3: Vliv řádkové vzdálenosti a pěstitelského roku na obsah tuku v nažkách ostropestřce mariánského.



Tabulka 5: Korelační vztahy mezi sledovanými parametry

	Tuk (%)	Kyselina palmitová(%)	Kyselina stearová (%)	Kyselina olejová (%)	Kyselina linolová (%)	Kyselina alfa linolenová(%)	Kyselina oktadekatetraenová (%)	Kyselina eikosenová (%)
Rok	-0,64	-0,22	-0,86	-0,72	0,90	-0,48	-0,63	-0,04
Tuk (%)		-0,16	0,62	0,69	-0,63	0,13	0,58	0,08
Kyselina palmitová(%)			0,20	-0,33	-0,18	0,43	-0,42	-0,63
Kyselina stearová (%)				0,61	-0,84	0,36	0,64	0,04
Kyselina olejová (%)					-0,83	0,27	0,76	0,40
Kyselina linolová (%)						-0,63	-0,69	-0,18
Kyselina alfa linolenová(%)							0,18	-0,04
Kyselina oktadekatetraenová (%)								0,64

## Závěr

V souboru byly zastoupeny plodiny s odrůdami různé délky vegetační doby a dozrání u nich probíhalo v různých teplotních podmínkách. Získané výsledky prokázaly, že obsah mastných kyselin byl významně ovlivněn povětrnostními podmínkami, stejně jako obsah tuku, především při dozrání semen/nažek. Statistické rozdíly vykazovaly i jednotlivé odrůdy olejného lnu a konopí setého.

## Literatura

Juita, Dlugogorski, B. Z., Kennedy, E. M., Mackie, J. C. (2013). Roles of peroxides and unsaturation in spontaneous heating of linseed oil. *Fire Safety Journal*, 61, 108–115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.005>.

Al-Rajhi, A.M.H.; Abdel Ghany, T.M. Nanoemulsions of Some Edible Oils and Their Antimicrobial, Antioxidant, and Anti-hemolytic Activities. *BioResources* 2023, 18, 1465–1481. [CrossRef]

Callaway, J.C.: Hemp seed as a nutritional food source: An overview. *Euphytica* 140: 65–72, 2004.

Lachenmeier D.W., Walch S.G. 2005: Analysis and toxicological evaluation of cannabinoids in hemp food products. *Electron J Environ Agric Food Chem* 4(1):. 812-826.

Wang X, Zhang Z, Wu SC (2020) Health benefits of *Silybum marianum*: Phytochemistry, Pharmacology, and applications. *J Agric Food Chem* 68:11644–11664. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04791> - DOI – PubMed

### **Dedikace**

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu MZe RO1023 a MZe NAZV QK1910302

### **Kontakt**

Ing. Marie Bjelková, Ph.D.,  
Agritec Plant Research s.r.o.,  
Zemědělská 2520/16, Šumperk;  
[bjelkova@agritec.cz](mailto:bjelkova@agritec.cz)

**Porovnání výnosu, chemického složení a antioxidačního potenciálu  
u experimentálně pěstovaných odrůd lnu setého olejného  
(*Linum usitatissimum* L.)**

**Comparison of yield, chemical composition and antioxidant potential of  
experimentally grown cultivars of oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.)**

*Markéta Jarošová<sup>1</sup>, Jan Bedrníček<sup>2</sup>, František Lorenc<sup>2</sup>, Eva Petrášková<sup>2</sup>, Jan Bárta<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Katedra rostlinné výroby, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v  
Českých Budějovicích, <sup>2</sup> Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských  
produktů, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích*

**Abstrakt**

Lněné semeno je bohatým zdrojem nutričních, funkčních a zdraví prospěšných látek. Chemické složení a obsah biologicky aktivních látek ve lněném semenu však může být značně variabilní a potenciálně ovlivněný genotypem, pěstitelskými postupy nebo prostředím. V této studii bylo porovnáno chemické složení a antioxidační potenciál šesti odrůd lnu setého olejného. Pro zjištění vlivu a ovlivnění pěstitelských podmínek a jejich variability na studované parametry byl založen diagonální pěstitelský pokus na Pokusné stanici Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích ve třech po sobě následujících vegetačních obdobích v letech 2018, 2019 a 2020. Výsledky ukázaly meziodrůdovou a ročníkovou variabilitu ve výnosu, obsahu oleje, popelovin, obsahu celkových polyfenolů a antioxidační aktivity. U obsahu dusíkatých látek byl prokázán pouze vliv ročníku.

**Klíčová slova:** len setý, výnos semen, chemické složení, antioxidační aktivita, celkový obsah polyfenolů

**Abstract**

Flaxseed is a rich source of nutritional, functional and health benefits. However, the chemical composition and the content of bioactive compounds can be highly variable and potentially influenced by genotype, cultivation practices or environment. This study compared the proximate chemical composition and antioxidant potential of six flaxseed cultivars. A diagonal cultivation experiment was established at the Experimental Station of the University of South Bohemia in České Budějovice in three subsequent growing seasons to investigate the influence and variability of growing conditions on the studied parameters. The results showed the inter-cultivar and inter-year variabilities in seed yield, oil, ash and total polyphenol contents, and antioxidant activity. Related to crude protein content, only the effect of growing seasons was observed.

**Keywords:** flaxseed, seed yield, chemical composition, antioxidant activity, total polyphenol

**Úvod**

Čerstvé lněné semeno se skládá z tuku (37-41 %), celkové vlákniny (28-29 %), bílkovin (20 %), vlhkosti (6,5-7,7 %) a popela (2,4-3,4 %) (Lorenc et al., 2022). Některé jeho složky představují látky s vysokou nutriční hodnotou nebo biologickými aktivitami. Vysoký nutriční profil lněného semene je určen obsahem kvalitního oleje s vyváženým poměrem omega-3 a omega-6 esenciálních mastných kyselin (Kajla et al., 2015), bílkovinami s aminokyselinovým profilem podobným sójovému proteinu (Oomah, 2020) a vysokým obsahem rozpustné a nerozpustné vlákniny (Goyal, 2014). Biologicky aktivní látky jsou zastoupeny především polynenasycenými mastnými kyselinami, lignany, proteiny, cyklickými peptidy, a dietární vlákninou (Parikh et al. 2018). Tyto sloučeniny mohou mít prospěšný vliv na lidské zdraví, a



to zejména snížením rizik spojených se srdečními chorobami, rakovinou, cukrovkou nebo mrtvicí (Shim et al., 2022).

V rámci publikovaných studií byl zjištěn vliv genotypu lnu, prostředí a způsobu pěstování na výnosové prvky a chemické složení lněného semene. Výnosové prvky mohou být významně ovlivněny například počasím, převážně vysokou teplotou, a půdním typem (Casa et al. 1999). Podzimní výsev proveditelný v teplejších oblastech pěstování lnu může zvýšit jeho výnosové prvky v porovnání s konvenčním jarním výsevem (Rossi et al. 2023). Optimalizované hnojení fosforem může zvyšovat výnos a hmotnost semene (Xie et al., 2016). Převážný vliv genotypu byl naopak pozorován u výnosu a obsahu oleje a bílkovin (Saastamoinen et al., 2013). Zhang et al. (2016) pozorovali významný vliv genotypu, prostředí a jejich kombinace na obsah oleje o poměr mastných kyselin. Obsah nejvýznamnějšího lignanu sekoisolariciresinol diglukosidu (SDG), jenž tvoří přibližně 95% lignanů lněného semene (Chhillar et al., 2021), je dle relevantních studií ovlivněn do značné míry spíše genotypem než prostředím (Zhang et al., 2022; Garros et al., 2018; Saastamoinen et al., 2013). Avšak jeden ze současných výzkumů potvrdil rovněž pozitivní vliv vodního stresu na obsah lignanů ve lněném semenu (Zare et al., 2023).

Cílem této studie bylo zjistit a porovnat vlivy genotypu (odrůdy), prostředí a ročníkové variability na výnosové charakteristiky, chemické složení a antioxidační potenciál šesti odrůd lnu setého.

## **Materiál a metody**

Maloparcelkový experiment byl založen v letech 2018 až 2020 na pokusném pozemku FZT JU v Českých Budějovicích. Pozemek má půdní typ kambizem a nachází se v nadmořské výšce 380 m.n.m. Předplodinou byla vždy obilnina a výsevek byl 8 MKS / ha (MKS = počet milionů klíčivých semen). Jediným ošetřením byla aplikace herbicidu ve fázi stroměčku (GLEAN 75 WG). Po sklizni a vyčištění byla semena namleta na nožovém mlýnu GRIMDOMIX GM 200 (Retsch, Německo) při 10 000 ot./min po dobu 1 min. U homogenizovaných vzorků byla stanovena olejnatost rozpouštědlovou extrakcí na přístroji XT10 (ANKOM, USA) za použití petroletheru. Stanovení obsahu dusíkatých látek (N<sub>x6,25</sub>) bylo provedeno pomocí modifikované Dumasovy metody na analyzátoru Rapid N Cube (Elementar, Německo). Popeloviny byly stanoveny gravimetricky spálením vzorku v muflové peci při 550°C po dobu 6 hodin. Celkový obsah polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky podle Lachmana *et al.* (2006) pomocí Folin-Ciocalteuova činidla po předchozí extrakci v 80% ethanolu. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalenty gallové kyseliny v mg (EGK – ekvivalent gallové kyseliny) na 1 g sušiny vzorku. Antioxidační aktivita byla měřena ve vzorcích po extrakci v 80% ethanolu za použití radikálu DPPH (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylem). Výsledek byl vyjádřen jako ekvivalent askorbové kyseliny v mg na 1 g sušiny vzorku. Antioxidační aktivita byla hodnocena dle postupu uvedeného v práci Šulce et al. (2007).

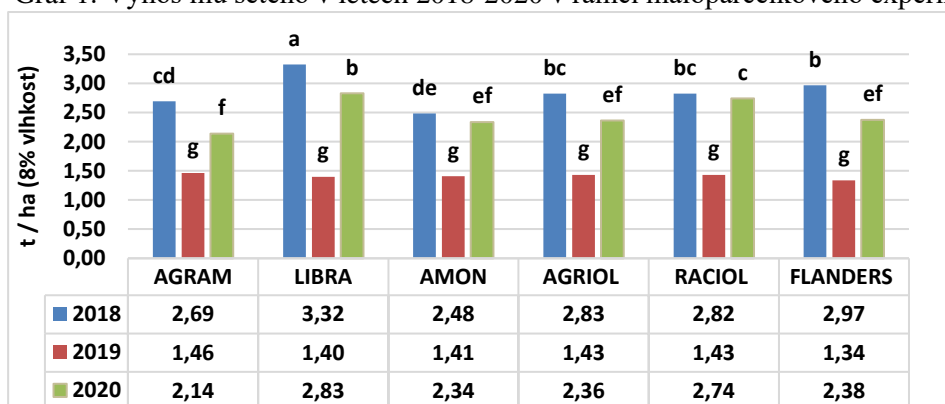
Data byla statisticky vyhodnocena pomocí programu Statistica 12, za použití metod ANOVA a Fisherův LSD test, při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (5%).

## **Výsledky a diskuze**

Klimatické podmínky byly v roce 2018 příznivé zejména úhrnem srážek, oproti roku 2019, který byl extrémně chudý na srážky a rok 2020 byl naopak extrémně bohatý na srážky. Výnos semen byl významně ovlivněn ročníkem a odrůdou. Graf 1 ukazuje vliv ročníku na výnos, který byl u všech odrůd nejvyšší v roce 2018, naopak nejnižší v roce 2019. Byl prokázán statisticky významný rozdíl ve výnosu: mezi odrůdami ( $F = 19.43, p < 0.05$ ), ročníkem ( $F = 594.97, p < 0.05$ )

i u kombinace obou faktorů ( $F = 9.28$ ,  $p < 0.05$ ). Klimatické podmínky v roce 2019 ukázaly vyrovnanost odrůd ve výnosu semen při deficitu vody.

Graf 1: Výnos lnu setého v letech 2018-2020 v rámci maloparcelkového experimentu



Pozn.: Odlišná písmena nad sloupci značí statisticky významné odlišnosti mezi výnosy (Fisherův LSD test,  $p < 0,05$ )

Deficit srážek v roce 2019 a naopak vlhký rok 2020 mohly indukovat stres rostlin a ovlivnit chemické složení lněného semene (Tabulka 1), přičemž v uvedených ročnících došlo v průměru ke snížení obsahu tuku u všech odrůd. Nejvyšší obsah oleje ve všech sledovaných letech měla odrůda Libra (39,69-43,3 % tuku v suš.). Uvedené výsledky korespondují se studií Zare et al. (2023), jež uvádí snížení obsahu tuku a naopak zvýšení obsahu dusíkatých látek v semenech lnu vlivem vodního stresu.

Statisticky byl prokázán významný rozdíl v obsahu oleje mezi odrůdami ( $F = 7.62$ ,  $p < 0.05$ ), ročníkem ( $F = 46.12$ ,  $p < 0.05$ ), neprokázán byl však u kombinace obou faktorů ( $F = 1.42$ ,  $p > 0.05$ ). Byl prokázán rovněž rozdíl v obsahu dusíkatých látek mezi ročníkem ( $F = 105.18$ ,  $p < 0.05$ ), neprokázán byl naopak mezi odrůdami ( $F = 1.67$ ,  $p > 0.05$ ) a kombinace obou faktorů ( $F = 1.42$ ,  $p > 0.05$ ). Rozdíl byl zaznamenán rovněž v obsahu popelovin mezi odrůdami ( $F = 2.46$ ,  $p < 0.05$ ), ročníkem ( $F = 24.23$ ,  $p < 0.05$ ), nikoli pak u kombinace obou faktorů ( $F = 0.95$ ,  $p > 0.05$ ). Prokázán byl signifikantní rozdíl v obsahu sacharidů mezi odrůdami ( $F = 19.43$ ,  $p < 0.05$ ), ročníkem ( $F = 594.97$ ,  $p < 0.05$ ) i u kombinace obou faktorů ( $F = 9.28$ ,  $p < 0.05$ ).

Tabulka 1: Základní chemické složení lněného semene

rok	odrůda	olejnatost %	NL %	popeloviny %	sacharidy % *
2018	Agram	41,81 ± 0,69 ab	18,10 ± 2,05 cd	3,62 ± 0,03 fghi	36,47 ± 2,20 abcdef
	Libra	43,30 ± 2,09 a	18,79 ± 1,08 c	3,63 ± 0,11 fghi	34,28 ± 2,62 g
	Amon	40,05 ± 1,46 cde	18,95 ± 1,26 c	3,71 ± 0,07 cdefg	37,28 ± 1,17 abc
	Agriol	40,34 ± 0,88 bcde	19,41 ± 0,63 c	3,64 ± 0,12 fghi	36,60 ± 0,58 abcde
	Raciol	40,84 ± 0,23 bcd	18,34 ± 1,13 cd	3,74 ± 0,10 bcdef	37,08 ± 0,90 abcd
	Flanders	41,34 ± 2,12 bc	16,91 ± 1,16 d	3,69 ± 0,13 defg	38,06 ± 1,44 a
2019	Agram	39,18 ± 0,44 efg	21,91 ± 1,45 ab	3,61 ± 0,15 ghi	35,30 ± 1,43 defg
	Libra	39,77 ± 0,65 cdef	21,90 ± 0,98 ab	3,73 ± 0,04 cdefg	34,61 ± 0,74 fg
	Amon	38,34 ± 1,19 fgh	21,09 ± 0,63 b	3,55 ± 0,05 hi	37,01 ± 1,36 abcd
	Agriol	38,33 ± 0,55 fgh	21,13 ± 1,58 ab	3,52 ± 0,06 i	37,02 ± 1,67 abcd
	Raciol	36,40 ± 0,75 i	22,37 ± 0,66 ab	3,62 ± 0,08 fghi	37,61 ± 1,20 ab
	Flanders	37,17 ± 1,51 hi	21,74 ± 1,40 ab	3,66 ± 0,19 efgh	37,42 ± 2,03 ab
2020	Agram	39,56 ± 1,17 cdefg	22,35 ± 0,58 ab	3,74 ± 0,03 bcdeg	34,32 ± 1,17 efg
	Libra	39,69 ± 1,98 cdefg	22,34 ± 1,05 ab	3,89 ± 0,07 ab	33,87 ± 0,99 g
	Amon	37,67 ± 1,44 efgh	22,54 ± 0,31 ab	3,81 ± 0,08 bcde	35,06 ± 0,87 cdefg
	Agriol	39,08 ± 0,55 defg	21,41 ± 0,51 ab	3,82 ± 0,13 abcd	35,62 ± 0,75 bcdefg
	Raciol	37,75 ± 1,91 ghi	22,61 ± 0,87 a	3,98 ± 0,05 a	35,46 ± 2,75 bcdefg
	Flanders	38,59 ± 0,87 ghi	21,44 ± 0,84 ab	3,85 ± 0,08 abc	37,03 ± 2,06 abcd

\* sacharidy jsou zjištěny dopočtem; NL = dusíkaté látky; hodnoty jsou uvedené v sušině

Pozn.: Odlišná písmena v buňkách značí statisticky významné odlišnosti mezi hodnotami parametrů (Fisherův LSD test,  $p < 0,05$ )

Obsah celkových polyfenolů a antioxidační aktivita je uvedena v tabulce 2. Nedostatek srážek se projevil v roce 2019 negativně na obsah celkových polyfenolů a antioxidační aktivitě oproti rokům 2018 a 2020. Byl prokázán signifikantní rozdíl v obsahu celkových polyfenolů: mezi odrůdami ( $F = 34,11$ ,  $p < 0,05$ ), ročníkem ( $F = 12,76$ ,  $p < 0,05$ ) i u kombinace obou faktorů ( $F = 3,06$ ,  $p < 0,05$ ). Byl také prokázán signifikantní rozdíl antioxidační aktivity DPPH mezi odrůdami ( $F = 24,78$ ,  $p < 0,05$ ), ročníkem ( $F = 18,70$ ,  $p < 0,05$ ), neprokázán u kombinace obou faktorů ( $F = 1,09$ ,  $p > 0,05$ ).

Tabulka 2: Obsah celkových polyfenolů a antioxidační aktivita

rok	Odrůda	TPC	DPPH
		mg EGK/g vzorku v sušině	mg Trolox/ g vzorku v sušině
2018	Agram	2,15 ± 0,14 b	6,14 ± 0,47 ab
	Libra	1,43 ± 0,08 gh	4,94 ± 0,39 fghi
	Amon	1,90 ± 0,08 bc	5,75 ± 0,33 bc
	Agriol	1,40 ± 0,21 gh	5,25 ± 0,37 defg
	Raciol	1,96 ± 0,15 bc	5,68 ± 0,22 cd
	Flanders	1,44 ± 0,08 gh	5,15 ± 0,14 efgh
2019	Agram	1,79 ± 0,15 cd	5,66 ± 0,50 cd
	Libra	1,12 ± 0,02 i	4,60 ± 0,29 i
	Amon	1,83 ± 0,06 cd	4,98 ± 0,35 fghi
	Agriol	1,48 ± 0,39 eg	4,68 ± 0,51 i
	Raciol	1,46 ± 0,09 egh	4,90 ± 0,22 fghi
	Flanders	1,20 ± 0,13 hi	4,78 ± 0,25 hi
2020	Agram	2,53 ± 0,27 a	6,36 ± 0,20 a
	Libra	1,37 ± 0,19 ghi	4,89 ± 0,26 fghi
	Amon	1,73 ± 0,17 cde	5,26 ± 0,17 def
	Agriol	1,58 ± 0,45 deg	4,99 ± 0,22 fghi
	Raciol	1,90 ± 0,16 bc	5,57 ± 0,29 cde
	Flanders	1,33 ± 0,15 ghi	4,80 ± 0,24 ghi

Pozn.: Odlišná písmena v buňkách značí statisticky významné odlišnosti mezi hodnotami parametrů (Fisherův LSD test,  $p < 0,05$ )

## Závěr

Získané výsledky potvrzují, že výnos semen byl významně ovlivněn ročníkem a odrůdou. Environmentální faktory negativně ovlivňující výnos semen představovaly vysoké teploty a nedostatek srážek ve fázi rychlého růstu, přičemž vliv uvedených faktorů na výnosové parametry byl popsán i ve studiích jiných autorů. Nedostatek srážek se projevil negativně i na obsah oleje, celkových polyfenolů a antioxidační aktivitě. Pozitivní vliv měl naopak na obsah dusíkatých látek. Významný vliv odrůdy byl pozorován u parametrů výnosu, obsahu oleje, popelovin a sacharidů. Naopak, rozdíl v obsahu dusíkatých látek nebyl mezi odrůdami významný a významným způsobem se měnil pouze vlivem ročníku. Variabilita mezi odrůdami byla rovněž zjištěna v případě obsahu celkových polyfenolů a antioxidační aktivitě.

Na základě této studie lze potvrdit vliv genotypu i prostředí na hodnoty sledovaných parametrů a koresponduje s dosud publikovanými studiemi, jež významný vliv těchto dvou hlavních faktorů rovněž popisují. Cíleným výběrem odrůd, případně volbou definovatelných

podmínek pěstování, lze tedy potenciálně ovlivnit výnosové prvky a do určité míry rovněž obsah vybraných nutričních nebo biologicky aktivních látek.

## Literatura

- CASA, R., G. RUSSELL, B. LO CASCIO AND F. ROSSINI Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European Journal of Agronomy*, 1999/11/01/ 1999, 11(3), 267-278.
- GARROS, L., S. DROUET, C. CORBIN, C. DECOURTIL, et al. Insight into the Influence of Cultivar Type, Cultivation Year, and Site on the Lignans and Related Phenolic Profiles, and the Health-Promoting Antioxidant Potential of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Seeds. *Molecules*, 2018, 23(10), 2636.
- GOYAL, A., V. SHARMA, N. UPADHYAY, S. GILL, et al. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 09/01 2014, 51, 1633-1653.
- CHHILLAR, H., P. CHOPRA AND M. A. ASHFAQ Lignans from linseed (*Linum usitatissimum* L.) and its allied species: Retrospect, introspect and prospect. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021/09/08 2021, 61(16), 2719-2741.
- KAJLA, P., A. SHARMA AND D. R. SOOD Flaxseed—a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 2015/04/01 2015, 52(4), 1857-1871.
- LACHMAN J., HAMOUZ K., ČEPL J., PIVEC V., et al. Vliv vybraných faktorů na obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu hlíz brambor. *Chemické Listy*, 2006, 100. 522-527.
- LORENC, F., M. JAROŠOVÁ, J. BEDRNÍČEK, P. SMETANA, et al. Structural characterization and functional properties of flaxseed hydrocolloids and their application. *Foods*, 2022, 11(15), 2304.
- OOMAH, B. D. Flaxseed by-products. In R. CAMPOS-VEGA, B.D. OOMAH AND H.A. VERGARA-CASTANEDA eds. *Food Wastes and By-products: Nutraceutical and Health Potential*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Ltd., 2020, p. 267-289.
- PARIKH, M., T. NETTICADAN AND G. N. PIERCE Flaxseed: its bioactive components and their cardiovascular benefits. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2018, 314(2), H146-H159.
- ROSSI, A., C. CLEMENTE, S. TAVARINI AND L. G. ANGELINI Variety and Sowing Date Affect Seed Yield and Chemical Composition of Linseed Grown under Organic Production System in a Semiarid Mediterranean Environment. *Agronomy*, 2023, 13(1), 45.
- SAASTAMOINEN, M., J.-M. PIHLAVA, M. EUROLA, A. KLEMOLA, et al. Yield, SDG lignan, cadmium, lead, oil and protein contents of linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivated in trials and at different farm conditions in the south-western part of Finland. *Agricultural and Food Science*, 06/28 2013, 22, 296-306.
- SHIM, Y. Y., J. H. KIM, J. Y. CHO AND M. J. T. REANEY Health benefits of flaxseed and its peptides (linusorbs). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, 1-20.
- ŠULC, M., J. LACHMAN, K. HAMOUZ, M. ORSÁK, et al. Výběr a zhodnocení vhodných metod pro stanovení anti-oxidační aktivity fialových a červených odrůd brambor. *Chemické Listy*, 2007, 101. 584-591.
- XIE, Y., X. NIU AND J. NIU Effect of Phosphorus Fertilizer on Growth, Phosphorus Uptake, Seed Yield, Yield Components, and Phosphorus Use Efficiency of Oilseed Flax. *Agronomy Journal*, 2016, 108(3), 1257-1266.
- ZARE, S., A. MIRLOHI, M. R. SABZALIAN, G. SAEIDI, et al. Water Stress and Seed Color Interacting to Impact Seed and Oil Yield, Protein, Mucilage, and Secoisolariciresinol Diglycoside Content in Cultivated Flax (*Linum usitatissimum* L.). *Plants*, 2023, 12(8), 1632.
- ZHANG, J., Y. XIE, C. MIAO, L. WANG, et al. Secoisolariciresinol diglycoside (SDG) lignan content of oil flax: Genotypic and environmental variations and association with other traits. *Oil Crop Science*, 2022/03/01/ 2022, 7(1), 1-8.

**Dedikace:** Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci řešení výzkumného projektu NAZV č. QK1910302.

## **Kontakt**

Ing. Markéta Jarošová

Katedra rostlinné výroby

Fakulta zemědělská a technologická, Na Sádkách 1780, České Budějovice 370 05

jarosovam@fzt.jcu.cz

# Morfologické, biologické a kvalitativní parametry genových zdrojů minoritních olejnin

## Morphological, biological and qualitative parameters of genetic resources of minor oilseeds

*Andrea Rychlá<sup>1</sup>, Viktor Vrbovský<sup>2</sup>*

*OSEVA PRO s.r.o., VÚO Opava<sup>1</sup>, OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.<sup>2</sup>*

### Abstrakt

Mezi netradiční olejninu z čeledi *Brassicaceae* lze zařadit brukev řepák olejný (řepici), hořčici sareptskou, hořčici černou, lničku setou, ředkev olejnou, katrán habešský, či roketu setou. Ač se jedná o plodiny běžně zemědělskou praxí spíše opomíjené, disponují potenciálem pro produkci olejů se specifickou skladbou mastných kyselin, či nadzemní biomasy s pozitivním dopadem na zdravotní stav půdy. Práce si klade za cíl shromáždit základní popisné charakteristiky jednotlivých druhů a jejich genotypů, především z pohledu využití v moderní zemědělské praxi pro zvýšení agrobiodiverzity na našich polích.

**Klíčová slova:** olejnatost, mastná kyselina, Národní program konzervace

### Abstract

Non-traditional oilseeds from the *Brassicaceae* family include *Brassica rapa subsp. oleifera*, *Brassica juncea*, *Brassica nigra*, *Camelina sativa*, *Raphanus sativus*, *Crambe abyssinica*, *Eruca sativa*. Although these are crops that are normally rather neglected in agricultural practice, they have the potential to produce oils with a specific composition of fatty acids, or above-ground biomass with a positive impact on the health of the soil. The thesis aims to collect the basic descriptive characteristics of individual species and their genotypes, primarily from the point of view of use in modern agricultural practice to increase agrobiodiversity in our fields.

**Keywords:** oiliness, fatty acid, The National Programme on Conservation

### Úvod

Do čeledi *Brassicaceae* řadíme řadu druhů se zvýšeným obsahem oleje v semeni, tedy tzv. olejnin. Nejvýznamnější je brukev řepka olejka (*Brassica napus* L.), pěstovaná v našich klimatických podmínkách především v ozimé formě. S ohledem na aktuální problémy, spojené se změnou klimatu, je vhodné vyhledávat a charakterizovat doposud nepoužívané rostlinné druhy, jež by rozšířily žádoucí plodinovou diverzitu a celkově přispěly ke stabilizaci půdně ekologických systémů. Z tohoto pohledu je zajímavé využití potenciálu genetických zdrojů, uchovávaných v rámci Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity (NP) (Holubec, on line). Tato činnost historicky navazovala na aktivity šlechtitelské, tedy na potřebu shromažďovat genetické zdroje pro účely využití, jako donorů požadovaných vlastností ve šlechtění. Již 30 let je tato činnost realizována na 15 pracovištích v rámci ČR a to jako závazek, vyplývající ze zákona č. 148/2003 Sb., o konzervaci a využívání genetických zdrojů rostlin a mikroorganismů významných pro výživu a zemědělství. Výzkumný ústav olejnin Opava zodpovídá za vedení kolekcí olejních plodin, jejichž nedílnou součástí výše zmíněné minoritní olejninu jsou. Kromě prioritního využití k produkci semen jsou materiály potenciálně využitelné i jako meziplodiny (Brant, 2022)

## Materiál a metody

V rámci řešení NP jsou na pracovišti v Opavě realizovány každoročně maloparcelní pokusy se všemi dostupnými genetickými zdroji zájmových olejnin, a to z kolekcí řádných (vzorky k dispozici uživatelům pro účely šlechtění, výzkumu a vzdělání) i pracovních (pro účely získávání vstupních popisných dat). Minoritní olejnin, zařazené do kolekcí NP, jsou jednoleté, převážně jarní formy. Z tohoto důvodu jsou vysévány brzo na jaře, většinou ihned po nástupu jara. Sklízňová velikost parcel je 3,38 m<sup>2</sup>, používá se meziřádková vzdálenost 12,5 cm, délka parcely 3 m. Genotypy jsou vysévány v jednom opakování, vždy jsou v rámci pokusu přítomny kontrolní kultivary. Během vegetace jsou pokusy ošetřovány standardně registrovanými herbicidy a insekticidy, fungicidní ošetření je vyloučeno s ohledem na požadavek hodnocení odolnosti materiálů k nejvýznamnějším houbovým chorobám. Během vegetace jsou realizována hodnocení morfologických a fenologických znaků na základě platných klasifikátorů. Před začátkem kvetení jsou odebírány rostliny a stanovuje se výnos sušiny nadzemní a podzemní biomasy. V plné technické zralosti je realizována sklizeň maloparcelní mlátičkou k predikci výnosu. Současně je odebrán malý vzorek osiva, který slouží k realizaci laboratorních analýz kvantitativních a kvalitativních parametrů produkce. Tato hodnocení musí být realizována minimálně ve tříletém cyklu, významné znaky, silně navázané na průběh ročníku, je ale vhodné hodnotit po delší časové období. Získaná data jsou na konci hodnocení zpracována a uložena v IS GRIN Czech, kde jsou spolu s daty pasportními a fotodokumentací položky volně k dispozici uživatelům (<https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/search.aspx>).

## Výsledky a diskuze

Kontinuální hodnocení všech položek minoritních olejnin započalo na pracovišti v Opavě v roce 2010. Každoročně jsou vysévány všechny dostupné položky kolekcí řádných i pracovních. V následující tabulce je uveden počet hodnocených genových zdrojů (GZ) minoritních olejnin v roce 2023.

**Tab.1 Počet hodnocených genetických zdrojů minoritních olejnin v roce 2023**

Plodina	Počet hodnocených GZ řádna kolekce	Počet hodnocených GZ pracovní kolekce
Brukev řepák olejný- ozimý	32	9
Brukev řepák - jarní	48	10
Hořčice černá	28	0
Hořčice sarepská	92	13
Lnička setá	89	8
Ředkev olejná	8	47
Katrán habešský	13	2
Roketa setá	15	2
<b>CELKEM</b>	<b>325</b>	<b>91</b>



Brukev řepák olejný je plodinou, která se historicky pěstovala spolu s brukví řepkou olejkou. Později se obě plodiny oddělily a řepice se začala pěstovat jako náhrada za vyzimovanou řepku, či jako zdroj zeleného krmení a meziplodina. Ve srovnání s ostatními minoritními olejninami je výrazně ranější, nakvétá až o 14 dnů dříve, než řepka (u ozimé formy) a je také nejranější z jarních forem olejnin. Historické GZ lze charakterizovat jako vysokoerukové a glukosinolátové. V současnosti je plodina více využívána v západní Evropě, kde byly vyšlechtěny i materiály se sníženým obsahem nežádoucích látek v semeni, hlavně pak u jarní formy.

Hořčice černá se v podmínkách ČR prakticky nepěstuje. Habitus rostlin je v závěru vegetace robustní, rostliny silně větví. V našich klimatických podmínkách obstojně snáší chladnější jara i ranní mrazíky. Je spíše suchomilná. Podmočení snáší špatně, dochází k zahnívání kořenové soustavy. Nevýhodou materiálů je sklon k vypadávání semen v plné zralosti, což může vést k nechtěnému zaplevelení pozemků. Během standardní zimy rostliny vymrzají. Olej ze semen je vysokoerukový (kolem 50 %) s malým podílem kyseliny olejové. V EU není doposud registrována žádná odrůda.

Hořčice sareptská je běžně pěstovanou plodinou, i když výměra osevních ploch v ČR je malá. Genotypy se od sebe mohou velmi výrazně morfologicky lišit. Lze vytipovat materiály spíše semenného typu, ale i robustní, pícní. Stejně tak lze vysledovat velké rozdíly v nástupu fenologických fází, především začátku kvetení. Tato minorita je velmi vhodná do našich klimatických podmínek, dobře snáší jarní mrazíky, v zimě ale také vymrzá. Olej obsahuje srovnatelné množství kyseliny olejové, linolové, linolenové i erukové (dle genotypu), celková olejnatost je ale nižší. Ve Státní odrůdové knize jsou zapsány tři materiály domácího původu, v Evropském katalogu je však evidováno velké množství zahraničních odrůd, z nichž některé se pěstují také u nás.

Lnička setá je plodinou suchomilnou a nenáročnou. Velmi dobře snáší naše klimatické podmínky. Jediné, co ji limituje, je nadměrná vlhkost půdy. Přemokření snáší špatně. V období květu je hojně navštěvována hmyzem. Drobné šesulky samovolně nepukají a nedochází k vypadávání semen. Rozdíly mezi GZ nejsou výrazné, lze však vytipovat materiály ranější, pozdní, v kolekcii jsou zařazeny i dva genotypy spíše ozimého charakteru. V oleji dominuje kyselina linolenová, vysoký podíl zaujímá i kyselina eikosenová, což není u ostatních olejnin běžné. Kyselina eruková je zastoupena v menší míře (kolem 4 %), což omezuje větší uplatnění lničkového oleje v lidské výživě. V ČR je registrovaná domácí odrůda Zuzana.

Ředkev olejná je v našich podmínkách běžněji pěstovanou meziplodinou. Rostliny jsou robustní, silně větvící, velký podíl z celkové biomasy zaujímá kořen. Zaorávání biomasy a rozklad látek v rostlinách obsažených (GSL) má výrazný fyto-sanitární dopad na zdravotní stav půdy. To vše předurčuje ředkev olejnou k většímu využití, coby meziplodiny. Olej obsahuje limitující množství kyseliny erukové. Mezi mastnými kyselinami dominuje kyselina olejová, poměrně výrazně je zastoupena kyselina eikosenová, naopak kyselina linolenová pouze minimálně. Odrůdová skladba v rámci EK je rozmanitá, k dispozici jsou materiály spíše semenné, převažují ale odrůdy k produkci biomasy.

Katrán habešský je rostlinou suchomilnou. Je nejnáročnější na teploty v začátku vegetace. Přízemní mrazíky ho sice spíše nepoškozují, chladný průběh počasí ale výrazně zpomalí růst rostlin. V této době je porost slabý a špatně kryje půdu. Později dochází k prudkému zrychlení vývoje, tvorbě silných listových růžic s dobrou kryvostí. Rostliny mají sklon k tvorbě bočních výhonů, což lze využít při sesekávání porostů, pěstovaných na zeleno. V oleji dominuje kyselina eruková, jde tedy o olej technického charakteru.

Roketa setá je považována za olejninu. Současně se také využívají její mladé listy jako zelenina (rukola). Rostliny mají slabší habitus, větví, později výrazně poléhají, což vede ke zhoršení kvality sklizených semen. Šešule mají vlivem nepříznivého průběhu počasí sklon k pukání a vypadávání semen. Roketa je prezentována jako jarní olejnina, lze ji ale vysévat průběžně během roku, některé genotypy mohou i přezimovat. Olej obsahuje dominantní podíl kyseliny erukové (až 60 %), lze ho tedy využít pouze k technickým účelům.

V následujících tabulkách (Tab.2-4) jsou porovnány kvalitativní parametry olejů zájmových minoritních olejnin – dosažené průměrné hodnoty za testovaný soubor, minimální a maximální.

**Tab.2 Porovnání celkové průměrné olejnatosti a skladby mastných kyselin testovaných GZ (výsledky z analýz 2023)**

	Olej při 8 %	Kys. olejová (%)	Kys. linolová (%)	Kys. linolenová (%)	Kys. eruková (%)	Kys. eikosenová (%)
řepice jarní	43,90	53,31	22,05	10,40	5,86	
řepice ozimá	40,63	31,35	17,98	9,71	24,67	
hořčice černá	27,23	9,72	12,97	14,46	48,58	
hořčice sareptská	35,18	19,73	21,89	10,70	13,63	
lnička setá	35,06	12,69	19,81	35,84	3,95	18,26
ředkev olejná	27,59	56,41	19,45	1,68	17,54	15,76
katrán habešský	41,11	16,51	9,89	7,78	64,16	
roketa setá	27,21	12,35	7,68	10,27	59,69	

**Tab.3 Porovnání minimální olejnatosti a skladby mastných kyselin testovaných GZ (výsledky z analýzy 2023)**

	Olej při 8 % vlhk. (%)	Kys. olejová (%)	Kys. linolová (%)	Kys. linolenová (%)	Kys. eruková (%)	Kys. eikosenová (%)
řepice jarní	40,37	29,6	16,67	8,47	0,01	
řepice ozimá	37,06	15,97	15,04	7,84	0,01	
hořčice černá	25,06	7,39	10,28	12,54	40,75	
hořčice sareptská	30,44	9,78	16,35	8,24	0,01	
lnička setá	27,33	8,05	15,65	31,45	3,23	14,84
ředkev olejná	17,87	46,41	14,04		2,74	12,95
katrán habešský	39,64	16,2	8,86	7,01	63,25	
roketa setá	24,61	11,03	7,18	8,66	54,52	

**Tab.4 Porovnání maximální olejnatosti a skladby mastných kyselin testovaných GZ (výsledky z analýzy 2023)**

	Olej při 8 % (%)	Kys. olejová (%)	Kys. linolová (%)	Kys. linolenová (%)	Kys. eruková (%)	Kys. eikosenová (%)
řepice jarní	46,12	70,91	24,93	12,66	26,17	
řepice ozimá	43,83	66,09	24,59	12,50	36,02	
hořčice černá	29,54	17,75	20,05	16,02	52,14	
hořčice sareptská	44,76	44,69	34,78	13,43	30,20	
lnička setá	38,76	18,13	22,85	42,69	5,65	23,08
ředkev olejná	33,16	77,51	29,69	6,27	39,58	20,42
katrán habešský	44,38	17,07	10,32	8,13	65,78	
roketa setá	29,24	13,88	8,08	12,02	64,55	

## Závěr

Mezi minoritními olejnými plodinami, vedenými v rámci řešení NP konzervace existují výrazné rozdíly v morfologii, výnosu nadzemní a podzemní biomasy i kvantitativních parametrech produkce. Netradiční materiály mohou výrazným způsobem obohatit biodiverzitu moderní zemědělské praxe, především využitím v systémech půdoochranných, ale i k produkci olejů technického rázu, se specifickým složením. Kolekce NP nabízí značnou diverzitu s potenciálem využití ve šlechtění nových odrůd.

## Literatura

Brant, V. et al., 2022. Brukvovité meziploidy. Agrární komora České republiky, s. 27-31  
 HOLUBEC, V. et al. [online]. (Cit.3.10.2023). Rámcová metodika Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity. Dostupné z: <https://www.gzr.cz/narodni-program-geneticky-zdroju-rostlin/>

## Dedikace

Tento příspěvek vznikl díky řešení Národního programu konzervace 51834/2017-MZE-17253/6.2.7 a institucionální podpory MZE-RO1822.

## Kontakt

Ing. Andrea Rychlá  
 OSEVA PRO s.r.o, VÚO Opava  
 Purkyňova 10; 764 01 Opava  
 776259111, rychla@oseva.cz

# Hemp and poppy cultivation in Poland

## Pěstování konopí a máku v Polsku

*Magdalena Serafin-Andrzejewska, Agnieszka Lejman, Agnieszka Dradrach*

*Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Institute of Agroecology and Plant*

*Production, Grunwaldzki Sq. 24 A, 50-363 Wroclaw, Poland*

### Abstract

Hemp and poppy are plants with wide possibilities of use in various industries. However, these crops in Poland are minor crops. The main reasons are legal restrictions resulting from fear of illegal plants and problems with selling plant material. However, forecasts for the coming years are optimistic, because according to the Act of 24 March 2022, it will be easier to cultivate and purchase poppy seeds and fiber hemp.

**Keywords:** legislation, cultivars, low-morphine, fibre, cultivation area

### Abstrakt

Konopí a mák jsou rostliny využitelné v různých odvětvích s širokými možnostmi jejich využití. V Polsku jsou však tyto plodiny druhořadé. Hlavními důvody jsou zákonná omezení, která vyplývají z obav nelegálního pěstování a problémů s prodejem rostlin. Prognózy pro nadcházející roky jsou však optimistické, protože podle zákona z 24. března 2022 bude pěstování a nákup semen máku a konopného vlákna snazší.

**Klíčová slova:** legislativa, odrůdy, nízkomorfinové odrůdy, vlákna, pěstební plocha

### Introduction

In order to be able to cultivate hemp and poppies in Poland, a number of conditions must be met under the Act of 29 July 2005 on counteracting drug addiction, as amended by the Act of 24 March 2022. The condition is that the cultivation is entered in the register kept by the National Agricultural Support Centre, obtained before sowing. It is possible to grow low-morphine poppies for own consumption, but on an area of no more than 1 ha per year. The seeds harvested will be allowed to be used for seed purposes and to be processed in-house for food purposes. In case of the cultivation of fibre hemp; it is now possible to grow it for energy and scientific research purposes, as well as for own purposes (for food, veterinary, feed, beekeeping, fertiliser and insulation purposes, for the production of composite materials, building materials and natural plant protection products, for textile, energy and land reclamation and remediation purposes), if the cultivation area does not exceed 1 ha per year. When growing on bigger area, farmers should meet several conditions, including having a properly secured warehouse against burglary and a signed contract for the sale of goods (yields) with an operator licensed to buy them (i.e., pharmaceutical or food industry).

### Hemp cultivation in Poland

Hemp (*Cannabis sativa* L.) a species of plant in the hemp family (*Cannabaceae* Endl.), genus *Cannabis*, the cultivation of which is recorded in the world as early as 3,000 BC (Mańkowska et al 2020). Depending on the environment and climate zones, four groups can be distinguished: northern hemp (Finnish and Swedish varieties), southern hemp (Italian, French, Bulgarian varieties), central European hemp (intermediate, Polish, Ukrainian varieties) and wild hemp (Mańkowska et al 2020).

Currently, the genus *Cannabis* includes only one species, *Cannabis sativa* L., comprising two subspecies: fibrous hemp (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) and indica (narcotic) hemp

(*Cannabis sativa* L.). Currently, the genus *Cannabis* includes only one species, *Cannabis sativa* L., comprising two subspecies: fibrous hemp (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) and indica (narcotic) hemp (*Cannabis sativa* L. var. *indica*) (ITFS 2023). Plants of these subspecies characterized by high variability in morphological and functional traits and biological properties.

A favourable feature favouring the cultivation of hemp is its easy adaptability to habitat conditions (Grabowska et al. 2004) as well as the wide application of the plant material obtained, which is used, inter alia, in the textile industry, food industry, fodder industry, construction industry, in the production of paper, cosmetics (oils, liquids, shampoos, etc.) and energy production (biofuels). In addition, the cultivation of hemp contributes to the objectives of the European Green Deal, among other things, it leaves a smaller CO<sub>2</sub> footprint, prevents soil erosion, interrupts a number of plant diseases in crop rotation, and is a largely agrophagic resistant plant (EC 2023).

Fig. 1. Area under hemp cultivation (ha) in Poland in voivodeships in 2023.



Over the years, as a result of changing legal provisions in Poland, available purchase points or a liquid market, the cultivation area has decreased or increased anew. In 2022, the cultivation area was only 1 808.11 and in 2023 1 041.09 ha (ARiMR 2023). However, the acreage under hemp cultivation is forecast to increase; however, this is conditional on increased industry interest in hemp straw.

Currently cultivated varieties in Poland are monoecious, characterized by a short vegetation period (80-120 days) and intermediate plant height (200-300 cm), typically fibrous, containing less than 0.2% of hallucinogenic substances ( $\Delta^9$ THC) (Hemp Programme 2018). There are 11 Polish cultivars listed in Polish National List (COBORU 2023a) (Table 1).

Table 1. Characteristics of hemp cultivars admitted to the Polish National List

Cultivar	Entry year	Breeder / maintainer	THC content	Type	Seed yield dt·ha <sup>-1</sup>
Beniko	1985	US / IT	< 0.2%	monoecious	-
Białobrzeskie	1967	PL / PL	< 0.2%	monoecious	21.9
Glyana	2017	UA / PL	< 0.2%	monoecious	-
Henola	2017	PL / PL	< 0.2%	monoecious	-
Matrix	2020	PL / PL	< 0.2%	dioecious	-
Mietko	2020	PL / PL	< 0.2%	monoecious	20.8
Rajan	2014	PL / PL	< 0.2%	monoecious	-
Sofia	2020	PL / PL	< 0.2%	monoecious	21.3
Tygra	2007	PL / PL	< 0.2%	monoecious	-
Wielkopolskie	2009	PL / PL	< 0.2%	monoecious	-
Wojko	2011	PL / PL	< 0.2%	monoecious	-

US – United States, IT – Italy, PL – Poland, UA – Ukraine

However, as of 2023, the Rajan cultivar was not qualified for direct payments, and area-based payments under Pillar II (covered by the CAP Strategic Plan 2023-2027 (CAP SP) and the Rural Development Programme 2014-2020 (RDP 2014-2020)). In addition, from 2023, in accordance with the EU regulation, the maximum level of THC was increased from 0.2% to 0.3%.

### Poppy cultivation in Poland

The poppy is one of the earliest cultivated plants on Polish soil (Orzechowska 2020). Its cultivation was very widespread, as evidenced, among other things, by numerous cultural references – the poppy is present in proverbs, sayings, poems, fairy tales, or songs, although information from folk messages does not always make it possible to identify precisely the exact species to which they refer.

There are two usable types of poppies: low- and high-morphine. The content of morphine in low-morphine cultivars does not exceed 0.1%, while the high-morphine cultivars have a morphine content of 1.5-2.5%. The low-morphine varieties are grown for their seeds, while the raw material of the high-morphine varieties are pericarps at the appropriate growth stage – for the pharmaceutical industry.

In Europe, as well as in Poland, poppies are mainly grown for their seeds, which are used in the food industry as a sprinkling or filling in confectionery and baking. Blue-seeded varieties predominate and are favoured by confectioners. However, for some traditional Polish products only poppies with white seeds are used. Such products are i.e., croissants with white poppy filling, baked on Saint Martin's Day (11 November). Poppy oil is used in the pharmaceutical industry, in the varnishing industry, in the production of oil paints and also for food purposes.

Table 2. Characteristics of poppy cultivars admitted to the Polish National List

Cultivar	Entry year	Breeder / maintainer	Content of morphine acid	Seeds colour	Forma
Agat	2000	PL / PL	low (trace)	blue	aestiva
Borowski Biały	2012	PL / PL	low (trace)	white	aestiva
Mieszko	1999	PL / PL	low (trace)	blue	aestiva
Rubin	2000	PL / PL	low (trace)	blue	aestiva

PL – Poland

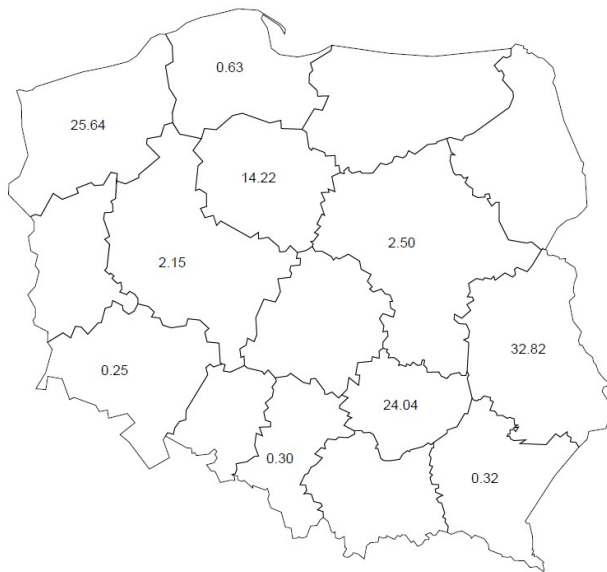
Currently four poppy cultivars are admitted to Polish National List (Table 2), which indicates cultivars permitted to be grown in Poland (COBORU 2023b). All cultivars are low-morphine and bred in Poland.

Until 2020, two Polish high-morphine varieties were included on the National List: Lazur and Morfeusz. These were varieties that gave high seed and pericarps yields. The sum of alkaloids in them exceeded  $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  in dry matter (Table 3) (Nijak et al. 2020).

Table 3. Agro-utilitarian properties of poppy cultivars (cultivar trials 2009-2011).

Cultivar	Seed yield $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	Pericarps yield $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	1000-seed weight g	Oli content in seeds $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	Sum of alkaloids in pericarps $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
Agat	1.22	0.86	0.44	478	0.5
Borowski Biały	1.09	1.06	0.44	487	0.8
Mieszko	1.29	0.95	0.45	475	0.2
Rubin	1.39	0.99	0.49	479	0.6
Lazur	1.57	1.14	0.52	485	10.4
Morfeusz	1.46	1.08	0.51	478	12.9

Fig. 2. Area under poppy cultivation (ha) in Poland in voivodeships in 2023.



Poland is one of the biggest importers of poppy seeds, what is caused by large consumption, which amounts approx. 400 g per capita per year. The area under cultivation of low-morphine poppy in Poland in 10 voivodeships in 2019 was 1507 ha and in 2023 nearly 103 ha – data from applications for direct payments based on ARiMR (2023) (Fig. 2).

The area under poppy cultivation in Poland is decreasing due to large and cheap imports from the Czech Republic and France, labour-intensive cultivation, low productivity of low-morphine cultivars, as well as legal and administrative restrictions.

## Conclusion

There is a long tradition of hemp and poppy cultivation in Poland, but farmers who want to produce these plants must meet legal requirements that specify the permitted area of cultivation, as well as the possibilities of using the obtained yield.

## References

- ARiMR 2023, Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa – The Agency for Restructuring and Modernisation of Agriculture. Cultivation register [online]. [Accessed 29 September 2023]. Available from: <https://rejestrupraw.arimr.gov.pl> (in Polish)
- COBORU 2023a, Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych – Research Centre for Cultivar Testing. – Research Centre for Cultivar Testing. Varieties admitted to the polish national list (NLI) [online] [Accessed 29 September 2023]. Available from: [https://www.coboru.gov.pl/en/nli/nli\\_varieties?kodgatunku=KOP](https://www.coboru.gov.pl/en/nli/nli_varieties?kodgatunku=KOP)
- COBORU 2023b, Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych – Research Centre for Cultivar Testing. Species which varieties are admitted to the polish national list [online]. [Accessed 29 September 2023]. Available from: [https://www.coboru.gov.pl/en/nli/nli\\_varieties?kodgatunku=MAP](https://www.coboru.gov.pl/en/nli/nli_varieties?kodgatunku=MAP)
- EC 2023. Konopie siewne/ Cannabis sativa. [online] [Accessed: 01 October 2023]. Available from: [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_pl](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_pl)
- Grabowska L., Mańkowska G., Baraniecki P. Zasoby genowe *Cannabis sativa* L. w Instytucie Włókien Naturalnych w Poznaniu. In: *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2004. Vol. 497, no.: 53-57, pp. 53–57. ISSN: 0084-5477 Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, (in Polish)
- Hemp Programme 2018, Hemp Programme Institute of Natural Fibres and Medicine Plants. Available from: [https://www.kpodr.pl/wp-content/uploads/2018/09/program\\_konopny\\_broszura.pdf](https://www.kpodr.pl/wp-content/uploads/2018/09/program_konopny_broszura.pdf)
- ITFS 2023. Integrated Taxonomic Information System – Report, *Cannabis sativa* L. Taxonomic [online] [Accessed: 01 October 2023]. Available from: [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=19109#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=19109#null)



Mańkowska G., Mańkowski J., Pudełko K. Konopie włókniste. In: Kotecki A. Uprawa roślin, 2020, p. 487-507. ISBN 978-83-7717-342-8 (tom III)(in Polish)

Nijak, K., Strażyński, P., Mrówczyński, M. 2020, Metodyka integrowanej ochrony maku dla doradców. *IOR-PIB*. p. 140 (in Polish)

Orzechowska, S. 2020, Mak w polskich opowieściach folklorystycznych (Papaver in polish oral literature). *Literatura Ludowa - Journal of Folklore and Popular Culture*, 64 (4-5), p. 19-32 (in Polish)

### **Contact**

PhD Magdalena Serafin-Andrzejewska

Institute of Agroecology and Plant Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Grunwaldzki Sq. 24 A, 50-363 Wrocław, Poland

+48 71 320 1633, magdalena.serafin-andrzejewska@upwr.edu.pl

# White mustard for seeds – quality breeding in Poland

## Šlechtění hořčice bílé v Polsku

*Magdalena Serafin-Andrzejewska, Marcin Kozak*

*Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Institute of Agroecology and Plant*

*Production, Grunwaldzki Sq. 24 A, 50-363 Wrocław, Poland*

### **Abstract**

White mustard is an important minor oilseed crop in Poland. Typical cultivars are characterised by a high content of erucic acid and glucosinolate in the seeds. A breakthrough in Polish breeding progress was the introduction improved cultivars with changed seed chemical composition. In 2006, it was the single-improved (single-low) cultivar Bamberka, which was characterised by a reduced content of erucic acid in the oil. In 2012, to Polish National List the double-low variety Warta was admitted, in whose seeds, in addition to the reduced erucic acid content, the glucosinolate content was also reduced. In 2023, a second Polish double-low cultivar named Teriwa was registered. Such a varieties can be source of edible oil and be used to improve the plant protein deficit in the Polish feed economy.

**Keywords:** progress, cultivar, erucic acid, glucosinolate, double-low

### **Abstrakt**

Hořčice bílá je v Polsku významnou minoritní plodinou. Typické odrůdy se vyznačují vysokým obsahem kyseliny erukové a glukosinulátů v semenech. Průlomovým pokrokem v polském šlechtění hořčice bylo vyšlechtění odrůd se změněným chemickým složením semen. V roce 2006 to byla odrůda Bamberka, která se vyznačovala sníženým obsahem kyseliny erukové v oleji. V roce 2012 byla do Polského národního seznamu zapsána odrůda Warta, v jejíž semenech byl kromě sníženého obsahu kyseliny erukové snížen i obsah glukosinulátů. V roce 2023 byla zaregistrována druhá polská odrůda s dvounulovou kvalitou s názvem Teriwa. Takovéto odrůdy mohou být zdrojem jedlého oleje a mohou být využity ke zlepšení deficitu rostlinných bílkovin v polském krmivářském hospodářství.

**Klíčová slova:** pokrok, odrůda, kyselina eruková, glukosinulát, double-low

### **Introduction**

In Poland, crop production is mainly based on cereals and oilseeds. According to data by Statistics Poland – Agriculture Department (GUS 2022), the cultivated area of oilseed crops in 2022 was 1 158 161 ha, with a decisive share of winter oilseed rape. The increase in average monthly temperatures caused by climate change in recent years may lead to an inability of winter crops to develop properly by disrupting the vernalization process. Increasingly longer seasons without low temperatures can result in a prolongation of the entire growing season, which is unfavourable particularly for winter crops. An alternative species for winter oilseed rape is soybean, but its cultivation is still risky in countries at higher latitudes, where the length of the growing season is not sufficient to produce high and stable yields and sometimes even to reach full maturity.

In such a situation, the priority is to look for minor spring oilseed crops that could successfully complement winter oilseed rape production, providing similar or slightly lower quality feedstock for oil and protein feed production.

### **White mustard in Poland**

In Poland, white mustard is often used as an intercrop, and due to its anti-nematode activity, and very rapid emergence and lush green matter growth works well as a stubble intercrop (Szymczak-Nowak, Nowakowski 2000). It is also a valuable melliferous plant. However, the main purpose of growing white mustard is seed production. The seeds of white mustard have a

high protein content and a lower fibre content, compared to rapeseed. According to Katepa-Mupondwa et al. (1999) mustard seed meal has a protein content comparable to soybean meal – 48%, which indicates its high feed value.

For many years, the area under mustard (both for seed and as a catch crop) ranked second after winter oilseed rape among oilseed crops grown in Poland (Table 1). This changed in 2022, when, due to a number of factors, mustard dropped to third place in favour of sunflower.

Table 1. Area under oilseed crops in Poland in years 2020-2023 (in hectares).

No	Species	2020	2021	2022	2023
1.	Winter oilseed rape	880 891.99	972 450.23	1 053 921.76	1 091 420.40
2.	Sunflower	9 647.03	19 518.49	64 763.10	54 148.32
3.	Mustard	25 899.58	33 094.07	29 754.73	34 777.89
4.	Spring oilseed rape	14 733.52	17 948.28	22 968.49	15 430.83
5.	Pumpkin	2 489.70	4 193.23	5 925.89	5 068.97
6.	Field mustard ( <i>Brassica campestris</i> )	6 556.41	5 331.37	4 724.20	4 694.51
7.	Linseed / flax	5 329.05	4 785.51	3 753.72	3 096.54
8.	Hemp	3 519.72	2 327.96	1 808.11	1 041.98
9.	Camelina	369.87	427.10	229.91	281.50
10.	Niger ( <i>Guizotia abyssinica</i> )	1.05	2.33	0.07	0.60
11.	Crambe	0.17	0.12	-	-
Total	Oilseed crops	949 438.09	1 060 078.69	1 187 849.98	1 209 961.54

(ARiMR 2023)

Currently, there are 19 cultivars of white mustard on the Polish National List (COBORU 2023). The oldest Polish cultivars are Borowska and Nakielska, both registered in 1958 and still on the List today. These are traditional cultivars, characterised by a high content of erucic acid (about 40%) in the oil and glucosinolates, which are harmful to human and animal health. The main glucosinolate found in the seeds of traditional white mustard varieties is the aromatic compound sinalbin (Serafin-Andrzejewska et al. 2020). Due to the high content of glucosinolates (about  $160 \mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ), the feed value of seeds, oil cake and meal is limited.

The most popular cultivar of white mustard grown in Poland is the traditional Nakielska variety. It is characterised by high and stable yield and high thousand-seed weight (7.4 g). Its seeds contain a lot of fat (29%) and protein (45%). In the seeds are present glucosinolates, the most abundant being sinalbin ( $159 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ ). The seeds also contain erucic acid, which accounts for 41.4% of all fatty acids in the oil (Jajor and Mrówczyński 2013).

For many years, work was carried out at the Plant Breeding and Acclimatisation Institute – National Research Institute in Poznań, to improve the chemical composition of white mustard seeds. This work was successful and in 2006 the cultivar Bamberka was admitted to the

National Polish List. It is a cultivar characterised by a reduced content of harmful erucic acid in the oil – less than 1.5%. But seeds still have a high content of glucosinolates, among which sinalbin dominates (Piętka et al. 1998).

Two white mustard lines BHL and BHL-6 from Canada were used to create this cultivar, which were then crossed with Polish and foreign cultivars. Finally, the low-erucic acid lines were obtained through single plant selection. The plant yield and stability of the low-erucic strains were studied in field experiments, resulting in the selection of the POH-103 experimental cultivar. After two years of research at COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych – Research Centre for Cultivar Testing) on the low-erucic experimental cultivar, it was possible to register the world's first low-erucic white mustard cultivar – Bamberka (Piętka, Krzymański 2007).

The seeds of the Bamberka cv. can be used in the food industry, mainly for mustard, spices and edible oil, but also in the pharmaceutical industry for various ointments and patches. Mustard seed oil has a very similar chemical composition to that of double-improved rapeseed oil and is even distinguished by a better ratio of omega-3 to omega-6 acids. The Bamberka matures 4 days earlier than the reference cultivars and starts flowering 2-3 days earlier. It matures evenly and has a low tendency to shed (Piętka, Krzymański 2007).

By conducting further research on the quality traits of white mustard seeds, by crossing erucic-free and sinalbin-free strains, with simultaneous selection, it was possible to obtain hybrids that were used to derive inbred lines combining both traits (Piętka et al. 2011). Through many years of research, it was possible to breed a mustard cultivar that does not contain erucic acid in the oil and has a low amount of glucosinolates in the seeds. The first focus was on obtaining the correct chemical composition of the seeds, followed by work to increase the quantitative traits lost during the breeding work. The final result of the activities was a new strain, combining the characteristics of improved seed chemical composition and high yield, equal to traditional cultivars. The new experimental cultivar was designated POH-209 and was tested by COBORU in 2009 (Piętka et al. 2011).

The new cultivar under the name Warta was included in the Polish National List of plant cultivars in 2012. This cultivar is characterised by a very low content of erucic acid (less than 1.5% in seed oil), a low content of alkenyl glucosinolates (gluconapin and glucobrassicinapin - approx.  $11.9 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ ), indole glucosinolates (brassicin and 4OH-brassicin about  $2.8 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ ), and the absence of sinalbin – the main glucosinolate of white mustard.

The Warta cv. is the first double-low white mustard cultivar in which low yields, usually associated with significant changes in the chemical composition of the seeds, i.e., removal of erucic acid and sinalbin, have been overcome. The Warta meets rapeseed quality standards for erucic acid and glucosinolate content and therefore provides a versatile oil used for food, feed and technical purposes. Its dietary value is even slightly better than rapeseed oil, due to its higher content of the desirable omega-3 fatty acid. In addition, it has a better ratio of omega-6 to omega-3 fatty acids, a high content of oleic acid and a very low content of saturated fatty acids (Piętka et al. 2014).

In 2023, the second double-low cultivar named Teriwa was included in the Polish National List. The Teriwa is called an oil-protein cultivar, due to its high oil and protein content in seeds. It can also be used as a stubble intercrop against nematodes, but this is a significant waste of the cultivar's potential (IHAR 2023).

The comparison of seeds of Polish white mustard cultivars is shown in photo 1: traditional Nakielska, single-low Bamberka, and double-low Warta.

Photo 1. White mustard seeds.



(photo: M. Serafin-Andrzejewska)

### Conclusion

Intensive Polish breeding works, through the creation of new double-low genotypes, have transformed white mustard into a very valuable oilseed, but also protein crop, and allowed the use of oil for edible purposes and oil industry waste as high-value protein feed.

### References

- ARiMR 2023, Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa – The Agency for Restructuring and Modernisation of Agriculture. Cultivation register [online]. [Accessed 29 September 2023]. Available from: <https://rejestrupraw.arimr.gov.pl> (in Polish)
- COBORU 2023, Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych – Research Centre for Cultivar Testing. Species which varieties are admitted to the polish national list [online]. [Accessed 26 September 2023]. Available from: [https://www.coboru.gov.pl/en/nli/nli\\_varieties?kodgatunku=GBP](https://www.coboru.gov.pl/en/nli/nli_varieties?kodgatunku=GBP)
- GUS 2022, Główny Urząd Statystyczny – Statistics Poland. Statistical Yearbook of Agriculture 2022 [online]. [Accessed 21 September 2023]. Available from: <https://stat.gov.pl/en/topics/statistical-yearbooks/statistical-yearbooks/statistical-yearbook-of-agriculture-2022,6,17.html>
- IHAR 2023, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Institute of Plant Breeding and Acclimatization. Teriwa – nowa odmiana gorczycy białej [online]. 2 February 2023. [Accessed 2 October 2023]. Available from: <https://ihar.edu.pl/pl/aktualnosci/wydarzenia/teriwa-nowa-odmiana-gorczycy-bialej> (in Polish)
- Jajor, E., Mrówczyński, M. 2013. Metodyka integrowanej ochrony gorczycy białej, sarepskiej i czarnej dla producentów. *IOR-PIB*. p. 39 (in Polish)
- Katepa-Mupondwa, F., Rakow, G., Raney, Ph. 1999. Meal quality characteristic in yellow mustard (*Sinapis alba* L.). *Proc. 10th International Rapeseed Congress Canberra, Australia* 26-29.09.1999 CD.
- Piętka, T., Krzymański, J. 2007. ‘Bamberka’ zeroerukowa gorczyca biała (‘Bamberka’ zeroerucic white mustard). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*. 28, p. 119-124 (in Polish)
- Piętka, T., Krzymański, J., Bartkowiak-Broda, I. 2011. White mustard (*Sinapis alba* L.) breeding for oil and meal quality. *Proc. of 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic*, p. 891-894.
- Piętka, T., Krzymański, J., Krótka, K., Bartkowiak-Broda, I. 2014. Podwójnie ulepszona gorczyca biała (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta*) – jako źródło białka i oleju (Double low white mustard (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta*) is a source of protein and oil). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*. 35, p. 21-35 (in Polish)

Piętka, T., Krzymański, J., Michalski, K., Krótka, K. 1998. Postępy prac nad tworzeniem gorczycy białej podwójnie ulepszonej (Progress in the breeding of white mustard (*Sinapis alba* L.) for double low quality). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*. 19(2), p. 455-462 (in Polish)

Serafin-Andrzejewska, M., Kozak, M., Kotecki, A. 2020. The effect of different sulfur fertilizer rates on the glucosinolate content and profile of white mustard seeds. *J. Elem.* 25(4), p. 1413-1422.

Szymczak-Nowak, J., Nowakowski, M. 2000. Efekt antymątwikowy i plonowanie gorczycy białej, facelii błękitnej i rzodkwi oleistej uprawianych w plonie głównym (Antinematode effect and yielding of white mustard, tansy phacelia and oil radish cultivated as a main crop). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*. 21(1), p. 285-291 (in Polish)

### **Contact**

PhD Magdalena Serafin-Andrzejewska

Institute of Agroecology and Plant Production, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Grunwaldzki Sq. 24 A, 50-363 Wrocław, Poland

+48 71 320 1633, magdalena.serafin-andrzejewska@upwr.edu.pl

# Faktory ovlivňující výslednou kvalitu rostlinných olejů

## Factors affecting the final quality of plant oils

*Vladimír Filip*

*Ústav mléka, tuků a kosmetiky, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze*

*Technická 5, 166 28 Praha 6*

### **Abstrakt**

Vývoj kvality oleje je pro zjednodušení demonstrován podle komplexního parametru oxidační stability, která se promítla do navýšení minimální doby skladovatelnosti za uplynulých 30 - 40 let výroby rafinovaných olejů z 3 - 6 měsíců na současných 15 – 18 měsíců. Dosažení tohoto stavu je možné soustavným zlepšováním úrovně kvality suroviny a úrovní technologie ve všech jejích částech. Řešení kvality olejnatých semen spočívá v minimalizaci nežádoucích enzymových změn, hlavně lipolytických aktivit, k jejichž minimalizaci při zpracování přispělo zavedení technologií hlubokého odsazení a minimalizace prostojů při vlastním zpracování surových olejů. Minimalizace expozice vůči kyslíku je klíčová při bělení a deodoraci/fyzikální rafinaci, měřítkem může být minimální hodnota *p*-AČ a vysoká hodnota obsahu tokoferolů rafinovaných olejů.

**Klíčová slova** - index oxidační stability, lipolýza, fosfolipasa D, procesy hlubokého odsazení, deodorace, fyzikální rafinace, hydroperoxydy, *n*-oxokyseliny

### **Abstract**

For simplicity, the development of oil quality is demonstrated by the complex parameter of oxidative stability, which has translated into an increase in the minimum shelf life over the past 30-40 years of refined oil production from 3-6 months to the current 15-18 months. Achieving this is possible by continuously improving the quality level of the raw material and the level of technology in all its parts. The solution to oilseed quality lies in minimising undesirable enzymatic changes, especially lipolytic activities, which have been minimised during processing by the introduction of deep degumming technologies and minimising downtime in the actual processing of crude oils. Minimisation of oxygen exposure is key in bleaching and deodorisation/physical refining, and the minimum *p*-AV and high tocopherol content of refined oils can be a benchmark.

**Klíčová slova** - oil stability index, lipolysis, fosfolipase D, processes of deep degumming, deodorization, physical refining, hydroperoxides, *n*-oxo acids – core aldehydes

### **Úvod**

Téma sleduje vývoj možností zvyšování kvality rostlinného oleje ve vztahu k úrovni technologie zpracování olejnatých semen, surových olejů a rozvoji rafinačních technologií. Předmětem není sledovat vývoj šlechtění našich základních olejnin, především řepky olejky.

#### **1. Vývoj kvality oleje**

Není jednoduché vybrat pro hodnocení kvality oleje několik málo parametrů nebo dokonce jenom jeden. Předpokládá-li se ale, že původ oleje, tj. jeho složení lipidů, především mastných kyselin a acylglycerolů je standardní a nezpochybnitelné (zpracovávají se semena řepky olejky a slunečnice v plné zralosti), zbývají senzorní parametry, především barva, chuť a čichový vjem – vůně / pach. Pro zjednodušení situace předpokládejme, že plně rafinované oleje splňují senzorní požadavky - mírně nažloutlý odstín, plně neutrální vůně a pouze slabě olejová příchut'.

Na základě současných poznatků i na základě zkušeností pracoviště lze pak vybrat jako komplexní parametr pro hodnocení kvality rafinovaných rostlinných olejů, který je i mírou

údržnosti za definovaných podmínek hodnotu OSI (Oil nebo Oxidative Stability Index), podle normy ISO 6886 (2006) se jedná o stanovení indukční periody zrychleným testem za definovaných podmínek. Metoda je vhodná pro směsi lipidů obsahující netěkavé antioxidanty, jako jsou tokoferoly. Výstupem je jedna hodnota, kterou lze pro čerstvě vyrobené oleje a pro konkrétní typ oleje chápat jako míru údržnosti a odvodit z ní minimální dobu trvanlivosti, samozřejmě za definovaných podmínek skladování (obvyklé modely vychází z Arrheniovy závislosti reakční rychlosti na teplotě).

V retrospektivě lze konstatovat, že v 60. - 80. letech byla tehdejší „záruční doba“ obvykle 3 – 6 měsíců ode dne výroby, dnes doba minimální trvanlivosti je zpravidla 15 – 18 měsíců. Problémem v minulosti bylo, že jedinou možností stanovení IP byl tzv. Schaalův test, který ale nebyl do technické praxe nikdy rutinně zaveden, a „záruční doba“ byla stanovena čistě empiricky prováděným testem skladování oleje za doporučené teploty (jednalo se tedy o Schaalův test za „normálních“ podmínek skladování v obalu).

Vývoj kvality olejů bude sledován z následujících pohledů:

- Kvality suroviny
- Úrovně technologie
- Úrovně současného stavu poznání

## 2. Kvalita rostlinných olejnatých semen

Podobně jako semena obilovin, i olejninu se sklízí ve stavu plné zralosti, což může být problémem např. u řepky, kde se před sklizní provádí desikace. Klasicky se v surovině hodnotí příměs cizích semen, obsah semen zralých, nezralých, připálených a zlomků semen.

Semena zralá představují ideální stav v klimaticky optimálních podmínkách. Pro tato semena je typické minimum enzymových aktivit, BARROS *et al.* (2010), k dalšímu jejich poklesu dochází po cca 3 měsících skladování. Semena připálená jsou typickým příkladem nekvalitní suroviny. Připálená semena jsou výsledkem selhání procesu sušení s až nevratným dopadem na barvu a chuť a vůni oleje.

Zlomky semen jsou zdrojem nežádoucích enzymových aktivit, v různé míře i semena nezralá:

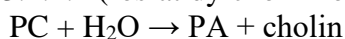
Z **hydrolas** se jedná o:

EC 3.1.1.3 (triacylglycerol lipasa), které katalyzují obvykle nescifickou hydrolyzu TAG:



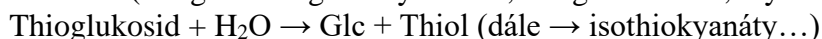
Reakce je indikována změnou ČK, resp. nárůstem obsahu vMK. Lze sledovat nárůst DAG, který je průkazný v rafinovaných olejích, kdy vMK byly separovány rafinací.

EC 3.1.1.4 (fosfatidylcholin fosfatidohydrolasa; fosfolipasa D):



Tyto reakční produkty se přímo analyticky nesledují, s kyselinou fosfatidovou se „nepřímo“ setkáváme až při hydrataci, nelze ji jednoduše ve formě PA separovat z oleje, pouze ve formě sodných solí, což je analogie s mastnými kyselinami. Důsledkem bývá zvýšený obsah P v hydratovaném, případně v polorafinovaném oleji.

EC 3.2.1.147 (thioglukosid glukohydrolasa; thioglukosidasa, myrosinasa):



Produkty rozkladu se indikují obvykle až senzory díky dalším rozkladným produktům, obsah S se obvykle v olejích nestanovuje, na rozdíl od MEŘO.



Ze skupiny **oxidoreduktas**:

EC1.13.11.12 lipoxygenasy (linoleát: oxygen oxidoreductasa):

Substrát: většinou volná kyselina linolová (+další esenciální MK)

Reaktanty:

9-hydroperoxyoktadeka-10,12-dienová kyselina + 13-hydroperoxyoktadeka-9,11-dienová kyselina.

Pro různé olejniny je aktivita lipoxygenas různá, BOZAN a TEMELI (2010).

V potravinářské chemii jedním ze základních stavových parametrů je **aktivita vody** –  $a_w$ . Velmi obecně pro enzymově katalyzované reakce jejich reakční rychlost exponenciálně vzrůstá při hodnotách  $a_w > 0,6$ , je-li  $a_w = 0,4$ ; rychlost se zastavuje. Je zajímavé, že v odborné literatuře se pojmem aktivity vody nepracuje, ale pro jednotlivé olejniny se udává kritická hodnota obsahu vody (maximální hodnota) jako materiálová konstanta pro skladování. Je to zřejmě důsledkem nemožnosti rutinního stanovení  $a_w$ , na rozdíl od stanovení obsahu vody.

**Závěr:** nejen nezralá semena a jejich zlomky, ale i mletá semena, výlisky a šrot jako cíleně poškozený biologický materiál představují rizika, která je nutné eliminovat včasnou termoinaktivací v různých místech technologie – klimatizace, toasting

### 3. Chemické změny surových olejů

Disperze pevných částic i u klarifikovaných surových olejů může být zdrojem enzymových aktivit, především hydrolytických změn, roli hraje dostatečná přítomnost vody v surových olejích, resp.  $a_w$ . Hlavními problematickými faktory vedle teploty je faktor času, obvykle zbytečných prostoje při mezioperacích. Jako typický indikátor hydrolytických změn je obvykle pouze ČK.

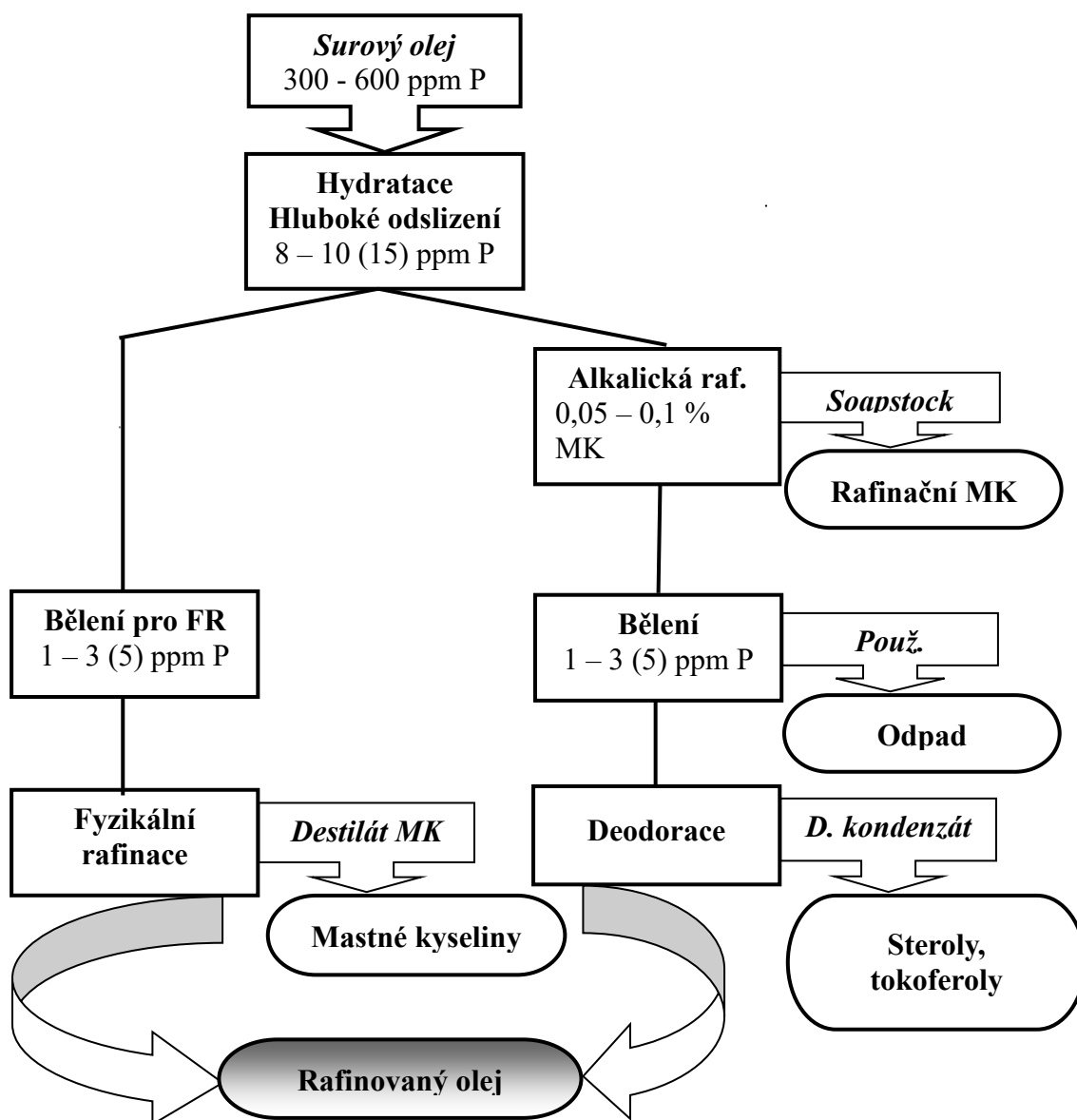
Podobně to platí pro oxidační změny, kde je možné sledovat řadu parametrů jako je PČ, *p*-AČ, obsah konjugovaných dienu aj.

Významným pokrokem při manipulaci se surovými oleji je jednak jejich důsledná klarifikace a především zavedení technologií hlubokého odsazení do komplexu surovarny / olejárny.

Zavedení technologií hlubokého odsazení na přelomu 70./80.let minulého století bylo průlomové, obsah P ve směsných surových olejů klesl až pod hodnotu 10 ppm z dřívějších hodnot  $> 50$  ppm, CLENEWECK a DIJKSTRA (1992). Vedle obsahu P klesl obsah  $Me^{2+}$  (zvl.  $Fe^{2+}$ ), které jsou stechiometricky vázány na glycerofosfatidylethaolamin a glycerofosfatidylinositol.

**Závěr:** Důsledkem okamžitého odsazení je i narušení koloidních částic v oleji, které jsou zdrojem enzymových aktivit. Makroskopickým důsledkem těchto efektů je eliminace vzniku sedimentů, kalů při skladování a přepravě surových olejů.

## Chemické změny olejů v průběhu rafinace



Obr.1: Současný stav rafinačních technologií

### Oxidační změny olejů:

a) Dostupnost kyslíku: obvykle ve formě styku hladiny oleje se vzdušným kyslíkem, dochází k rozpouštění v závislosti na teplotě podle Henryho zákona.

Řešením minimalizace styku je omezení styku s atmosférou (plné nádrže, obaly), deaerace za zvýšených teplot a sníženém tlaku (před bělením a při deodoraci / fyzikální rafinaci).

b) Katalyzátory autooxidace: přítomnost  $Me^{2+}$  obvykle původem z PL a fosfatidových kyselin. Interakce povrchu zařízení s vMK závisí jednak na kyselosti zpracovávaného oleje a pak na kvalitě materiálů armatur a zařízení (kvalitní nerezové oceli).

Řešením je vedle snížení obsahu PL po odslizení jejich další snížení chemisorpcí na hlince pod hranici  $P < 3$  (dříve 5) ppm. Průnik nových podílů  $Me^{2+}$  se musí řešit kvalitními použitými materiály (materiálové inženýrství) a nakonec se stejně rafinované oleje stabilizují přídatkem kyseliny citrónové.

c) Obsah tokoferolů / antioxidantů: primárními antioxidanty jsou tokoferoly, především operace deodorace / fyzikální rafinace se musí vést s jejich minimální ztrátou (max. 25 %), v žádném případě by jejich obsah neměl poklesnout pod cca 400 ppm, tj. cca 1 mmol.kg<sup>-1</sup>, MAZA et al (1992), FRANKEL (1996).

d) Vznik dalších podílů primárních oxidačních produktů – hydroperoxidů: největším rizikem je zvýšený parciální tlak kyslíku při bělení (nedostatečná úroveň vakua), neboť bělicí hlinka katalyzuje za těchto podmínek jejich vznik i následný částečný rozklad, což lze indikovat jak zvýšením PČ, tak zejména *p*-AČ. K totálnímu rozkladu hydroperoxidů dochází při deodoraci / fyzikální rafinaci, vytékající olej má definičně PČ=0. Hlavním řešením bylo a je snižování obsahu kyslíku ve zpracovávaném oleji před bělením, při bělení (celkový tlak se doporučuje max. 30 – 40, zatímco dříve 40 – 90 hPa). Dalším momentem technologického opatření bylo snížení celkového tlaku v aparátu deodorace / fyzikální rafinace. Ukazuje se, že snížení tlaku zde se již blíží technologickým možnostem techniky v dané době, kdy je snaha o další snižování celkového tlaku z 5 – 10 hPa na hodnoty < 5 hPa, k hranici 2 hPa. Je třeba si uvědomit, že i za těchto podmínek samozřejmě dochází k peroxidaci, byť jsou okamžitě rozkládány. Jedná se o kineticky řízené procesy. Za izobarických podmínek zůstává nezávisle proměnnými teplota a čas. Ještě je třeba zmínit průnik částic bělicí hlinky do aparátu (částice velikosti <<100 nm, obvykle 10<sup>1</sup> nm), které katalyzují z hlediska oxidace stejné procesy jako při bělení, ale při podstatně vyšší teplotě.

e) Vznik sekundárních oxidačních produktů, hlavně karbonylových sloučenin: vznikají při deodoraci rozkladem hydroperoxidů. Obvykle se traduje vznik těkavých aldehydů, které se separují, ale pak se zapomíná, že analogicky vznikají aldehydické skupiny ve formě *n*-oxokyselin, které jsou vázány v molekulách TAG, SJÖVALL et al. (2003). Z toho vyplývá, že sice PČ rafinád je nulové, ale neměl by překvapit nárůst *p*-AČ (Obr.2), FARHOOSH et al. (2009). Řešením je použití kvalitních surových olejů a minimalizace oxidace v průběhu rafinace.

f) Další reakce karbonylových sloučenin: celkem méně zajímavé jsou těkavé aldehydy, jejichž doba zdržení v aparátu je minimální, ale problémem zůstávají *n*-oxokyseliny, které dále podléhají radikálovým oxidačním reakcím, proto je tak důležité konstruovat aparáty s co nejnižším celkovým tlakem (< 5 hPa). Další oxidací aldehydických sloučenin, které neobsahují dvojnou vazbu, mohou vznikat karboxylové kyseliny (dikyseliny), glyoxal a kyselina mravenčí (záleží, zda k peroxidaci dojde na sousedním atomu C s oxoskupinou nebo přímo na ní).

Nejreaktivnější jsou karbonylové sloučeniny, kde je dvojná vazba v konjugaci s oxoskupinou. Za těchto podmínek vzniká řada produktů, včetně nejreaktivnější dikarbonylové sloučeniny odvozené od nenasycených mastných kyselin – malonaldehyd, FRANKEL a NEFF (1983), (Obr.3).

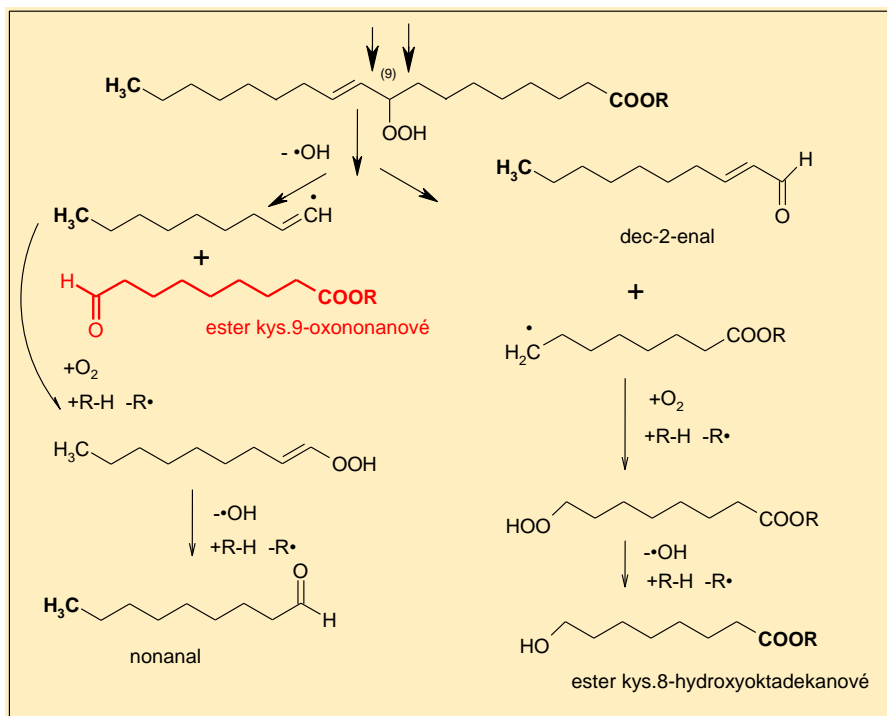
Izomerace a polymerace jsou další chemické změny olejů v průběhu bělení deodorace / fyzikální rafinace.

Pro bělení je nutno používat kvalitní materiály s úzkou distribucí velikosti částic a s vyloučením částic velikosti 10<sup>1</sup> nm, které se jinak dostávají do deodorační kolony a fungují jako katalyzátor izomeračních a polymeračních reakcí. Skutečností je, že za kolonu se zařazují filtry, které mají tyto úlety zachytávat, ale chemickou podstatu to neřeší.

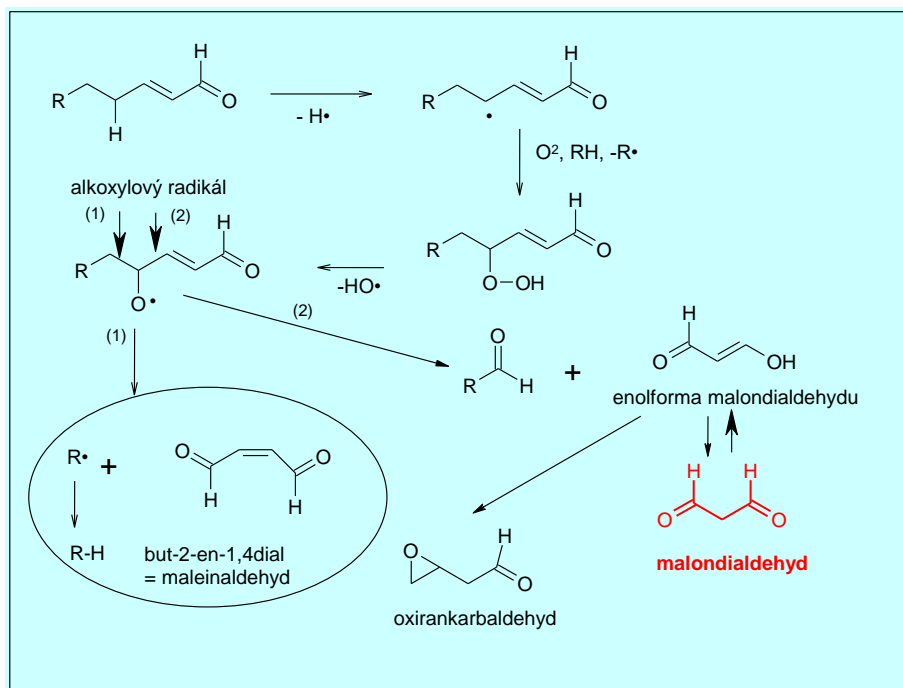
Při teplotách > 200 °C dochází za podmínek kyselý katalýzy vMK k tzv. tepelně indukované polohové izomeraci dvojných vazeb MK. Reakce je řízena kineticky a je proto nutno hledat optimalizaci mezi parametry teplota, čas při izobarickém režimu v aparátu tak, aby obsah *trans*-izomerů MK nepřesáhl hodnotu 1 % veškerých MK. Polymerace je obvykle časově posunuta, aby mohlo dojít k polymeraci Diels-Alderovým mechanismem, musí vzniknout konjugované dieny v *all-trans* uspořádání, takže obsah polymerů v rafinovaných olejích je obvykle velmi

nízký, CIHELKOVÁ et al. (2013). Pro oba děje je důležitá nepřítomnost úletu bělicí hlinky, která pak oba procesy mechanismem heterogenní katalýzy urychluje.

Klasickým indikátorem deodoračních záhřevů je eliminace vody z molekul sterolů za vzniku steradienů, VERLEYEN et al. (2002).



Obr.2: Rozklad glycerylesteru 9-hydroperoxyoktadec-10-enové kyseliny odvozené od kyseliny olejové na nonanal a glycerylester kyseliny 9-oxononanové; resp. na dec-2-enal a glycerylester kyseliny 8-oxononanové.



Obr.3: Rozklad glycerylesteru  $n$ -oxo-( $n-1$ )-enových kyselin a alken-2-olů za vzniku malonaldehydu, maleinaldehydu a oxirankarbaldehydů.

Kvalitní rafinované oleje typu řepkový, slunečnicový a sójový obsahují minimální množství (max. 10<sup>0</sup> % DAG), což je mj. indikátorem kvality – plné zralosti semen, 0,05-0,10 % vMK (přímý vztah k výši bodu zakouření oleje), obsah trans-MK < 1 % veškerých MK, obsah tokoferolů na úrovni min 400 ppm, tj. cca 1 mmol.kg<sup>-1</sup> a minimální hodnoty *p*-AČ (indikátor přítomnosti glycerylesterů *n*-oxokyselin. Hodnota OSI<sub>120°C</sub> pro řepkový olej je pak podle ISO 6886 ideálně v intervalu 4 -5 h.

Bohužel objevily se i „nečekané“ problémy při deodoraci a zvl. fyzikální rafinaci. Fyzikální rafinace byla vyvíjena pro zpracování kyselých olejů, především pro palmový olej. Zde se až dodatečně zjistilo, že za podmínek kyselý katalýzy a vysokých obsazích DAG (a částečně MAG) vznikají procesní kontaminanty estery 3-chlorpropandiolu (tzv. 3-MCPD estery) a glycidylestery. Problém je úspěšně řešen snižováním obsahu chloridových aniontů a to: vypráním z oleje a nepoužitím HCl pro aktivaci bělicí hlinky.

#### 4. Vývoj technologie ve vztahu ke kvalitě olejů

Vývoj technologie není zdaleka ukončen. Ve sledovaném období od 70. let 20. století po současnost je možno vyjmenovat ty nejvýznamnější počiny, které znamenaly výrazný technologický posun:

a) Rozvoj technologie filtrace – zařazení tlakových uzavřených, hlavně deskových filtrů do procesů klarifikace surových olejů a filtrace po bělení

b) Vývoj technologií hlubokého odslizení, rozhodně nelze pominout asi nejúspěšnější technologii TOP degumming, DIJKSTRA a VAN OPSTAL (1989).

c) Rozvoj procesu bělení – vývoj nových bělicích hlinek s užší distribucí typu FF a nových technologií bělení pro fyzikální rafinaci (obvykle tzv. procesy „mokrého bělení“), SEGERS (1983)

d) Zavedení fyzikální rafinace původně pro tropické oleje se rozšířilo i pro zpracování olejů s nízkou počáteční kyselostí, CERIANI a MEIRELLES (2006). Současným problémem je řešení hladiny procesních kontaminantů.

#### Literatura

Barros M., Fleuri L.F., Macedo G.A.: Seed lipases: sources, applications and properties – a review. *Brazilian J. of Chem. Eng.* 27, 15-29 (2010).

Bozan B., Temeli F: Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Biosource Technology* 99, 6354-6359 (2008).

Cihelkova K., Schiber A., Lopes-Lutz D., Hradkova I., Kyselka J., Filip V.: Quantitative and qualitative analysis of high molecular compounds in vegetable oils formed under high temperatures in the absence of oxygen. *Eur. Food Res. Technol.* 237, 71-81 (2013).

Ceriani R., Meirelles A.J.A.: Simulation of continuous physical refiners for edible oil deacidification. *J. Food Eng.* 76, 261–271 (2006).

Dijkstra A.J., Van Opstal M.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 66, 1002-1009 (1989).

Clenewick B., Dijkstra A.J.: The Total Degumming Process – Theory and Industrial Application in Refining and Hydrogenation. *Fat Dci. Technol.* 94, 317-322 (1992).

Farhoosh R., Einafshar S., Sharayei P.: The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. *Food Chem.*, 115, 933-938 (2009).

Frankel E.N., Neff W.E.: Formation of malonaldehyde from lipid oxidation products. *Biochimica et Biophysica Acta* 754, 264-270 (1983).

Frankel E.N.: Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food Chem.* 57, 51-55 (1996).

Maza A., Ormsbee R.A., Strecker L.R.: Effects of deodorization and steam-refining parameters on finished oil quality. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69, 1003-1008 (1992).  
Segers J.C.: Pretreatment of edible oils for physical refining. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 60, 262-264 (1983).  
Sjövall O., Kuksis A., Kallio H.: Tentative Identification and Quantification of TAG Core Aldehydes as Dinitrophenylhydrazones in Autoxidized Sunflowerseed Oil Using Reversed-Phase HPLC with Electrospray Ionization MS. *Lipids* 38, 1179-1190 (2003).  
Verleyen T.,\*, Szulczewska A., Verhe R., Dewettinck K., Huyghebaert A., De Greyt W.: Comparison of steradiene analysis between GC and HPLC. *Food Chem.*, 78, 267–272 (2002).

### **Dedikace**

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1910302.

### **Kontakt**

prof. Ing. Vladimír Filip, CSc.  
Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha  
Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice,  
Vladimir.Filip@vscht.cz

# Vliv technologického zpracování minoritních olejnin na obsah biologicky aktivních látek

## Effect of technological processing of minor oilseeds on the content of biologically active compounds

*Jan Kyselka*

*Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha*

### **Abstrakt**

V aktuálním příspěvku jsme zkoumali vliv technologického zpracování (pražení, dezintegrace, lisování, filtrace) i skladování na základní ukazatele oxidační hydrolytické stability výrobků z minoritních olejnin. Prokázali jsme pozitivní i nežádoucí vliv vybraných jednotkových operací na vybrané biologicky aktivní látky.

**Klíčová slova:** Šnekové lisování, pražení, fytoosteroly, tokoferoly, indukční perioda

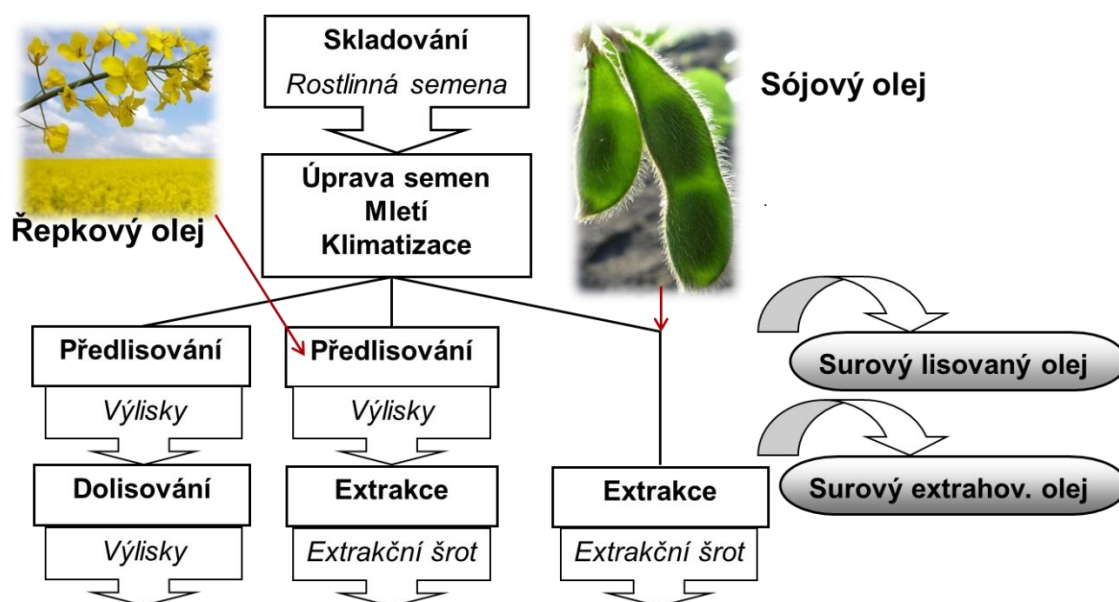
### **Abstract**

In the current contribution, we investigated the influence of technological processing (roasting, disintegration, pressing, filtration) and storage on the basic indicators of oxidation and hydrolytic stability of products from minor oilseeds. It was possible to prove both positive and undesirable effects of studied unit operations on selected biologically active compounds.

**Keywords:** Screw-pressing, roasting, phytosterols, tocopherols, induction period

### **Úvod**

Surové rostlinné oleje se získávají jednostupňovým lisováním, dvoustupňovým předlisem a dolisem, rozpouštědlovou extrakcí či kombinací předlisu s rozpouštědlovou extrakcí. Vše definuje olejnatost vstupních semen či bobů, materiál (kondicionované vločky) s obsahem oleje pod 20 % hm. se velkým zpracovatelům vyplatí přímo extrahovat technickým hexanem. S rostoucí cenou komerčních rozpouštědel z neobnovitelných zdrojů se jako rentabilní varianta nabízí využití obnovitelného 2-methyloxolanu. Získávání oleje předchází úprava semen mletím, kondicionací a vločkováním před šnekovým lisováním, případně rozpouštědlovou extrakcí. V podstatě se jedná o kombinovaný účinek mechanických sil (tlaku, tahu a střížných sil) a vlivu syté vodní páry, které vedou k vytvoření vloček. Ty mají stejný objem jako původní částice, ale výrazně větší specifický povrch a nově vytvořenou mikrostrukturu. Pletiva jsou prostoupena systémem pórů, kanálek a kapilár s narušenými buněčnými stěnami. Vznik jemných částic není žádoucí, protože se obtížně oddělují filtrací (např. Amafiltry) a snižují průtok oleje. Získaný olej obsahuje proměnlivý obsah nerozpustných nečistot, heterolipidů (povrchově aktivních glycerofosfolipidů a glyceroglykolipidů), volných mastných kyselin, barviv a pachových látek v závislosti na posklizňových úpravách olejnatých semen a na technologii získávání rostlinného oleje. Z tohoto důvodu je nutné surový za tepla lisovaný rostlinný olej dále rafinovat (pokud je používán při smažení a fritování), neboť musí být plně sensoricky neutrální z hlediska chuti i vůně. Na **obr. 1** je shrnuto obecné schéma získávání rostlinných olejů.<sup>1,2,3</sup>



**Obr. 1** Aktuální schéma získávání rostlinných olejů dle olejnatosti vstupních semen a bobů

Výroba lisovaných a za studena lisovaných rostlinných olejů z minoritních olejnin je vždy určitým kompromisem mezi maximálním výtěžkem surového oleje a teplotou vystupujících produktů či množstvím suspendovaných prolisů. Do hry vstupuje ještě jeden zásadní parametr – vlhkost kondicionovaných semen. S ohledem na složení povrchových vrstev semen má kondicionace největší vliv v případě lnu setého a konopí setého. Pro průmyslové zpracovatele je velice obtížné zpracování lnu setého, neboť bez předúpravných operací je v porovnání s konopnými semeny či nažkami ostropestřce prakticky nelisovatelný<sup>1</sup>.

Nesmíme zapomenout na důležitý fakt, že lisováním je izolován pouze surový olej, ale množství ostatních složek se prakticky nezmění. Logicky se to promítne do bilance vlhkosti ve výliscích. Lisováním lnu setého (90 % hm. sušiny a 40 % hm. oleje) lze izolovat 3/4 oleje. Vlhkost ve výliscích na výstupu (pokud zanedbáme prolisy a odpar vody při šnekovém lisování) se zvýší až na 14 % hm. Za kritickou vlhkost výlisků a extrakčních šrotů považujeme 15 % hm., poté hrozí riziko mikrobiální kontaminace včetně mykotoxigenních plísní (např. *A. flavus*).<sup>1,2,3</sup>

## Materiál a metody

### 2.1 Dezintegrace dýňových semen (odrůda Gleisdorfer) a pražení pro šnekové lisování

Semena tykve olejné (200 g) byla dezintegrována na nožovém mlýnu Grindomix GM200 (Retsch) při  $8000 \text{ min}^{-1}$ , 7 pulzů. Tímto způsobem byla namleto 10 kg semen tykve. Manuální dezintegrace tykvových semen vločkovačem od firmy Eschenfelder AL, který simuloval účinek průmyslových válcových stolic s rýhováním, byla srovnatelně účinná. Dezintegrováný materiál byl smíchan s 3 hm. % NaCl a vodou o teplotě  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vzniklá pasta byla pražena v tenké vrstvě při  $100 - 130 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 30 minut v sušárně bez cirkulace vzduchu.

### 2.2 Lisování pražených/nepražených semen, semen ostropestřce, lnu a konopí

Lisování pražených/nepražených semen bylo provedeno na přístroji Komet CA59G (IBG Monforts Oekotec GmbH, Germany). Hlavice a držák trysek, které jsou součástí lisovacího ústrojí, byly v případě potřeby předeřhřaty topnou manžetou na  $130 \text{ }^\circ\text{C}$ . Otáčky hlavního pohonu byly regulovány frekvenčním měničem s optimální frekvencí  $20 - 55 \text{ min}^{-1}$ . Při lisování byla použita tryska o průměru 4 - 10 mm. Teplota oleje i výlisků byla měřena bezkontaktním přístrojem (Testo 845, Maneko).



### 2.3 Stanovení čísla kyselosti dle normy ČSN ISO 660

Číslo kyselosti je definované jako miligramy KOH potřebné k neutralizaci volných mastných kyselin, které se vyskytují v 1 g tuku nebo oleje (mg KOH/g vzorku). Vzorek oleje byl rozpuštěn v 50 – 150 ml zneutralizované směsi rozpouštědel diethylether/ethanol (1:1, v/v) a poté byl titrován methanolickým roztokem KOH (0,1 mol/l) na fenolftalein do bodu ekvivalence. Výsledné číslo kyselosti je aritmetickým průměrem dvou naměřených hodnot.

### 2.4 Stanovení peroxidového čísla dle normy ČSN EN ISO 3960

Peroxidové číslo je vyjádřeno v miliekvivalentech aktivního kyslíku na 1 kg vzorku tuku nebo oleje (mekv.akt.O/kg). Ke vzorku oleje bylo přidáno 10 ml chloroformu a vzorek byl rychle rozpuštěn zamícháním. Po přidavku 15 ml kyseliny octové a 1 ml nasyceného vodného roztoku jodidu draselného (v/v) byla baňka uzavřena, směs byla 1 min míchána a odstavena na 5 min do tmy při laboratorní teplotě. Poté bylo přidáno 75 ml destilované vody, směs byla prudce zamíchána a po přidavku škrobového roztoku jako indikátoru byl uvolněný jód titrován standardním odměrným roztokem thiosíranu sodného (5 mmol/l). Výsledné peroxidové číslo je aritmetickým průměrem 2 naměřených hodnot.

### 2.5 Měření oxidační stability rostlinných olejů na přístroji Rancimat

Zkumavky se vzorky olejů ( $2,5 \pm 0,010$  g) byly umístěny ve vyhřívaném bloku ( $t \sim 120 \pm 1,6$  °C), opatřeném přívodem vzduchu (20 l/h), kterým byly vzorky probublávány a oxidovány. Principem metody je měření změny elektrické vodivosti demineralizované vody v důsledku absorpce sekundárních oxidačních produktů uvolněných z testovaných vzorků (**obr. 3**). Výsledkem je oxidační křivka. Inflexní bod 1. derivace oxidační křivky představuje indukční periodu.

### 2.6 Stanovení složek nezmýdelnitelného podílu, zejména fytosterolů, minoritních steroidů a potenciálně atherogenních oxidačních produktů fytosterolů

Nezmýdelnitelný podíl byl stanoven metodou diethyletherové extrakce dle normy ČSN EN ISO 3596. Nezmýdelnitelný podíl zahrnuje přírodní lipidy: steroly, vyšší uhlovodíky a alkoholy, alifatické a terpenické alkoholy. Postupem popsáným níže byla zjištěna přítomnost dominantního živočišného sterolu – cholesterolu a jeho oxidačních produktů. Do destilační baňky s kulatým dnem bylo naváženo 5 g vzorku. Do baňky byl dále přidán 1 ml vnitřního standardu  $5\alpha$ -cholestanu (1 mg/ml), 50 ml ethanolického roztoku KOH (1 mol/l) a varné kamínky. Vzorek byl pod zpětným chladičem vařen na vodní lázni po dobu 1 hod. Poté bylo přidáno 100 ml vody, vychladlý vzorek byl převeden do dělicí nálevky. Baňka s varnými kamínky byla propláchnuta celkem 100 ml diethyletheru, vzápětí byla provedena extrakce složek nezmýdelnitelného podílu. Roztok mýdla byl extrahován ještě dvakrát vždy 100 ml diethyletheru. Spojené extrakty byly třikrát promyty vždy 40 ml vody, následně 40 ml vodného roztoku hydroxidu draselného (0,5 mol/l), opět 40 ml vody, 40 ml vodného roztoku hydroxidu draselného a poté po 40 ml vody do neutrální reakce. Obsah baňky byl odpařen do sucha, vzorek byl před analýzou rozpuštěn v 1 ml ethylesteru kyseliny octové. Kvantitativní analýza sloučenin byla provedena na plynovém chromatografu s plamenově-ionizační detekcí (Agilent Technologies 6890N). Nástřík na kolonu byl proveden autosamplerem Agilent Technology 7683 při teplotě 300 °C v množství 1  $\mu$ l. Split poměr byl 1:25. K separaci sloučenin byla použita kolona HP-5MS o rozměrech 0,32 mm x 30 m a tloušťce stacionární fáze 0,25  $\mu$ m. Nosným plynem bylo helium o průtoku 1,0 ml/min. Teplotní režim kolony byl 80 °C, následoval růst teploty s gradientem 15 °C/min do teploty 320 °C s výdrží 20 minut, kdy byl program ukončen. Kvalitativní analýza byla provedena metodou GC-MS (Agilent Technologies 7890N). Detekce hmotnostně spektrometrickým detektorem probíhala v režimu Scan Mode. Teplota zdroje byla

230 °C a teplota kvadrupolu byla 150 °C, poměr m/z činil 40 až 900. Spektra sloučenin byla srovnána s knihovnou spekter NIST.

### 2.7 Stanovení tokoferolů dle normy ČSN EN ISO 9936

Norma ČSN EN ISO 9936 (588723) specifikuje stanovení obsahu tokoferolu a tokotrienolu v olejích metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC). Vzorek (0,1 g) byl navážen do 10ml tmavé odměrné baňky a doplněn po rysku *n*-heptanem (pro HPLC). Alikvotní podíl cca 1 ml byl přefiltrován přes stříkačkový filtr (PVDF, 0,22 μm) do tmavé vialky a analyzován metodou HPLC na kapalinovém chromatografu Agilent 1100 Series s kolonou Lichrospher 100 Diol, 250 mm × 4 mm, velikost částic 5 μm; mobilní fáze: 3,85 % (v/v) THF v *n*-heptanu pro HPLC; nástřik: 10 μl; teplota: 25 °C; průtok: 1 ml/min; čas: 65 min; detektor: FLD – excitace 295 nm, emise 330 nm, teplota 40 °C, 1,6 SLM. Koncentrace analytů byla vypočtena na základě měření retenčních charakteristik a ploch pík analytů a jejich srovnáním s plochami standardů tokoferolů.

### 2.8 Kvantitativní stanovení fosfolipidů a fosforu spektrofotometrickou metodou

Do žíhacích kelímků bylo odváženo 0,2 g vzorku, převrstveno 0,75 g MgO a ponecháno v sušárně (110 °C) dokud se veškerý olej nevsákne do MgO. Vzorek byl spálen na elektrické plotýnce, na kahanu a následně v peci (800 °C, vzorek se vkládá do studené pece). Zpopelněný vzorek byl rozpuštěn ve 20 ml kyseliny sírové (1 mol.l<sup>-1</sup>) a neutralizován na fenolftalein 40% roztokem hydroxidu sodného. Poté bylo přidáno několik kapek kyseliny sírové (1 mol.l<sup>-1</sup>) do vymizení růžového zbarvení. Takto upravený vzorek byl převeden do 100 ml odměrné baňky, následně bylo přidáno 20 ml molybdenového činidla, roztok byl zahříván 20 min ve vroucí vodní lázni. Po ochlazení byl doplněn destilovanou vodou po rysku. Intenzita modrého zbarvení byla odečtena při 830 nm proti slepému pokusu. Z kalibrační křivky byla vypočítána koncentrace fosforu v měřeném roztoku.

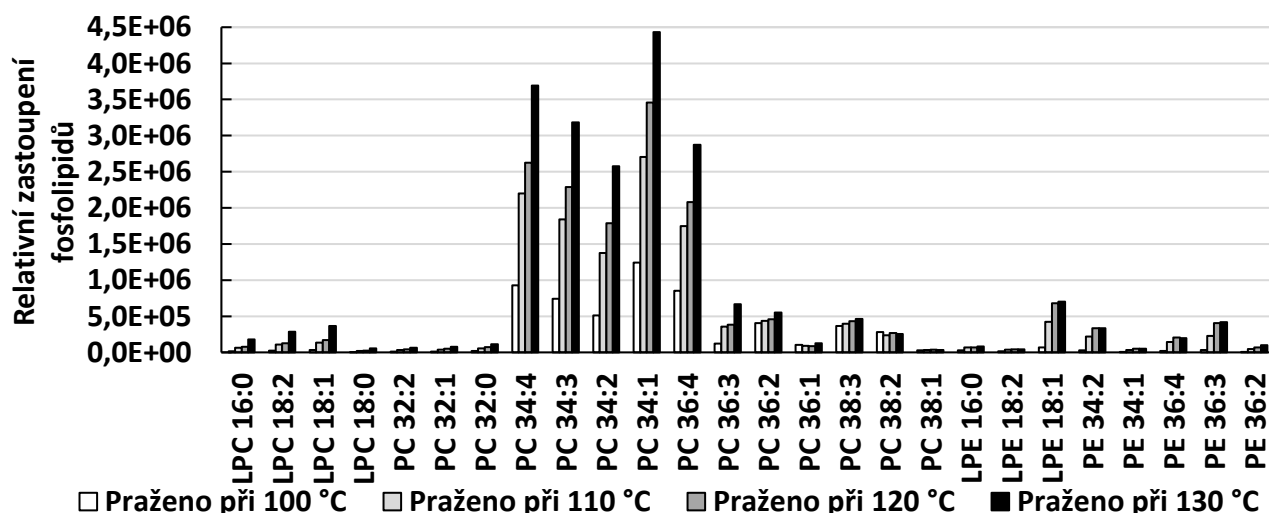
## Výsledky a diskuze

Mechanické získávání surového lněného, konopného, tykvového, ostropestřcového oleje a souvisejících produktů pro potřeby malých zpracovatelů je nutné optimalizovat. Proto byl sledován vliv termostabilizace kondicionovaných semen na procesní parametry laboratorního lisování – zejména výtěžek oleje, hmotnostní průchodnost šnekového lisu, obsahu prolisů v surovém oleji a teploty surového oleje i výlisků. Neupravená semena tykve obecné byla prakticky nelisovatelná. Obsah alkylhydroperoxidů v dýňovém oleji nepřevyšoval maximální přípustný obsah 15 mekv. akt. O/kg definovaný v Codex alimentarius. Při pražení tykvočných semen rostla údržnost izolovaného dýňového oleje. Zvýšenou indukční periodu, srovnatelnou s nejstabilnějšími oleji na trhu, lze vysvětlit kombinovaným účinkem tokoferolů, tokotrienolů, vysokého obsahu Δ<sup>7</sup>-fytosterolů, karotenoidů, xanthofylů a glycerofosfolipidů (**Tabulka I, obr. 2**). Obsah oxidačních produktů fytosterolů s proatherogenním potenciálem byl srovnatelný s většinou plně rafinovaných olejů. Na závěr jsme prokázali unikátní mechanismus regenerace tokoferolů při tepelném namáhání dýňového oleje.

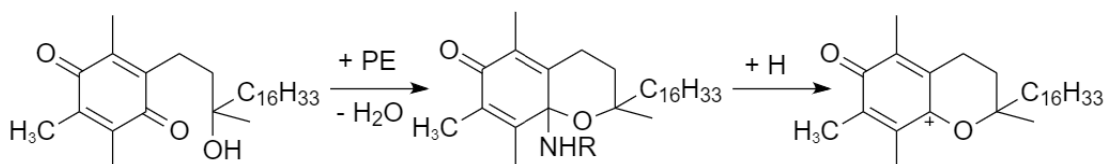
Mechanismus zodpovědný za regeneraci α-tokoferochinonu v přítomnosti nukleofilů (např. fosfatidylethanolaminu) je odlišný a skládá se z několika konsektivních reakcí (**obr. 3**). V prvním kroku dochází k reakci fosfatidylethanolaminu (PE) s karbonylovou funkcí α-tokoferochinonu, následuje cyklizace a vznik derivátu (aduktu) tokoferonu. Dalším reakčním krokem je kysele katalyzovaný vznik iontu tokoferonu za současného odštěpení PE. Posledním krokem je regenerace intermediátu v kyselém prostředí za vzniku α-tokoferolu.

**Tabulka I.** Vliv teploty při termostabilizaci tykve obecné (Gleisdorfer) na jakost lisovaných olejů, zastoupení tokochromanolů a ostatních sloučenin s pro- či antioxidačními vlastnostmi

Dýňový olej lisovaný z pražených semen		100 °C	110 °C	120 °C	130 °C
Číslo kyselosti (3. etapa)	[mg KOH/g]	1,15	1,55	1,88	1,58
Peroxidové číslo (3. etapa)	[mekv.akt.O/kg]	4,42	4,32	4,69	3,68
Indukční perioda	[h]	8,51	10,24	13,91	14,38
<b>Tokochromanoly</b>	<b>[mg/kg]</b>	<b>461,3</b>	<b>448,6</b>	<b>490,6</b>	<b>480,0</b>
α-Tokoferol	[mg/kg]	35,1	33,4	36,1	35,3
γ-Tokoferol	[mg/kg]	375,1	361,8	395,4	385,8
δ-Tokoferol	[mg/kg]	2,8	4,0	3,8	4,0
α-Tokotrienol	[mg/kg]	4,9	6,5	6,7	6,2
γ-Tokotrienol	[mg/kg]	43,4	42,9	48,7	48,7
Chlorofyly, feofytiny	[mg/kg]	11,2	27,3	46,9	147,7
Karotenoidy	[mg/kg]	178,9	267,0	344,8	320,7
Obsah fosforu	[mg/kg]	80,6	166,6	388,9	422,6
Obsah fosfolipidů (*25,44)	[hm. %]	0,21	0,42	0,99	1,07



**Obr. 2** Vliv pražení tykve na relativní zastoupení dominantních fosfolipidů v dýňovém oleji



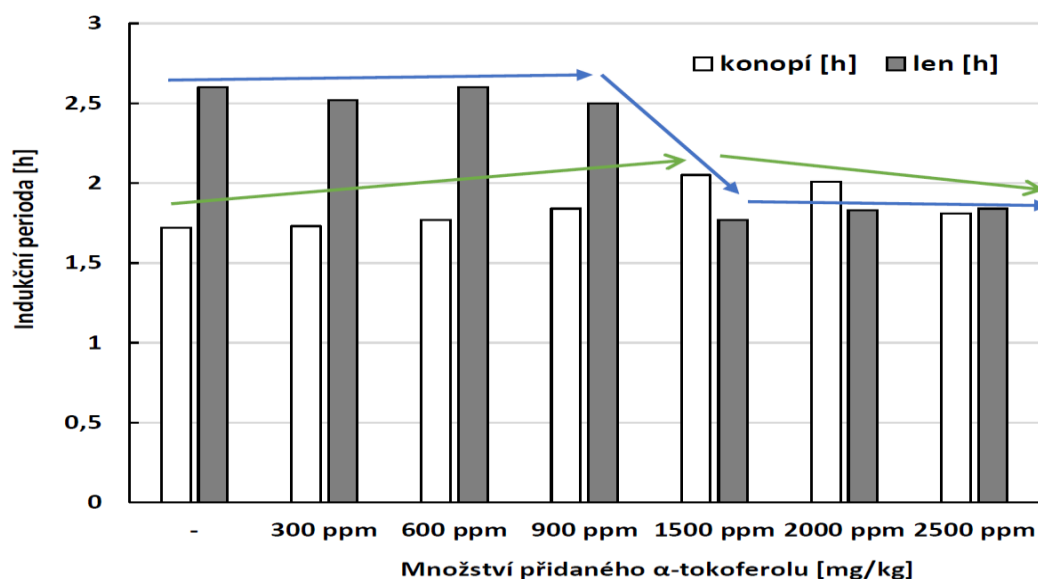
**Obr. 3** Mechanismus regenerace α-tokoferochinonu v přítomnosti fosfatidylethanolaminu

Zpracovatelé konopných, lněných a tykvočných semen či ostropestřcových nažek disponují lisovnými s menší kapacitou. Šnekové lis, které zpracovávají oxidálně nestabilní olejiny, mají obvyklou hmotnostní průchodnost zařízení 8 – 40 kg/h a jsou osazeny motory o výkonu 1,1 – 7,5 kW (např. lis malé kapacity od českého výrobce Farmet a.s. nebo od německého

výrobce IBG Monforts Oekotec GmbH & Co. KG). Výstupem šnekového lisování jsou výlisky a surové rostlinné oleje s vysokým obsahem suspendovaných částic – prolisů (5 až 10 % hm., distribuce velikosti suspendovaných částic: 1 – 500  $\mu\text{m}$ ). Prolisy se odstraňují deskovou filtrací, ve 100 litrech surového oleje lze očekávat jednotky kilogramů prolisů. Z tohoto důvodu se desková filtrace provádí periodicky až po najímání dostatečného množství surového oleje a filtračního koláče do plastového IBC kontejneru či jiné skladovací nádoby.

Právě tyto 2 fáze, tedy skladování a následná filtrace, jsou kritické pro další údržnost oxidačně labilního lněného a konopného oleje. Za nevhodné podmínky skladování surových rostlinných olejů s prolisy lze považovat dlouhou dobu, vystavení přímému slunečnímu záření, zvýšeným teplotám mimo klimatizované haly a především uskladnění v poloprázdné nádrži s velkým objemem plynné fáze nad vzorkem oleje. Tyto faktory podporují autooxidační reakci a snižují údržnost finálního produktu. Jak lze docílit vyšší oxidační stability olejů? Maximálním naplněním IBC kontejneru (minimální objem plynné fáze), případně použitím protektivní atmosféry dusíku či argonu při skladování. Zcela zásadní jednotkovou operací je filtrace, neboť na filtračních plachtách dochází k intenzivnímu kontaktu oleje se vzduchem, rozpuštěný kyslík v oleji zůstává také po naplnění do spotřebitelských obalů. Rostlinný olej lze opět chránit použitím protektivní atmosféry při vlastní deskové filtraci či při balení do spotřebitelských obalů. Poslední možností je prodloužení indukční periody použitím komerčních antioxidantů.

Oxidace rostlinných olejů je radikálovou řetězovou reakcí, ke které dochází při jejich skladování či manipulaci. Reakce vede ke vzniku nežádoucích produktů, jež sensoricky či jinak kvalitativně znehodnocují finální produkt. Zmíněná reakce je ovlivněna mnoha faktory, lze ji ale výrazně zpomalit využitím antioxidantů. V průmyslu je díky nízké ceně využíváno syntetických antioxidantů, které však postrádají účinnost při tepelné úpravě potravin (pečení, smažení, fritování). Novodobé trendy ve výživě, ale i nedostatečná účinnost syntetických antioxidantů motivují výzkum a aplikaci přírodních antioxidantů a jejich častější uplatnění v průmyslové praxi. Na **obr. 4** je uveden vliv přídavku komerčního přírodního antioxidantu -  $\alpha$ -tokoferolu (99%) na údržnost lněného (odrůda Libra) a konopného oleje (odrůda Finola). Za studena lisované oleje mají celkový obsah tokoferolů poměrně nízký, méně než 500 mg/kg (obvykle 250 – 350 mg/kg). Navýšení obsahu lipofilních antioxidantů až cca na 1000 mg/kg vede k žádoucímu prodloužení oxidační stability – indukční periody (lze pozorovat po přídavku  $\alpha$ -tokoferolu do konopného oleje). Pozor však na vyšší přídavky tokoferolů, jejich nadbytek naopak propaguje (urychluje) autooxidaci a snižuje tak údržnost. Nesmíme opomenout, že tokoferoly jsou lipofilními vitaminy a jejich dietární příjem by měl být vyvážený.



**Obr. 4** Vliv přídavku  $\alpha$ -tokoferolu na údržnost lněného (Libra) a konopného oleje (Finola)

## **Závěr**

Získávání rostlinných olejů z minoritních olejnin mechanickou cestou za tepla i za studena je poměrně šetrné k biologicky aktivním sloučeninám, jež jsou obsaženy v surovém oleji i výliscích. I přesto dochází k jejich částečné degradaci. Při získávání dýňového oleje je rozhodujícím parametrem teplota při pražení materiálu. Konopný a lněný olej zpravidla obsahuje podlimitní koncentraci celkových tokochromanolů, proto je nutná jejich uvážlivá suplementace.

## **Literatura**

Filip V.: Technologie olejů, tuků, detergentů a kosmetiky. V knize: Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin (Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M., ed.), kap. 5, str. 295 - 316, KEY Publishing s.r.o., Praha 2009.

Pokorný J.: Tuky a jiné lipidy. V knize: *Chemie potravin* (Velíšek J., ed.), díl 1, kap. 3, str. 107-162. OSSIS, Tábor 2002.

Schmidt Š.: *Antioxidanty a oxidačné zmeny tukov v potravinách.*, kap. 2, str. 4 – 25, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Bratislava 2010.

## **Dedikace**

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR v rámci výzkumného projektu NAZV č. QK1910302.

## **Kontakt**

Jan Kyselka

Ústav mléka, tuků a kosmetiky, VŠCHT Praha

Technická 5, 166 28 Praha 6 – Dejvice,

kyselkaj@vscht.cz

**Products with increased protein content and antioxidant activity prepared from milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertner) oilseed cakes**

**Produkty se zvýšeným obsahem proteinu a antioxidační aktivity připravené z výlisků ostropestřce mariánského (*Silybum marianum* L. Gaertner)**

*Veronika Bártová<sup>1</sup>, Jan Bárta<sup>1</sup>, Markéta Jarošová<sup>1</sup>, Adéla Stupková<sup>1</sup>, Jan Bedrníček<sup>2</sup>, František Lorenc<sup>2</sup>, Smetana Pavel<sup>2</sup>, Jan Kyselka<sup>3</sup>, Vladimír Filip<sup>3</sup>, Zbyněk Zdráhal<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Technology, University of South Bohemia in České Budějovice, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, Czech Republic*

<sup>2</sup>*Department of Food Biotechnologies and Agricultural Products' Quality, Faculty of Agriculture and Technology, University of South Bohemia in České Budějovice, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, Czech Republic*

<sup>3</sup>*Department of Dairy, Fat and Cosmetics, University of Chemistry and Technology, Technická 5, 166 28 Prague 6 – Dejvice, Czech Republic*

<sup>4</sup>*Mendel Centre of Plant Genomics and Proteomics, Central European Institute of Technology, Masaryk University, Kamenice 753/5, 625 00 Brno, Building E26, Czech Republic*

**Abstract**

The work evaluated the impact of milk thistle oilseed cake defatting and sieving on the composition of nutritionally essential components and the antioxidant potential of the produced flours. The obtained data confirmed the possibility of influencing the flour composition of oilseed cakes flour through individual processing steps. The milk thistle seed contained 23.1 % fat, 18.3 % protein, 4.6 % ash, and 46 % of the rest components (carbohydrates, including fibers). The highest representation of protein (38 % DM) was found in the fine fraction of flour (size fraction below 250 µm) after total defatting. In contrast, the size fraction of flour above 250 µm has been shown to accumulate fiber and substances with antioxidant activity. The fiber content was comparable in the non-fatty and fatty fractions, reaching 75.8% and 74.5 % DM, respectively. A high value of antioxidant activity was determined for this fraction in the absolute defatted flour, up to a level of 88.3 mg AAE/g DM using the ABTS radical, and a high content of polyphenolic substances (49.4 GAE/g DM) was also determined.

**Keywords:** milk thistle, oilseed cake, protein, antioxidant activity, silymarin complex

**Abstrakt**

Práce se zabývala vlivem odtučnění a velikostní frakcionace výlisků z výlisků semen ostropestřce mariánského na složení nutričně významných složek a antioxidační potenciál produkovaných výliskových mouk. Získané údaje potvrzují možnost ovlivnění složení výliskové mouky prostřednictvím jednotlivých kroků zpracování. Semena ostropestřce mariánského obsahovala 23,1 % tuku, 18,3 % bílkovin, 4,6 % minerálních látek a 46 % ostatních složek (sacharidů včetně vlákniny). Nejvyšší zastoupení bílkovin (38 % sušiny) bylo zjištěno v jemné frakci mouky (velikostní frakce pod 250 µm) po absolutním odtučnění. Naopak ve velikostní frakci mouky nad 250 µm byla prokázána kumulace vlákniny a látek s antioxidační aktivitou. Obsah vlákniny byl srovnatelný v neodtučněné (75,8 %) a odtučněné mouce (74,5 %). U této frakce byla stanovena vysoká hodnota antioxidační aktivity v absolutně odtučněné mouce, a to až 88,3 mg AAE/g DM pomocí ABTS radikálu, a byl také stanoven vysoký obsah polyfenolových látek (49,4 GAE/g DM).

**Klíčová slova:** ostropestřec mariánský, výlisky semen, protein, antioxidační aktivita, silymarinový komplex

## Introduction

The world's demand for animal protein is expected to double by 2050 (Arrutia et al. 2020). Lack of protein is a key in malnutrition, while a dietary transition from animal to plant protein products is required to avoid climate change (Aiking & de Boer, 2020; Nasrollahzadeh et al., 2022). Likewise, the valorization of food processing by-products becomes important in fulfilling the principles of food safety, security, and sustainability as well as the principles of the circular economy (Rao et al., 2021). Oilseed press cakes represent a promising source of proteins, due to the large amount of global production and their natural richness in high quality protein (Arrutia et al., 2020). The possibility of producing protein products from oilseed cakes of various species has been documented (Salgado et al., 2011, Nasrollahzadeh et al., 2022). These processes involve dry methods as well as wet procedures (Assatory et al., 2019; Arrutia et al., 2020). It can be assumed that minority oilseed as milk thistle would also be an interesting source for the isolation of valuable proteins, however, limited information is available.

Milk thistle (*Sylibum marianum* L. Gaertn) is one of the most important medical members of the Asteraceae family (Qavami et al., 2013; Valková et al., 2020) which have been used for almost 2000 years as a natural treatment for liver diseases (Ding et al. 2001). In the Czech Republic, the cultivation of milk thistle dominated among medicinal plants (Kozderová, 2020). Milk thistle seeds comprise of oil 26 %, moisture 4.5 %, ash 2 %, crude fiber 5.5 %, carbohydrates content 87 % and total protein 23 % (Khan et al., 2007; Aziz et al., 2021). The main bioactive component with hepatoprotective activity is silymarin, which is the mixture of flavonolignans such as silybinin A and B, silychristin, and silydianin (Anthony and Saleh, 2013). Seed oil has also been reported to have various benefits for human health, including biological activity in the colon cancer cell line (Ben Rahal et al. 2015). The increased interest in this milk thistle oil raises the need to utilize the oilseed cakes. With regard to the content of other biologically active substances, incorporating the cakes could improve the nutritional profile (increase of protein content) and therapeutic potential of the new products. The fortification of bread (Bojňanská et al., 2020), biscuits (Bortíková et al., 2019), sausages (Dzhaboeva et al. 2019) or wheat flour (Apostol et al., 2017) with milk thistle flour was described. However, limited information is known about using milk thistle oilseed cake for the production of flour with increased content of protein or for the production of protein concentrates.

For this reason, the objective of the present work was to evaluate the impact of milk thistle oilseed cakes defatting, and sieving on the composition of produce flours.

## Materials and Methods

### *Processing of oilseeds and preparation of oilseed cakes flour fractions*

The milk thistle seeds (cv. Tevasil) were obtained from Teva Czech Industries Ltd. (Opava, the Czech Republic). The seeds were processed by cold screw pressing (Yoda oil pressing machine, Hangzhou Yoda Scientific and Technological Co. Ltd., China). The oilseed cakes were milled (knife mill Grindomix GM200, Retsch, Haan, Germany) under 10,000 rpm for 1 min. One part of the flour was defatted by dispersing in hexane with a ration 1:3 (w/v) and stirred for 2 h at room temperature (21 °C). The above process was repeated three times (final oil content < 0.3 %) and the flour samples were dried in a fume-cupboard. The oilseed cake flour was subsequently separated by sieving into size fractions (sieve system Retsch SATURN, Retsch, Germany). Finally, three size fractions of the milk thistle cake flour were obtained and analysed: whole oilseed cake flour (WF) and oilseed cake flour fractions above 250 µm (A250) and below 250 µm (B250). Analysed were also the original seeds of milk thistle (WS) after their milling using the knife mill. All samples were vacuum-packed, and stored at -20°C before analysis. All samples were prepared in triplicate and for both cultivars.

### ***Proximate composition of milk thistle flours, protein extracts, and isolates***

Content of crude protein, crude fat, ash, and water was analysed in samples of defatted and fatted flour size fractions. The carbohydrate content was calculated as the remainder up to 100% of the sample dry matter (DM) after subtraction of the sum of all other components. The **moisture** was determined by a gravimetric method by drying the sample at 105 °C until constant weight (Memmert oven U110, Memmert GmbH + Co. KG, Buechenbach, Germany). The **crude protein** content was determined using the rapid N cube analyser (Rapid N exceed, Elementar Analysen Systeme, Langenselbold, Germany) via the modified combustion Dumas method with conversion factor ( $N \times 6.25$ ). The **crude fat** content was measured via the Soxhlet extraction method with petroleum ether using an automatic extraction system ANKOM XT 10 Extractor (ANKOM Technology, Macedon, NY, USA). The **ash** content was gravimetrically determined as the total amount of inorganic residues remaining after the organic matter incineration in a muffle furnace (muffle furnace LE 09/11, LAC s.r.o., Židlochovice, Czech Republic) at 550 °C for 16 h.

### ***Total polyphenols quantification and antioxidant activity determination***

The **total phenolic content (TPC)** was determined spectrophotometrically using Folin–Ciocalteu's reagent after the previous extraction of phenolics using 80% methanol with a solid-to-solvent ratio of 1:20. The absorbance was read at  $\lambda = 750$  nm (BioMate 5 spectrophotometer, Thermo Electron Corporation, Waltham, MA, USA) after 2 h, and gallic acid was used for calibration. The results were expressed as mg of gallic acid equivalent (GAE) per gram of sample DM. **Antioxidant activity** was determined using extraction by the same way as described for TPC analysis and was measured using the ABTS $\cdot^+$  and DPPH $\cdot$  radical as described in Bárta et al. (2021). The absorbance of the reaction mixture with ABTS $\cdot^+$  radical was measured at  $\lambda = 734$  nm and with DPPH $\cdot$  radical at 515 nm after incubation at room temperature for 30 min. All measurements were repeated three times and the results were expressed as milligrams of ascorbic acid equivalent (AAE) per gram of sample DM.

### ***Statistical analysis***

The program Statistica 12 (StatSoft, USA) was used for data analysis. Data were subjected to analyses of variance by the two-way and three-way ANOVA method and Fisher's least significant difference (LSD) to describe means with 95% confidence intervals. Differences among variants were considered significant at  $p < 0.05$  unless stated otherwise.

## **Results and Discussion**

The proximate chemical composition of milk thistle seeds, seed cakes, and cake flour in various sizes is given in Table 1. The analysis was performed for the fatted and defatted seed cakes and flour versions. The data revealed the significant effect of the processing procedure on fat content. Original milk thistle seeds contained 23.1 % of fat, and cold screw pressing lowered the level of crude oil to 4.4 % in oilseed cake flour. Significant differences were also obtained for A250 and B250 size fractions with 2.6 and 6.9 % fat content, respectively. Hexane defatting of the obtained products logically had the highest effect on fat content in all the observing products. Aziz et al. (2020) and Bárta et al. (2021) presented a range of fat content from 19 to 23 % in milk thistle seeds depending on cultivar and production located. Fat content from 26.2 to 30.7 % of DM has been found for 26 milk thistle accessions by Martinelli et al. (2016).

The combination of defatting and sieving created the potential for a significant increase in protein content. The highest protein content was found for fully defatted flour B250, reaching 38.8 % DM. In contrast, the protein contents of the B250 flour without hexane extraction was



33 % DM. This value was significantly ( $p < 0.05$ ) lower compared to defatted variants. However, sieving alone significantly increased protein content regardless of defatting in the WF and B250 variants compared to WS. Information regarding the composition and protein content of milk thistle oilseed cake flour with size grading is very limited in the literature. Protein content of 20.35% in milk thistle flour was reported after partial defatting by Apostol et al. 2017. This value corresponds to the WF flour in our study. Presented data in our study suggest that size grading combined with defatting is an essential element in increasing the protein concentration in the resulting flour of milk thistle.

The ash content was affected by sieving and slightly by defatting the flour. The fine fraction B250 in the defatted version contained 9.64 % DM, while the content in the original seeds was 4.6 % DM. Similarly, Apostol et al. (2017) have presented ash content of about 10 % in defatted flour and a range of 1.25 to 2.37 % in the seeds. The residual part of the content (mainly fiber) was affected by sieving and was significantly increased in the coarser part of the flour (A250), where fiber was accumulated. Bortíková et al. (2019) similarly presented about 45 % of polysaccharides in milk thistle flour, and the predominant part was created by dietary fiber.

The antioxidant ability of milk thistle seeds and flours was assessed by measuring total phenolic content (TPC) and antioxidant activity using ABTS and DPPH radicals. Table 2 shows the seeds' TPC at 21.9 mg GAE/g DM and antioxidant activity of 31.70 mg AAE/g DM (ABTS radical). Flour processing by defatting and sieving significantly affected the final flour product's TPC content and antioxidant activity. The lowest values of TPCs were found for the B250 fraction of fatted flour (17.3 mg GAE/g DM) as well as the antioxidant activity using ABTS (25.3 mg AAE/g DM) and DPPH radicals (13.4 mg AAE/g DM). In comparison with the protein fraction, the components with antioxidant activity were accumulated in the A250 fraction, and the defatted flour reached TPCs 49.4 GAE/g DM with a high level of antioxidant activity (ABTS of 88.3 and DPPH 34.2 mg AAE/g DM).

The results indicated the possibility of preparing various flour products by modifying the production system. Our data confirm that defatting and size fractionation is a production system suitable for the production of flours with increased protein content (e.g., ideal for gluten-free products) as well as flour with increased fibers and antioxidant activity (e.g., fortification of meat products).

**Table 1:** Oilseed cakes flour proximate composition in relation to cultivar and flour defatting

<b>Oilseed cake product</b>	<b>Crude protein (% DM)</b>	<b>Crude fat (% DM)</b>	<b>Ash (% DM)</b>	<b>Carbohydrates (% DM)</b>
WS	18.28±0.67 bc	23.08±0.74 f	4.61±0.14 bc	45.95±0.73 b
<b>Fatted flours</b>				
WF	24.77±0.50 cd	4.35±0.12 d	6.13±0.31 d	58.89±1.0 c
A250	13.23±0.62 a	2.62±0.13 c	3.53±0.12 a	75.83±0.24 f
B250	32.95±1.13 f	6.88±0.20 e	8.84±0.07 h	45.22±0.77 b
<b>Deffated flours</b>				
WF	26.16±0.23 de	0.01±0.01 a	6.16±0.28 d	61.89±0.12 d
A250	16.54±0.42 b	0.01±0.00 a	4.01±0.15 b	74.47±0.03 e
B250	38.76±0.12 g	0.77±0.18 b	9.64±0.16 e	44.52±0.54 a

WS – whole seeds of milk thistle; WF - whole oilseed cake flour; A250 - cake oilseed flour fraction above 250 µm; B250 - cake oilseed flour fraction below 250 µm; DM – dry matter. Different letters in the columns indicate a statistically significant difference at  $p < 0.05$  (Fisher's LSD test).

**Table 2:** Oilseed cakes flour total phenolic content and antioxidant activity concerning cultivar and flours defatting

<b>Oilseed cake product</b>	<b>TPC (mg GAE/g DM)</b>	<b>AA ABTS•+ (mg AAE/g DM)</b>	<b>AA DPPH• (mg AAE/g DM)</b>
WS	21.89±1.64 b	31.70±3.37 b	11.79±0.36 a
<b>Fatted flours</b>			
WF	31.51±2.07 c	46.77±2.39 cd	13.54±0.14 b
A250	37.93±2.39 d	51.34±1.03 d	13.57±0.57 b
B250	17.34±0.31 ab	25.33±0.42 a	13.39±0.82 b
<b>Deffated flours</b>			
WF	40.42±2.83 d	69.56±0.88 e	32.25±0.32 cd
A250	49.44±1.52 e	88.25±0.11 f	34.15±0.60 e
B250	18.29±0.78 ab	31.98±0.93 b	29.27±0.25 c

TPC – total polyphenolic content; AA ABTS•+ - antioxidant activity with ABTS radical; AA DPPH• - antioxidant activity with DPPH radical; WS – whole seeds of milk thistle; WF - whole oilseed cake flour; A250 - oilseed cake flour fraction above 250 µm; B250 - oilseed cake flour fraction below 250 µm; DM – dry matter. Different letters in the columns indicate a statistically significant difference at  $p < 0.05$  (Fisher's LSD test)

## Conclusion

Milk thistle is one of the most important medicinal plants, and it is also an oilseed whose oil has recently become popular among consumers. A by-product of the processing is its oilseed cakes, which are of great interest, particularly in the presence of substances that protect human health. Very little is known about the protein component of milk thistle seeds and the possibilities of variable dry processing of the oilseed cakes to obtain products with variable composition. Original milk thistle seeds contained 23.1 % fat, 18.3 % protein, 4.6 % ash, and 46 % of the rest components (carbohydrates, including fibers). All the observed parts were affected by crude oil screw pressing, hexane extraction, and subsequent flour size fractionation by sieving ( $p < 0.05$ ). The highest protein content was found for fully defatted flour of fine fraction (B250), reaching 38.8 % DM. On the contrary, the components with antioxidant activity were accumulated in the A250 fraction (coarse fraction high in fiber), and the defatted flour reached TPCs 49.4 GAE/g DM with a high level of antioxidant activity (ABTS of 88.3 and DPPH 34.2 mg AAE/g DM).

## References

- Aiking, H., de Boer, J. (2020): The next protein transition. Trends in Food Science and Technology, 105, 515–522.
- Anthony K.P., Saleh M.A. (2013): Free radical scavenging and antioxidant activities of silymarin components. Antioxidants, 2:398–407.
- Apostol L., Iorga S., Mosoiu C., Racovita R.C., Niculae O.M. (2017): The effects of partially defatted milk thistle (*Silybum marianum*) seed flour on wheat flour. Journal of International Scientific Publications, 5: 75-83.
- Arrutia F., Binner E., Williams P., Waldron K.W. (2020): Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science and Technology, 100, 88–102.
- Assatory A., Vitelli M., Rajabzadeh A. R., Legge, R.L. (2019): Dry fractionation methods for plant protein, starch and fiber enrichment: A review. Trends in Food Science and Technology, 86, 340-351.
- Aziz M., Saeed F., Ahmad N., Ahmad A., Afzaal M., Hussain S., Mohamed A.A., Alamri M.S., Anjum F.M. (2020): Biochemical profile of milk thistle (*Silybum marianum* L.) with special reference to silymarin content. Food Science and Nutrition 9:244-250.
- Bárta, J.; Bártová, V.; Jarošová, M.; Švajner, J.; Smetana, P.; Kadlec, J.; Filip, V.; Kyselka, J.; Berčíková, M.; Zdráhal, Z. (2021): Oilseed Cake Flour Composition, Functional Properties and Antioxidant Potential as Effects of Sieving and Species Differences. Foods (10): 2766.
- Ben Rahal N., Barba F.J., Barth D., Chevalot I. (2015): Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil, fatty acids and flavonolignans from milk thistle seeds: Evaluation of their antioxidant and cytotoxic activities in Caco-2 cells. Food and Chemical Toxicology, 83: 275-282.
- Nasrollahzadeh F., Roman L., Swaraj V., Ragavan K., Vidal N.P., Dutcher J.R., Martinez M. M. (2022): Hemp (*Cannabis sativa* L.) protein concentrates from wet and dry industrial fractionation: Molecular properties, nutritional composition, and anisotropic structuring. *Food Hydrocolloids*, 131, 107755.
- Ding T.M., Tian S.J., Zhang, Z.X., Gu, D.Z., Chen, Y. F., Shi, Y.H., Sun, Z.P. (2001): Determination of active component in silymarin by RP-LC and LC/MS. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 26: 155-161.
- Dzhaboeva A.S., Osepchuk D.V., Ashinov Y.N., Stolbovskaya A.A., Kochieva I.V., Khmelevskaya A.V., Bobyleva L.A., Temiraev R.B., Kokaeva M.G. (2019): Use of Thistle meal (*Silybum marianum*) as additive to improve nutritional and protective qualities of sausages, Journal of Livestock Science 10:114-117.

Khan I., Hidayat U., Ihsan U., Bangash F. (2007): Study of the physicochemical properties of *Silybum marianum* seed oil. Journal of the Chemical Society of Pakistan. 29. 545-548.

Kozderová V. (2020): Situační a výhledová zpráva léčivé, aromatické a kořeninové rostliny. Ministerstvo zemědělství ČR.

Martinelli T., Potenza E., Moschella A., Zaccheria F., Benedettelli S., Andrzejewska J. (2016): Phenotypic evaluation of a milk thistle germplasm collection: Fruit morphology and chemical composition. Crop Science 56: 3160–3172.

Rao M., Bast A., de Boer A. (2021): Valorized food processing by-products in the EU: finding the balance between safety, nutrition, and sustainability. *Sustainability*, 13, 4428, 2021.

Salgado P.R., Drago S.R., Molina Ortiz S.E., Petruccelli, S., Andrich, O., González, R. J., et al. (2012). Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) protein-enriched products obtained at pilot plant scale. LWT–Food Science and Technology, 45, 65–72.

Valková V., Ďúranová H., Bilčíková J., Habán M. (2020): Milk thistle (*Silybum marianum*): a valuable medicinal plant with several therapeutic purposes. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 9: 836-843.

Bojnanská T., Vollmannová A., Musilová, J. (2020): Milk thistle flour effect on dough rheological properties. Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences, 14: 788–797.

Bortlíková V., Kolarič L., Šimko P. (2019): Application of milk thistle (*Silybum marianum*) in functional biscuits formulation. Acta Chimica Slovaca, 12: 192-199.

### **Acknowledgements**

This work was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic (Project No. NAZV QK 1910302).

### **Contact**

doc. Ing. Veronika Bártová, Ph.D.

Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Technology, University of South Bohemia in České Budějovice, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, Czech Republic,  
e-mail: vbartova@zf.jcu.cz

# Produkce výlisků, jako možné vstupní suroviny pro výrobu bílkovinných koncentrátů

## Production of expeller cake, as possible input materials for the production of protein concentrates

*Michal Kaválek*

*Farmet a.s.*

### Abstrakt

Olej z olejnatých semen je nejčastěji získáván rozpouštědlovou extrakcí technickým hexanem. Extrahované šrotky je možné využívat jako vstupní surovinu pro výrobu proteinových koncentrátů. Výhody extrahovaných šrotů jsou zejména v nízkém obsahu reziduálního oleje, který se pohybuje do 2 %. Nevýhoda spočívá v nutnosti aplikace ropné frakce C6 uhlovodíků - hexanu. Výsledný produkt tak nemůže být označen jako organic, či bio.

Produkce výlisku na šnekových lisech je čistě mechanický způsob zpracování, kde v pracovní jednotce lisu je stlačováním olejnatých semen oddělován olej a získávána pokrutina. Výlisky obsahují 6-12% zbytkového oleje, v závislosti na použité technologii. Šnekové lisování je především vhodné pro malé a střední kapacity pro lokální produkci oleje a výlisků.

Pro produkci bílkovinných koncentrátů z výlisků je vhodné zařadit loupání. Loupáním lze dosáhnout zvýšení obsahu proteinu ve výliscích o 3 % (sója) až 21 % (slunečnice).

**Klíčová slova:** Lisování, proteinové koncentráty, loupání

### Abstract

Vegetable oil is most commonly obtained by technical hexane solvent extraction. The extracted oil can then be used as a feedstock for the production of protein concentrates. The advantages of the extracted scraps are in particular the low oil content, which is up to 2 %. The disadvantage is mainly the need to use the petroleum fraction of C6 hydrocarbons - hexane. The resulting product cannot be labelled as organic or bio.

The production of the cake on screw presses is a purely mechanical processing method, where the oil is separated in the working unit of the press by pressing the oilseeds to obtain the cake. The cake contains 6-12% residual oil, depending on the technology used. Screw pressing is particularly suitable for small and medium-sized capacities for local production of oil and pomace.

For the production of protein concentrates from pomace, it is advisable to include dehulling. Dehulling can increase the protein content of the pomace by 3 % (soybean) to 21 % (sunflower).

**Keywords:** Pressing, protein concentrates, dehulling

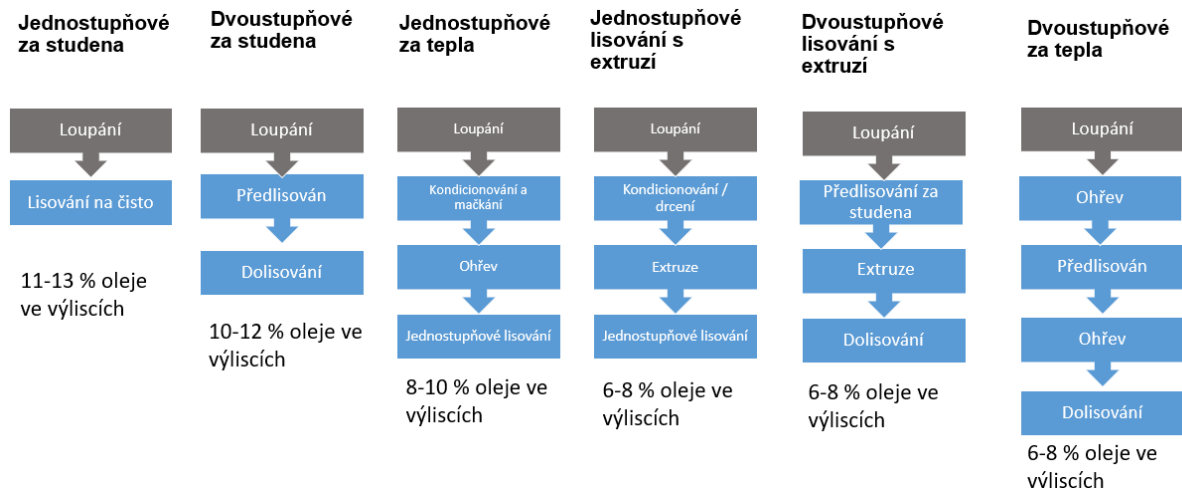
### Úvod

Současné moderní šnekové lisy jsou vícestupňové, kde vlivem změny tvaru šnekovnice v jednotlivých stupních dochází k postupnému stlačování lisovaného materiálu. Vlivem vzniklého tlaku dochází k postupnému odtoku oleje skrz odtokové štěrby v koši (ced'áku) lisu. Změna tvaru šnekovnice v jednotlivých stupních (lisovací geometrie) a nastavení šíře odtokových mezer umožňuje optimalizaci procesu lisování pro jednotlivé druhy olejnatých semen.

V praxi se nejčastěji používá členění na technologie:

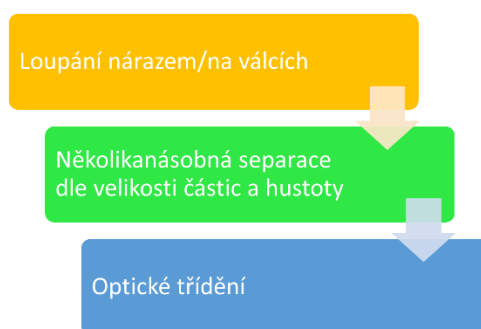
- **jednostupňové** nebo **dvojestupňové** – označuje kolika stupni lisování olejnaté semeno prochází – u dvojestupňového lisování je první lis označován jako „**předlis**“ a druhý lis jako „**dolis**“. Dvojestupňové technologie se využívají pro zvýšení výtěžnosti zvláště u olejnatých semen s vyšším obsahem oleje

- lisování **za studena** nebo **za tepla** – označuje, zda je použit ohřev semen před lisováním
- lisování **s extruzí** – v technologiích lisování je možné s výhodou použít extrudér, který je schopný za krátký čas ohřát semeno při vysokém tlaku a teplotě. Na výstupu z extrudéru dochází vlivem změny tlaku k roztrhání buněk, což vede k snazšímu a tím uvolněním oleje v následném kroku lisování.



Obrázek 1 - Konfigurace technologie šnekového lisování

Pro zvýšení obsahu proteinu (snížení obsahu vlákniny) ve výliscích se používá technologie loupání. V této technologii dochází k rozbití semen nárazem, případně drcením mezi válci a k následné několikanásobné separaci na síťovém třídíči na základě velikosti částic, případně dále na koncentrátorech a gravitačních stolech na základě hustoty a v aspiračních skříních proudem vzduchu. Pro 100% čistotu jader je nutné použít optický třídíč.



Obrázek 2 - Získávání 100% loupané slunečnice

## Materiál a metody

Pro hodnocení výsledků byly použity data z odběrů vzorků z různých technologií lisování a loupání s lisováním, které byly realizovány společností Farnet a.s. Obsah oleje byl stanoven dle normy ISO 734:2023, vlhkost dle ISO 665:2020, protein dle ISO 5983-1, stanovení hrubé vlákniny dle ISO 5498, stanovení ADF ISO 13906, stanovení NDF dle ISO 16472.

## Výsledky a diskuze

V rámci studie byly odebrány vzorky výlisků řepky, slunečnice, sóji a konopí z různých technologií společnosti Farnet. Byly porovnány průměrné hodnoty obsahu proteinů ve výliscích z loupaných a neloupaných semen. Průměrné hodnoty jsou uvedeny níže.

Tabulka 1 - Konvenční částečné odslupkování semen

	Neloupané výlisky - obsah proteinu v sušině [%]	Částečně vyloupané výlisky - obsah proteinu – v sušině [%]
Řepka	41	46
Slunečnice	31	44
Sója	45	48
Konopí	34	41

Použití plně vyloupané slunečnice pro šnekové lisování vede k významnému zvýšení obsahu proteinu ve výliscích oproti neloupané slunečnici (31 %) a částečně vyloupané konvenční technologií (44 %). Výlisky z čistě vyloupané slunečnice dosahují 55 % proteinu v sušině.

Tabulka 2 - Parametry čistě vyloupané slunečnice

Parametr	
Protein [g/kg DM]	545
Olej [g/kg DM]	117
Hrubá vláknina [g/kg DM]	80
ADF [g/kg DM]	91
NDF [g/kg DM]	128
Popeloviny [g/kg DM]	55

## Závěr

Šnekové lisování bude i dál koexistovat vedle technologie získávání rostlinných olejů chemickou cestou – extrakcí, které dnes činí zhruba 95% objemu produkce rostlinných olejů na světě. S růstem polarity lokálního zpracování zemědělských komodit a zpracování potravin bez chemikálií bude zpracování olejnin šnekovým lisováním získávat na popularitě a tím i zvyšovat podíl na objemu zpracovávaného oleje.

Poroste využití výlisků pro potravinářské aplikace. Bude kladen důraz na zvýšení obsahu proteinu. Výlisky jsou také zajímavou vstupní surovinou pro výrobu bílkovinných koncentrátů, izolátů a pro výrobu rostlinných analogů masa.

## Dedikace

Príspevek byl vypracován v rámci aktivit projektu TAČR Trend 6 FW06010014 VaV technologie výroby bílkovinných koncentrátů z pokrutin olejnatých semen.

**Kontakt**

Michal Kaválek

Farmet a.s,

Jiřinková 276

552 03 Česká Skalice

778 521 826, [m.kavalek@farmet.cz](mailto:m.kavalek@farmet.cz)



# Zpracování semen konopí setého (*Cannabis sativa* L.) ve společnosti HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.

## Processing of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds in HEMP PRODUCTION CZ, Ltd.

*Václav Říha, Zlataše Krejčová*

*HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.*

### **Abstrakt**

Příspěvek představuje význam a nutriční přínosy semen konopí setého a jeho zpracování ve společnosti HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o. Příspěvek poskytuje základní informace o posklizňové úpravě semen, jejich skladování a následném mechanickém lisování za šetrných podmínek. V dalších částech příspěvku je zmíněna úprava získaného surového oleje filtrováním a zpracování výlisků jako vedlejších produktů lisování semen. Velmi důležitá je praktická zkušenost zpracování výlisků pomocí mletí a prosévání, jehož výsledkem jsou dva kvalitní produkty – výlisková mouka a protein s obsahem bílkovin kolem 50 %.

**Klíčová slova:** konopné semeno, zpracování, lisování, konopná mouka, konopný protein

### **Abstract**

The contribution presents the importance and nutritional benefits of hemp seeds and their processing in the company HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o. The contribution provides basic information on post-harvest seed treatment, storage and subsequent mechanical pressing under gentle conditions. In other parts of the contribution, the treatment of the obtained crude oil by filtering and the processing of oilseed cake as by-products of seed pressing are mentioned. Very important is the practical experience of processing the oilseed cake by milling and sieving, which results in two quality products – oilseed cake flour and protein with a protein content of around 50 %.

**Keywords:** hemp seed, processing, pressing, hemp flour, hemp protein

### **Úvod**

Konopná semena a olej z nich připravený jsou jedním z nejlepších zdrojů esenciálních mastných kyselin především omega-3  $\alpha$ -linolenové kyseliny a omega-6 linolové kyseliny, které jsou zastoupeny v konopném oleji v ideálním poměru pro lidský organizmus, tedy zhruba v poměru 1 : 2,5-3,5 (Leonard et al., 2020; Farinon et al., 2020). Semena jsou tvořena z 20-25 % bílkovinami, v kterých je obsaženo 60–80 % hlavního zásobního 11S globulinu edestinu (Wang, Xiong, 2019; Farinon et al., 2020). Výhodou konopných semen je skutečnost, že neobsahují lepek a jejich bílkoviny vykazují nízkou alergenicitu (Mamone et al., 2019). V semenech je zastoupeno také velké množství vitamínů, minerálů a antioxidantů (Burton et al., 2022). Kromě oleje jsou semena, pro uvedené nutriční výhody a jemnou oříškovou chuť, zpracovávána loupáním za účelem přímé konzumace a jako surovina do dalších potravinářských výrobků (sušenek, čokolád, různých tyčinek, pečiva apod.). Pro potravinářské využití je současným trendem zpracovávat semenné výlisky na mouky a koncentráty (izoláty) bílkovin (Bárta et al., 2021; Burton et al., 2022).

### **Posklizňová úprava a skladování semen**

Základem pro udržení kvality konopných semen jako potraviny je nezbytná rychlá posklizňová úprava. Nejdéle do čtyř hodin po sklizni musí být semena předčištěna a následně sušena. Semena se suší na vlhkost 7 %. Takto ošetřená semena je možné uložit v kontejnerech a uskladnit v temperovaném skladu při teplotě 10 °C a vlhkosti 60 %. Při dodržení dané teploty

a vlhkosti skladu je možné skladovat semena 1-3 roky s udržením hlavních kvalitativních parametrů.

Několik let praxe nám ukázalo, jak složité je zpracovávat konopné semeno, které obsahuje až 30% oleje a při nedodržení skladovacích a následných zpracovatelských postupů snadno oxiduje a je tak nepoužitelné pro potravinářské využití. Pořízením temperovaného skladu, kde je udržována potřebná teplota a vlhkost, tak můžeme zaručit kvalitu konopného semene.

### **Loupání semen**

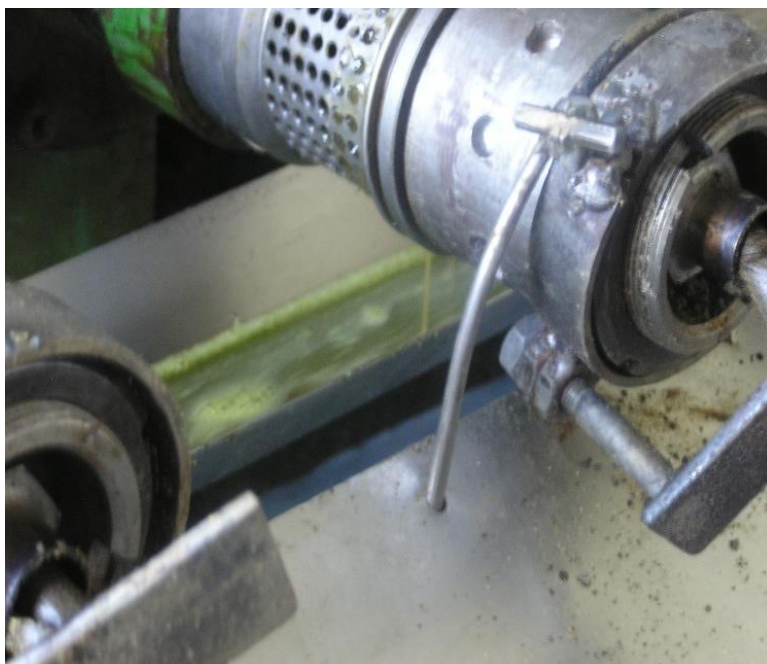
Část sklizených či skladovaných semen je ve společnosti HEMP PRODUCTION CZ, s. r. o. (HP) podrobena loupání tedy operaci při které je odstraňována tvrdá slupka (oplodí a část osemení). Loupání umožňuje přímou konzumaci semen, resp. jejich lepší uplatnění při výrobě potravinářských výrobků. Pro loupání je používán speciální loupací stroj. Loupací zařízení jsme museli upravit tak, aby konopná semena, která mají specifický tvar byla loupána správně. Před samotným loupáním musí být semena opět pročištěna a následně kalibrována na pneumatickém třídíči (viz obr. 1). Do loupacího stroje je potřebná frakce semen o velikosti 3-3,15 mm. Ostatní frakce semen jsou uskladněny a připraveny k následnému potravinářskému zpracování dle potřeby jako je např. lisování.



**Obr.1** Pneumatický třídíč (foto Krejčová)

### **Lisování oleje a jeho následné ošetření**

Ve společnosti HP jsou konopná semena zpracována na lisech značky Monforts (viz obr 2). Před samotným lisováním semen se lis musí zahřát na provozní teplotu. Semena se lisují při teplotě maximálně 40°C aby si olej zachoval co nejvíce hodnotných látek a zajímavé chuťové vlastnosti. Olej je stáčen do usazovacích nádob a po usazení kalu je filtrován pomocí deskových filtrů (viz obr. 3). Konopný olej jsme nejprve začali filtrovat pomocí svíčkových filtrů, které se ale po krátkém čase zanášely a filtrování tak nebylo efektivní. Po mnoha zkouškách různých filtrovacích zařízení se osvědčily deskové filtry.



**Obr. 2** Lisovací hlava lisu Monforts (foto Říha)



**Obr. 3** Deskový filtr používaný pro filtraci olejů (foto Krejčová)

Po filtrování je olej uskladněn v chladném skladu při stálé teplotě 12 °C. Podle potřeby je stáčen do lahví, opatřen ochrannou atmosférou dusíku a připraven k expedici.

Výlisky z lisování jsou uskladněny v chladném skladu. Přibližně po dvou týdnech dochází k přirozenému odparu zbytkové vlhkosti a výlisky jsou připraveny k dalšímu zpracování.

### **Produkce konopných mouk a proteinů**

Dalším zpracováním výlisků je mletí konopných výlisků k získání konopné mouky. Výlisky se melou na kameninovém kruhovém mlýnu a poté následuje prosévání na vibračních sítích (viz obr. 4). Síta jsou v několika  $\mu\text{m}$  variantách. K získání frakce výliskové mouky s vyšším

obsahem proteinu používáme vibrační síta z nerezové oceli, která mají velikost ok 340  $\mu\text{m}$ . Proséváním na sítu 340  $\mu\text{m}$  získáme frakci, která obsahuje až 50 % proteinu a je tak na stejné úrovni jako nabízené zahraniční produkty označované „hemp protein“. Postupem času získaná zkušenost se zaváděním mletí a proséváním výliskové mouky ukázala, že i při těchto procesech je nutné pořídit mlýn a síta, která eliminují zalepování ok síta výliskovou moukou v důsledku jejího obsahu zbytkového tuku kolem 10 %. K finalizaci mouky s obsahem 50 % proteinu výrazně přispělo řešení výzkumného projektu MZe č. QK 1910302. Detaily k dané problematice jsou dostupné v certifikované metodice (Bárta et al., 2022), kde jsou komplexně uvedeny možné metody koncentrace bílkovin z výchozí výliskové mouky olejnin.

Konopný protein prodáváme balený po 300 g (viz obr. 5) a je určen především sportovcům, rekonvalescentům, vegetariánům. Konopná mouka (jako další produkt vyrobený z konopných



**Obr. 4** Zařízení pro prosévání pomleté vstupní výliskové mouky pro vznik frakcí s různým obsahem bílkovin



**Obr. 5** Konopný protein společnosti HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.

výlisků) je určena pro výrobu pekařských, cukrářských a těstovinových produktů. Vzhledem k výživovým hodnotám konopné mouky, jsou výrobky obohaceny o protein, vlákninu nenasycené mastné kyseliny, vitamíny a minerály. Konopná mouka, která neobsahuje lepek se přidává k ostatním moukám v poměru 10–20 %.

## Závěr

Za předpokladu dodržení posklizňových, skladovacích a zpracovatelských podmínek lze získat surovinu se skvělými nutričními hodnotami a širokým využitím v potravinářském průmyslu. Konopné semeno a z něj vyrobené produkty najdou využití v pekařské, cukrářské, mlékárenské nebo uzenářské výrobě. Vhodné jsou i pro přímou konzumaci.

## **Dedikace**

Príspevek vznikl s podporou MZe v rámci řešení výzkumného projektu QK 1910302.

## **Literatura**

Bárta J. et al. (2022): Optimalizované postupy a metody zpracování semen vybraných minoritních olejnin na olej a zušlechtěné výrobky z výlisků. Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 93 s. (ISBN: 978-80-7394-955-6). [Optimalizované postupy a metody zpracování semen vybraných minoritních olejnin na olej a zušlechtěné výrobky z výlisků \(agronavigator.cz\)](#)

Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J. (2021): Proteins of oilseed cakes, their isolation and usage possibilities. *Chemické Listy*, 115: 472–480 (In Czech).

Burton, R.A., Andres, M., Cole, M. et al. (2022): Industrial hemp seed: from the field to value-added food ingredients. *Journal of Cannabis Research*, 4: 45.

Farinon B, Molinari R, Costantini L, Merendino N. The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*, 12: 1935.

Mamone G., Picariello G., Ramondo A., Nicolai M. A., Ferranti P. (2019): Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates. *Food Research International*, 115: 562-571.

Wang Q., Xiong, Y. L. (2019): Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18: 936-952.

## **Kontakt**

Zlataše Krejčová

HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.

Chraštica 7, 262 72

+420 732 222 475

krejcova@ekonopi.cz



# Proteomika olejnatých semen a jejich výlisků

## Proteomics of oilseeds and their cakes

*Pavel Roudnický<sup>1</sup>, Zbyněk Zdráhal<sup>1</sup>, Markéta Jarošová<sup>2</sup>, Veronika Bártošová<sup>2</sup>, Jan Bárta<sup>2</sup>*

*1 Středoevropský technologický institut, Masarykova univerzita, Kamenice 5, 625 00 Brno*

*2 Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,*

*Studentská 1668, 370 05 České Budějovice*

### Abstrakt

Vzorky semen konopí setého (odrůdy Santhica 27 a USO 31) a lnu (odrůdy Agriol, Raciol, Libra), výlisků a odvozených derivátů byly analyzovány s cílem zhodnocení jejich proteinového složení. Ve vzorcích konopí bylo identifikováno 2832 proteinových skupin. U lnu to bylo pouze 538 proteinových skupin díky chybějící znalosti proteinových sekvencí. Dle očekávání měla nejvyšší relativní zastoupení skupina zásobních proteinů. Proteinové složení výlisků bylo obdobné jako u celého semene.

**Klíčová slova:** konopí seté, len setý, LC-MS/MS

### Abstract

Seed samples of industrial hemp (cultivars Santhica 27 and USO 31) and flax (cultivars Agriol, Raciol, Libra), oilseed cakes and derived products were analysed with the aim to evaluate protein composition of the samples. We identified 2832 protein group in hemp samples. We identified only 538 protein groups in flax samples due to incomplete knowledge of flax protein sequences. As expected, the most abundant protein group was seed storage proteins. Protein composition of cakes was similar to the whole seed.

**Keywords:** industrial hemp, flax, LC-MS/MS

### Úvod

Výlisky olejnatých semen po vylisování oleje jsou velmi často odpadním materiálem, přestože obsahují řadu zdraví prospěšných látek včetně proteinů (Nevara et al., 2022). Znalost proteinového složení u těchto výlisků je důležitá pro jejich další využití, jak z hlediska výživového či pro verifikaci použitých surovin v potravinářských výrobcích (Kotecka-Majchrzak et al., 2021), tak i z hlediska případných zdravotních rizik, např. alergie (Mamone et al., 2019). V práci byly analyzovány vzorky vybraných odrůd konopí setého a lnu setého s cílem zhodnocení jejich proteinového složení, jak u celých semen, tak i u jednotlivých částí semene a zejména výlisků semen, resp. zjistit změny ve složení v závislosti na zpracování semen.

### Materiál a metody

Jednotlivé výchozí vzorky semen, výlisků a jejich derivátů z odrůd konopí setého (*Cannabis sativa* L.) a odrůd lnu setého olejného (*Linum usitatissimum* L.) byly dodány z pracoviště FZT JU.

Proteiny z 10 mg vzorku (triplikáty) byly extrahovány pomocí SDT pufru (4 % SDS, 0.1M DTT, 0.1M Tris/HCl, pH 7.6) v termomixéru (Eppendorf ThermoMixer C, 2 h, 95 °C, 1000 rpm). Poté byly vzorky odstředěny (10 min, 20,000 x g) a supernatant (cca 100 ug proteinové směsi) byl použit pro digesci na filtračních kolonkách (FASP) za použití 0,75 µg trypsinu (sequencing grade; Promega). Výsledné peptidy byly analyzovány pomocí LC-MS/MS.

LC-MS/MS analýzy byly provedeny na systému složeném z kapalinového chromatografu UltiMate 3000 RSLCnano (Thermo Fisher Scientific) a hmotnostního spektrometru Orbitrap Exploris 480 (Thermo Fisher Scientific). Před separací byly tryptické peptidy zkoncentrovány

a odsoleny na předkoloně (Acclaim PepMap 100 C18, 300 µm vnitřní průměr, 5 mm dlouhá, 5 µm částice, Thermo Fisher Scientific). Po promytí byly peptidy eluovány na analytickou kolonu (EASY-Spray kolona, 75µm vnitřní průměr, 250 mm dlouhá, 2µm částice, Thermo Fisher Scientific) během 90 min gradientového programu (průtok 300 nl.min<sup>-1</sup>, 3-80 % mobilní fáze B; mobilní fáze A: 0.1 % FA ve vodě; mobilní fáze B: 0.1 % FA v 80 % ACN).

MS data byla naměřena pomocí data-dependent strategie (doba cyklu 2 s). Rozsah MS skenu byl  $m/z$  350-2000 s rozlišením 120,000 (při  $m/z$  200), normalizovanou cílovou hodnotou 250 % a maximální dobou akumulace iontů 500 ms. HCD MS/MS spektra (izolační okno  $m/z$  1.2, 27 % relativní fragmentační energie) byly měřeny od  $m/z$  120 s relativní cílovou hodnotou 50 % (práh intenzity  $5 \times 10^3$ ), rozlišení 15,000 (při  $m/z$  200) a maximální dobou akumulace iontů 50 ms. Dynamická exkluze byla povolena na 45 s.

Pro vyhodnocení dat byl použit program MaxQuant. Prohledávání bylo provedeno proti proteinovým databázím obsahujícím sekvence *Cannabis sativa*, resp. *Linum tenue* a *Linum usitatissimum*, a cRAP kontaminanty.

## Výsledky a diskuze

### **Charakterizace vzorků konopí setého**

Vzorky semenných výlisků a jejich derivátů odvozených při přípravě bílkovinných koncentrátů byly pro proteomickou analýzu připraveny ze semen dvou odrůd konopí setého - Santhica 27 (SAN) a USO 31 (USO). Byla zpracována, jak celá semena, tak i loupaná semena, slupky (oplodí s vrstvou osemení) a výlisky semen s cílem získat informaci o proteinovém složení v jednotlivých typech vzorků. Typy vzorků a jejich zpracování jsou shrnuty v tabulce 1. Pro obě odrůdy byly připraveny identické sady vzorků.

Všechny typy vzorků (CS, V, S, L) byly analyzovány ve formě neodtučněné i odtučněné mouky. Doplnkové extrakce balastních látek vodou resp. vodou s upravenou reakcí byly připraveny pouze z odtučněné mouky loupaných semen, čímž z této mouky vznikly proteinové koncentráty (vzorky L-P, L-IP). Analyzovány byly i odpovídající supernatanty z doplnkových extrakcí (s ohledem na monitoring změn proteinového spektra). Všechny varianty vzorků byly připraveny v triplicátech. Celkem bylo analyzováno 72 vzorků (replikátů).

Výsledkem zpracování dat byla identifikace 2832 proteinových skupin (v rámci celého datasetu), u kterých bylo na základě naměřených intenzit určeno relativní zastoupení jednotlivých proteinových skupin v daném vzorku.

Dle literárních předpokladů (Kotecka-Majchrzak et al., 2021) byly kvantitativně nejvíce zastoupenou skupinou zásobní proteiny – globuliny. Přičemž dva proteiny „Cupin type-1 domain-containing protein“ (A0A7J6DTA7 a A0A7J6GWL5) patřící do skupiny „11S seed storage protein (globulins) family“ pravděpodobně představující 11S zásobní globulin edestin (Mamone et al., 2019; Sun et al., 2021) tvoří více než polovinu proteinového obsahu mouk

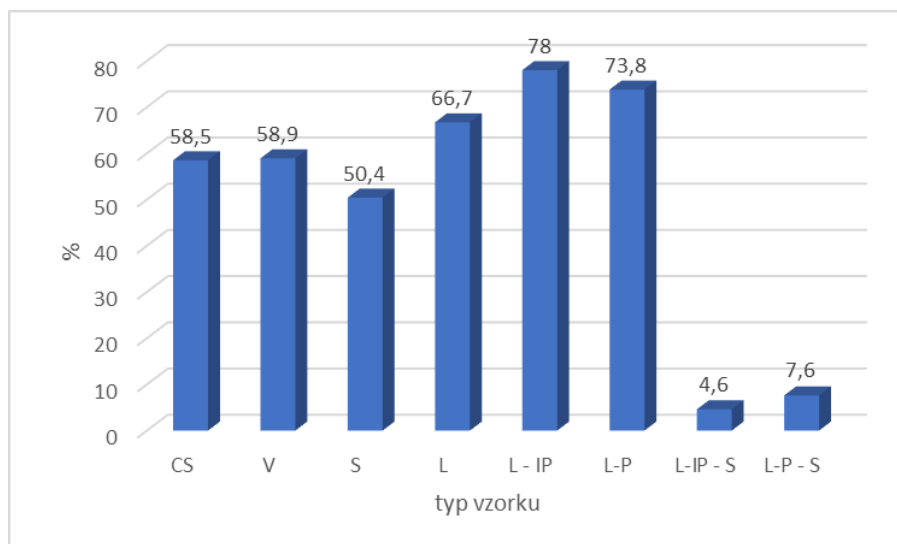
Tab.1 Přehled typů analyzovaných vzorků a způsobů jejich zpracování

Typ vzorků	Způsob zpracování
Celé semeno (CS)	Mouka z celých semen – varianta neodtučněná a odtučněná hexanem
Výlisek (V)	Mouka z výlisků – varianta neodtučněná a odtučněná hexanem
Slupka (S)	Mouka ze slupek – varianta neodtučněná a odtučněná hexanem
Loupané semeno (L)	Mouka z loupaných semen po lisování – varianta neodtučněná a odtučněná hexanem
Loupané semeno + extrakce vodou (L-P)	Odtučněná mouka z loupaných semen + extrakce balastních látek vodou (proteinový koncentrát)
Loupané semeno + extrakce vodou s upravenou reakcí na pH 5 (L-IP)	Odtučněná mouka z loupaných semen + extrakce balastních látek vodou s upravenou reakcí na pH 5 (proteinový koncentrát)
Supernatant – voda (L-P-S)	Supernatant po extrakci vodou
Supernatant – voda s upravenou reakcí na pH 5 (L-IP-S)	Supernatant po extrakci vodou s upravenou reakcí na pH 5

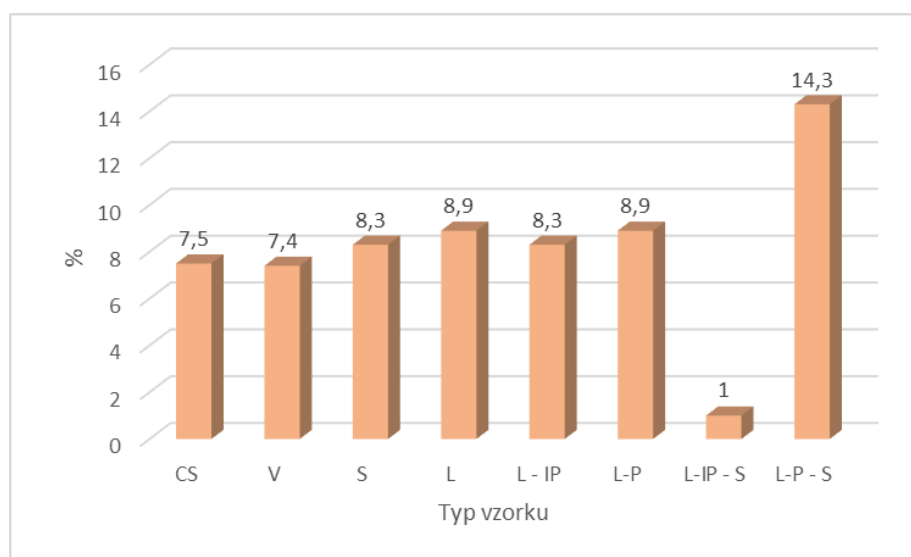
z celých semenech obou odrůd (neodtučněná mouka: SAN – 54,4 %, USO – 58,1 %; odtučněná mouka: SAN – 58,5 %, USO – 62,9 %). Relativní zastoupení těchto dvou majoritních globulinů je zachováno i ve výliscích semene po vylisování oleje (V), mírně vyšší obsah byl pozorován u loupaného semene (L) a nejvyšší podíl těchto globulinů byl detekován u vzorků s doplňkovou extrakcí balastních látek (L-IP, L-P), což naznačuje možnost obohacení o tyto globuliny, resp. odstranění jiných proteinových složek (ve vodě rozpustných) tímto způsobem přípravy finálního proteinového koncentráту. Suma relativního zastoupení dvou hlavních globulinů v jednotlivých typech odtučněných vzorků u odrůdy Santhica 27 je znázorněna na obr. 1.

Další významně zastoupenou skupinou jsou oleosiny, proteiny spojené s olejovými tělísky (Garcia et al., 2021). Jejich relativní zastoupení je výrazně nižší než u globulinů. Tři nejvíce zastoupené oleosiny (A0A7J6EJ89, A0A7J6F0Y4 a A0A7J6H4F6) tvoří přibližně 7 – 9 % u obou hodnocených odrůd. Obdobně jako u globulinů je relativní zastoupení těchto složek zachováno i ve výliscích semen. Zastoupení v jednotlivých typech odtučněných vzorků u odrůdy Santhica 27 je přibližně stejné (obr. 2). Navýšení relativního zastoupení lyofilizovaného supernatantu vzniklé extrakcí balastních látek vodou nebylo potvrzeno u vzorků stejného typu odrůdy USO 31 a zřejmě půjde o nespolehlivý výsledek, který musí být dále ověřen.





Obr. 1 Suma relativního zastoupení dvou majoritních globulinů (A0A7J6DTA7 a A0A7J6GWL5) v analyzovaných odtučněných typech vzorků u odrůdy Santhica 27. Označení vzorků viz. tab. 1, vzorky s příponou S jsou odpovídající lyofilizované extrakty balastních látek.



Obr. 2 Suma relativního zastoupení tří nejvýznamnějších oleosinů (A0A7J6EJ89, A0A7J6F0Y4 a A0A7J6H4F6) v analyzovaných odtučněných typech vzorků u odrůdy Santhica 27. Označení vzorků viz. tabulka 1, vzorky označené příponou S jsou odpovídající lyofilizované supernatanty (extrakty balastních látek) ke vzorkům L-P a L-IP.

Vedle těchto dvou hlavních skupin, které tvoří cca 65 % celkového obsahu proteinů v semeni, resp. jeho výlisku a ostatních derivátů byly identifikovány různé další třídy proteinů včetně enzymů, obvykle jako minoritní složky, cca 97 % identifikovaných proteinů (cca 2750 proteinů) tvoří pouze 15 % relativního obsahu proteinů, zatímco cca 70 proteinových skupin tvoří 85 %.

### **Charakterizace vzorků lnu setého olejného**

Vzorky odtučněné mouky z celého semene, frakce jemné mouky (pod 250 µm) a proteinového izolátu tří odrůd olejného lnu (Agriol, Raciol, Libra) byly analyzovány identickým způsobem jako vzorky konopí. Avšak analýza vzorků lnu byla ztížena chybějící znalostí proteinových sekvencí lnu setého (*Linum usitatissimum* L.), která je zásadní pro identifikaci proteinů s využitím hmotnostní spektrometrie. K identifikaci byla proto využita databáze sekvencí příbuzného druhu *Linum tenue*. Výsledkem zpracování dat byla identifikace 538 proteinových skupin alespoň s jedním unikátním peptidem (v rámci celého datasetu). Avšak u naprosté většiny identifikovaných položek chybějící anotace neumožnila spolehlivé označení biologického významu proteinů. Navíc seznam identifikovaných proteinů neodráží kompletní proteinové složení ve vzorcích díky použití sekvencí proteinů z jiného druhu.

Dle předpokladu je pravděpodobně nejvíce zastoupeným proteinem u všech typů vzorků opět globulin (CAI0432378.1, 11S seed storage protein).

### **Závěr**

Byly získány informace o proteinovém složení a relativním zastoupení v jednotlivých typech vzorků odvozených ze semen konopí a částečně i lnu. Analýza prokázala obdobné proteinové složení u výlisků a dalších produktů jako celých semen s převládajícím obsahem zásobních proteinů (11S seed storage proteins). Výsledky potvrzují možnost využití výlisků a bílkovinných koncentrátů jako hodnotného zdroje proteinů.

### **Dedikace**

Práce byla financována Ministerstvem zemědělství v rámci výzkumného projektu QK1910302. Využití LC-MS/MS instrumentace infrastruktury CIISB ve sdílené laboratoři Proteomika, CEITEC-MU, bylo podpořeno projektem MŠMT (LM2023042).

### **Literatura**

- Garcia F. L., Ma S., Dave A., Acevedo-Fani A. (2021): Structural and Physicochemical Characteristics of Oil Bodies from Hemp Seeds (*Cannabis sativa* L.). *Foods* 10: 2930.
- Mamone G., Picariello G., Ramondo A., Nicolai M.A., Ferranti P. (2019): Production, digestibility and allergenicity of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolates. *Food Research International* 115: 562-571.
- Nevara G. A., Ibrahim S. G., Muhammad S. K. S., Zawawi N., Mustapha N. A., Karim R. (2023): Oilseed meals into foods: an approach for the valorization of oilseed by-products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63: 23, 6330-6343.
- Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. (2021): Proteomic analysis of oilseed cake: a comparative study of species-specific proteins and peptides extracted from ten seed species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101: 297-306.
- Sun X., Sun Y., Li Y., Wu Q. and Wang L. (2021): Identification and Characterization of the Seed Storage Proteins and Related Genes of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Nutrition* 8: 678421.

### **Kontakt**

prof. RNDr. Zbyněk Zdrahal, Dr.  
Středoevropský technologický institut, Masarykova univerzita,  
Kamenice 5, 625 00 Brno  
5449498258, zdrahal@sci.muni.cz

# Využití přírodních antioxidantů v pekařských výrobcích

## Influence of natural antioxidants on selected quality indicators of bakery products

*František Lorenc<sup>1</sup>, Markéta Jarošová<sup>2</sup>, Jan Bedrníček<sup>1</sup>, Jan Bárta<sup>2</sup>, Veronika Bártoová<sup>2</sup>,  
Jaromír Kadlec<sup>1</sup>, Pavel Smetana<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů*

<sup>2</sup>*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Katedra rostlinné výroby*

### Abstrakt

Ostropestřec mariánský je tradiční léčivá rostlina využívaná k prevenci a léčbě jaterních onemocnění. Polyfenolové biologicky aktivní sloučeniny silymarinového komplexu vykazují především hepatoprotektivní a antioxidantní aktivity. Cílem tohoto výzkumu bylo zhodnocení vlivu přídatku výliskové mouky semen ostropestřce na vybrané kvalitativní parametry bezlepkového chleba. Dle naší receptury byly upečeny chleby s přídatkem výliskové mouky a kontrolní chleby bez přídatku. Pro obohacení chleba byla použita výlisková mouka různých velikostních frakcí. Byla stanovována antioxidantní aktivita chlebového těsta a upečených chleba prostřednictvím zhášecí aktivity vůči radikálu DPPH. Zhášecí aktivity vzorků obohaceného chleba byly až dvakrát vyšší než u kontrolních chleba a proces pečení významně neovlivnil antioxidantní kapacitu.

**Klíčová slova:** ostropestřec mariánský; chléb; DPPH; polyfenoly

### Abstract

Milk thistle is a traditional medicinal plant used to treat liver problems. The polyphenolic bioactive compounds of the silymarin complex are responsible mainly for hepatoprotective and antioxidant activities. This research aimed to observe the effect of fortification by oilseed cake flour of milk thistle on the selected qualitative parameters of gluten free bread. According to our recipe, the gluten-free control and fortified loaves of bread were baked. For the fortification was used the milled oilseed cake of various size fractions. The antioxidant activities of bread dough and baked loaves were measured via scavenging of DPPH radical. The scavenging activities of fortified bread were up to double times higher than control bread, and the baking process did not affect the antioxidant capacity significantly.

**Keywords:** milk thistle; bread; DPPH; polyphenols

### Úvod

Bohatým rostlinným přírodním zdrojem antioxidantů je zejména ostropestřec mariánský. Jedná se o léčivou rostlinu patřící do čeledi hvězdčovitých. Původně se vyskytovala v oblasti Středomoří, Malé a Přední Asie, postupně však také v Evropě (Slavík et al., 2004). Mezi jeho nejvýznamnější polyfenoly patří taxifolin, sylichristin, silydianin, silybin A a B a isosilbin A a B (Kim et al., 2003), které se vyznačují antioxidantní, antimikrobiální a protizánětlivou aktivitou (Zheng et al. 2009; Shah et al., 2020). Při zpracování jeho semen vzniká odpadní produkt – výlisky. Ty jsou obvykle zkrmovány hospodářskými zvířaty, ale jejich využití je i v potravinářské výrobě, kde mohou být donátorem silymarinu, významných a zdravotně prospěšných sloučenin (Stasnik et al., 2020). Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, zda lze využít přídatku výlisků ze semen ostropestřce mariánského do pekařských výrobků (bezlepkový chléb) ke zvýšení antioxidantní aktivity výsledného produktu.

## Materiál a metody

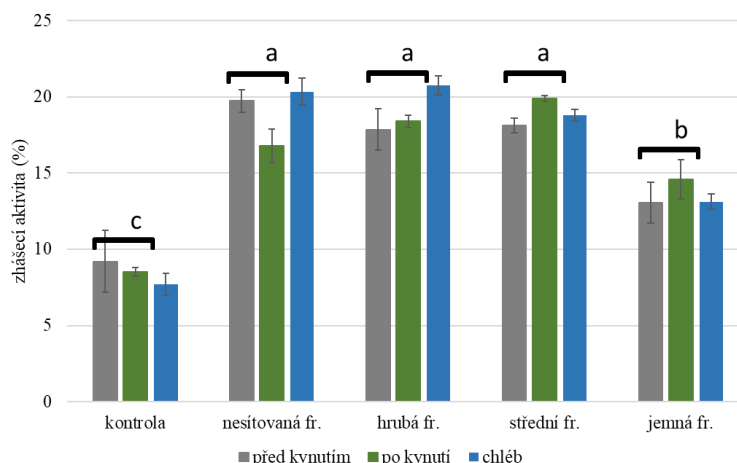
Pro výrobu bezlepkových chlebů byla sestavena receptura, jejíž základem byla směs bezlepkových mouk (kukuřičná, čiroková, tapioková a guarová) a dále pitná voda, olej, jedlá sůl a lyofilizované kvasnice. Těsto bylo hněteno na hnětacím robotu ETA Storio (ETA, Česká republika) po dobu 20 minut a při rychlosti hnětacího háku 3 při pokojové teplotě. Těsto (600 g) bylo naplněno do plechových forem s nepřilnavým povrchem a vloženo do konvektomatu Convothemr MAXX PRO easy Touch EB6.10 Boiler (Convothemr Elektrogeräte GmbH, SRN). Doba kynutí byla nastavena na 60 minut při 33 °C s následným pečením po dobu 46 minut při 170 °C. V případě obohacených chlebů bylo 10 % podílu sypké směsi nahrazeno moukou získanou homogenizací výlisků semen ostropestřce (OVM) po lisování oleje. Po homogenizaci výlisků byla OVM separována pomocí kalibrovaných sít do tří velikostních frakcí: hrubá frakce (>0,71 mm), střední frakce (0,315-0,71 mm) a jemná frakce (<0,315 mm). Pro obohacení chlebů byla použita rovněž nesítovaná frakce původní OVM. Získané velikostní frakce a nesítovaná frakce byly následně přemlety na jemnou mouku jednotné zrnitosti. Po upečení byly chleby ochlazeny, homogenizovány (kůrka i střáda dohromady) a následně lyofilizovány. Lyofilizované vzorky byly extrahovány v 80% methanolu (200 mg vzorku, 10 ml roztoku) po dobu 2 hodin v ultrazvukové lázni ENETRON ULTRASONIC (Enetron, Itálie), cetrifugován (Hettich, SRN). Supernatant byl uchován při teplotě -20 °C. Antioxidační aktivity byly stanoveny pomocí spektrofotometrické modifikované metody dle Lachmana et al. (2006) využívající zhášení radikálu DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl). Absorbance roztoku činila 0,8 při vlnové délce 515 nm. Pracovní roztok radikálu DPPH o koncentraci 2,5 mg/l a výsledný vzorek byly inkubovány po dobu 120 minut při pokojové teplotě. Úbytek absorbance byl následně měřen při vlnové délce 515 nm. Jako slepý vzorek byl použit čistý methanol. Antioxidační aktivity byly vyjádřeny jako zhášecí aktivita v podobě úbytku absorbance pracovního roztoku radikálu se vzorkem, vlivem působení antioxidantů, dle vzorce:

$$\begin{aligned} & \text{zhášecí aktivita (\%)} \\ & = \left( \frac{A_{515} \text{ kontroly} - A_{515} \text{ vzorku}}{A_{515} \text{ kontroly}} \right) \times 100 \end{aligned}$$

Výsledky prezentované v rámci tohoto příspěvku jsou uváděny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Získaná data byla statisticky vyhodnocena v programu Statistica 12 (StatSoft, ČR) dvoufaktorovou analýzou rozptylu (dvoucestná ANOVA) s *post hoc* Tukey HSD testem pro porovnání dílčích skupin. Pro porovnání rozdílů ve zhášecích aktivitách u chlebů v závislosti na typu OVM byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (jednocestná ANOVA). Rozdíly byly považovány za statisticky významné, pokud  $p < 0,05$ .

## Výsledky a diskuze

Bojňanská et al. (2020) uvádějí odlišné reologické vlastnosti těst vyrobených pouze z pšeničné a žitné mouky v porovnání s pšenično-žitným těstem obohaceným o 5-15% přídavek OVM z ostropestřce mariánského. Na základě výsledků antioxidačních aktivit (Graf 1) byla pozorována statisticky významně vyšší zhášecí aktivita u těst (před kynutím, po kynutí) a chlebů s přídávkem OVM oproti kontrolním variantám (Dunnettův test,  $p < 0,05$ ), přičemž nárůst byl zhruba jeden a půl až dvojnásobný.



pozn. odlišná písmena nad skupinami značí statisticky významnou odlišnost frakcí (Tukeyho t.,  $p < 0,05$ )  
kontrola = kontrolní varianta bezlepkového (BL) chleba bez přídavku výliskové mouky  
nesítovaná fr. = BL chléb s 10% přídavkem nesítované frakce výliskové mouky  
hrubá fr. = BL chléb s 10% přídavkem síťované výliskové mouky tvořené částicemi  $> 0,71 \mu\text{m}$   
střední fr. = BL chléb s 10% přídavkem síťované výliskové mouky tvořené částicemi  $0,315-0,71 \mu\text{m}$   
jemná fr. = BL chléb s 10% přídavkem síťované výliskové mouky tvořené částicemi  $< 0,315 \mu\text{m}$

Graf 2: Zhášecí aktivita (%) extraktů z těsta před kynutím, po kynutí a upečených chlebů vůči radikálu DPPH

Kontrolní chleby a chleby s přídavkem jemné frakce se vzájemně liší a jsou také odlišné od všech zbývajících variant obohacených chlebů (nesítovaná, hrubá a střední frakce; Tukeyho test,  $p < 0,05$ ). Zhášecí aktivity mezi hrubou a střední frakcí ( $p < 0,05$ ) jsou rovněž odlišné, nesítovaná frakce se naopak neodlišuje od hrubé a střední frakce ( $p > 0,05$ ). Bylo zjištěno, že antioxidační aktivita není ovlivněna fází přípravy chleba (těsto před kynutím, po kynutí a po pečení; dvoucestná ANOVA,  $p > 0,05$ ) a ani mezi jednotlivými kroky přípravy nejsou významné rozdíly (Tukeyho test,  $p > 0,05$ ). Kombinace faktorů frakce a fáze přípravy významně ovlivňuje zhášecí aktivity (dvoucestná ANOVA,  $p > 0,05$ ). V případě variant nesítované a hrubé frakce OVM byl pozorován nepatrný nárůst zhášecích aktivit u chlebů po pečení oproti těstům.

Statisticky nevýznamné změny zhášecích aktivit vlivem pečení naznačují možnou teplotní stabilitu látek silymarinového komplexu, případně jiných biologicky aktivních látek s antioxidačními vlastnostmi, obsažených v OVM. Nicméně, samotná teplotní stabilita látek silymarinového komplexu v mouce ze semen ostropestřce nebyla dosud v rámci odborné literatury popsána.

## Závěr

Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat pozitivní vliv přídavku polyfenolů z ostropestřce mariánského do pekařských výrobků (bezlepkový chléb). Z výsledků plyne, že 10% přídavek výlisků ve formě mouky (nesítované respektive ve formě různých frakcí) zvyšuje antioxidační aktivitu až dvojnásobně oproti kontrolnímu vzorku bez přídavku OVM.

## Literatura

- Božňanská, T., Vollmannová, A., Musilová, J. (2020): Milk thistle flour effect on dough rheological properties. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14: 788–797.
- Kim, N. C., Graf, T. N., Sparacino, C. M., Wani, M. C., Wall, M. E. (2003): Complete isolation and characterization of silybins and isosilybins from milk thistle (*Silybum marianum*). *Organic & biomolecular chemistry*, 1(10): 1684–1689.
- Lachman, J., Hamouz, K., Čepl, J., Pivec, V., Šulc, M., Dvořák, P. (2006): The Effect of Selected Factors on Polyphenol Content and Antioxidant Activity in Potato Tubers. *Chemické listy*, 100(7): 522–527.
- Shah, M., Nawaz, S., Jan, H., Uddin, N., Ali, A., Anjum, S., Giglioli-Guivarc'h, N., Hano, C., Abbasi, B. H. (2020): Synthesis of bio-mediated silver nanoparticles from *Silybum marianum* and their biological and clinical activities. *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 112: 110889.
- Slavík, B., Štěpánková, J., Štěpánek, J. (Eds.). (2004): *Květena České republiky (Vol. 7)*. Praha: Academia. ISBN 80-200-1161-7.
- Stastnik, O., Pavlata, L., Mrkvicova, E. (2020): The Milk Thistle Seed Cakes and Hempseed Cakes are Potential Feed for Poultry. *Animals*, 10(8): 1384.
- Zheng, X., Wang, X., Lan, Y., Shi, J., Xue, S. Jun, Liu, C. (2009): Application of response surface methodology to optimize microwave-assisted extraction of silymarin from milk thistle seeds. *Separation and purification technology*, 70: 34-40.

## Dedikace

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství České republiky v rámci řešení výzkumného projektu QK1910302.

## Kontakt

doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

Telefon: 387 772 615

Email: smetana@fzt.jcu.cz

# Senzorická přijatelnost jogurtů s přidavkem lněné mouky: pilotní studie

## Sensory acceptability of yogurt with added flaxseed flour: a pilot study

*Simona Janoušek Honesová<sup>1</sup>, Eva Samková<sup>1</sup>, Jan Bárta<sup>2</sup>, Markéta Jarošová<sup>2</sup>, Pavla*

*Moudrá<sup>1</sup>, Veronika Bártová<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, <sup>2</sup> Katedra rostlinné výroby, Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích*

### Abstrakt

Jogurty jsou samy o sobě považovány za funkční potravinu a jsou i vhodným produktem pro další obohacování. Cílem práce bylo posoudit vliv přidavku výliskové mouky ze lněných semen na přijatelnost jogurtů konzumenty. Byly vyrobeny tři vzorky jogurtů s různým přidavkem výliskové mouky (0 %, 1 % a 3 %), u kterých byla následně provedena senzorická analýza. Byl potvrzen vliv přidavku výliskové mouky ze lněných semen na konzistenci a intenzitu kyselé chuti. Z hlediska přijatelnosti se konzumentům jevil jako nejlepší jogurt s 1 % výliskové mouky ze lněných semen.

**Klíčová slova:** fermentované mléčné produkty, lněné semeno, obohacování, senzorická analýza

### Abstract

Yogurts are considered a functional food and a suitable product for further enrichment. The aim of the work was to assess the influence of the addition of flaxseed flour on the acceptability of yogurts by consumers. Three samples of yogurts with different amounts of flaxseed flour (0%, 1%, and 3%) were prepared and subsequently subjected to sensory analysis. The addition of flaxseed flour affected the consistency and intensity of the sour taste of yogurts. Regarding acceptability, yogurt with a 1% addition of flaxseed flour appeared to be the best for consumers.

**Keywords:** fermented dairy products, flaxseed, enrichment, sensory analysis, nutritional value

### Úvod

V poslední době je vědecký výzkum zaměřen mimo jiné na význam a hodnocení funkčních potravin, které snižují riziko tzv. civilizačních onemocnění a přispívají tak k udržení zdraví spotřebitelů (Sani et al., 2020).

Jogurt je jedním z nejběžněji konzumovaných kysaných mléčných výrobků. Má cenné nutriční a terapeutické účinky, jako např. posilování imunitního systému, snižování obsahu cholesterolu v krevním řečišti nebo antikarcinogenní účinek (Nastaj et al., 2019; El-Sayed et al., 2022). Jogurt je rovněž produktem, který je vhodným zdrojem pro obohacování dalšími biologicky aktivními látkami (Adepoju a Selezneva, 2020). Mnoho výzkumů potvrzuje, že obohacováním jogurtů pomocí přírodních rostlinných zdrojů s antioxidačními účinky lze zdravotní přínos jogurtů pro spotřebitele ještě zvýšit (El-Sayed et al., 2022). Některé studie poukazují na zvýšený zájem spotřebitelů o potraviny obohacené o vlákninu, mastné kyseliny *n*-3, bílkoviny, vitamíny či minerální látky (Yüksel et al., 2018; Sani et al., 2020).

V tomto směru se zdá být zajímavé lněné semeno, jehož složky, jako je olej, rozpustná vláknina a lignany jsou využívány jako přídavek do mnoha potravinářských produktů za účelem zlepšení jejich nutričních a funkčních vlastností (Zhang et al., 2022). Lněné semeno obsahuje 40-45 % oleje, 20-25 % bílkovin a 28 % vlákniny a v důsledku přítomnosti lignanů, kyseliny alfa-linolenové, tvorbě gelu a vláknině má příznivé účinky na lidské zdraví (El-Aziz et al., 2015). Konzumace lněného semene může snižovat riziko kardiovaskulárních onemocnění, cukrovky, nádorových onemocnění, zánětů, onemocnění ledvin, gastrointestinálních poruch a

zajišťovat zdraví nervového systému (Almehmadi et al., 2021; Karantonis et al., 2022; Zhang et al., 2022).

Mouku z lněných semen lze využít jako zdroj mastných kyselin *n*-3 a dalších prospěšných látek pro obohacování potravin. I když má lněné semeno i mouka z něj vyrobená vhodné nutriční a funkční vlastnosti, v důsledku obsahu antinutričních látek, oxidace nenasycených lipidů *in situ*, zachycení živin v matrici potravin či změn technologických a senzorických vlastností výsledných produktů (specifická chuť a struktura), je jejich využití omezoáno (Zhang et al., 2022), a to i v mléčných produktech (Thomas et al., 2023).

Cílem pilotního pokusu bylo zjistit senzorickou přijatelnost jogurtů obohacených o vyliskovou mouku ze lněných semen (VMLS).

## Materiál a metodika

V rámci pilotní studie byly vyrobeny jogurty obsahující různé množství přídavku VMLS (0 %, 1 % a 3 %). Výchozími surovinami bylo syrové kravské mléko a VMLS žlutosemenné odrůdy Raciol lnu olejného (*Linum usitatissimum* L.). Chemické složení pasterovaného mléka bylo stanovené s využitím přístroje CombiFoss 7 (Foss Electric, Dánsko). Složení VMLS bylo stanoveno následujícími způsoby: tuk pomocí přístroje Ankom XT10 (Ankom, USA), bílkoviny (N×6,25) pomocí přístroje Rapid N Cube (Elementar, Německo), popeloviny gravimetricky vyžiháním vzorku v muflové peci při 550 °C po dobu 6 hod., obsah vody gravimetricky sušením při 105 °C do konstantní hmotnosti a obsah sacharidů dopočtem do 100 %. Zastoupení mastných kyselin bylo stanoveno s využitím plynového chromatografu DANI 1000 s FID detektorem (DANI Instruments SpA, Itálie) a kapilární kolonou FAMEWAX 30 m x 0,32 mm x 0,25 μm (Restek Corporation, USA) po předchozí esterifikaci mastných kyselin metanolem (provedeno v laboratoři společnosti Agritec Šumperk) – Tabulka 1.

Tabulka 3: Složení použitého pasterovaného mléka a vyliskové mouky ze lněných semen včetně zastoupení vybraných mastných kyselin

<b>Pasterované mléko (g/100 g)</b>					
Surovina a ukazatele	Tuk	Bílkoviny	Laktóza	Celková sušina	Bod mrznutí (°C)
	4,01	3,49	4,90	13,17	-0,536
	<b>Výlisková mouka ze lněných semen (% původní hm.)</b>				
	Voda	Bílkoviny (N×6,25)	Tuk	Popeloviny	Sacharidy (vč. vlákniny)
	8,61	27,67	20,04	4,23	39,44
	<b>(% všech mastných kyselin)</b>				
	Palmitová	Stearová	Olejová	Linolová	Alfa-linolenová
	6,23	2,53	15,37	41,10	34,77

Syrové mléko (1 000 ml) bylo pasterováno šetrnou pasterací (72 °C; 20 s). Následně bylo zchlazeno na cca 45 °C a inokulováno jogurtovou kulturou (YC-380, Christian Hansen). Fermentace v termostatu probíhala 4 hod. při teplotě 42 °C. Po prokysání byly jogurty zchlazeny na teplotu cca 4 °C a promíchány. Do obohacených vzorků jogurtů bylo zároveň přidáno stanovené procento VMLS.

Senzorická analýza probíhala dle požadavků a zásad senzorického hodnocení (ČSN ISO 8589) na Katedře potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů Fakulty zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Preferenční pořadová zkouška probíhala dle zásad platné ČSN ISO 8587 – Senzorická analýza – Metodologie – Pořadová zkouška. Úkolem bylo seřadit vzorky obohacených jogurtů od nejlepšího po nejhorší dle preferencí jednotlivých hodnotitelů. Vzorky jogurtů hodnotila odborná komise složená z 12 členů v průměrném věku 36,7 ± 9,5 let. Komisi tvořilo šest žen

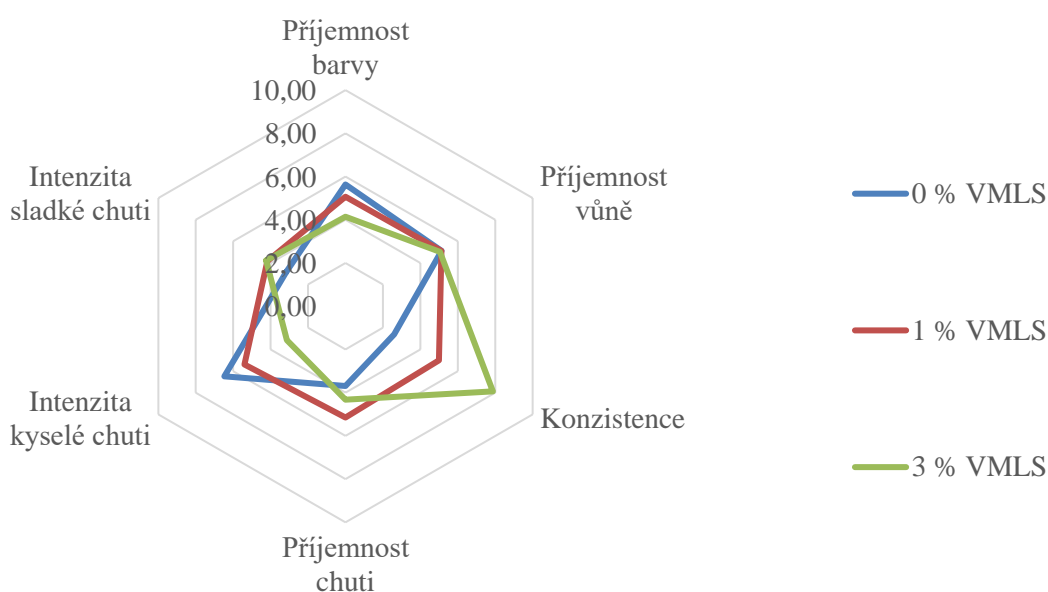


( $38,3 \pm 11,9$ ; 24 až 54) a šest mužů ( $35,0 \pm 7,2$ ; 27 až 48). Hodnotitelům bylo podáváno cca 25 ml od každého vzorku ve skleněných nádobách s plastovou lžičkou. Vzorky měly stejnou teplotu a hodnotitelům byly podávány pod trojmístným číselným kódem.

Statistické vyhodnocení probíhalo v programu Statistica (StatSoft CR s.r.o.). Pro pořadový test byla využita neparametrická Friedmanova ANOVA, pro vyhodnocení sensorického profilu jednofaktorová analýza rozptylu při obvyklých hladinách významnosti ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ).

## Výsledky a diskuze

Stanovení sensorické jakosti zaujímá v analýze potravin důležité místo. Při sensorické analýze byla sledována sensorická přijatelnost jogurtů obohacených o VMLS. V sensorickém profilu patřila mezi sledované ukazatele příjemnost barvy, vůně a chuti, intenzita sladké a kyselé chuti a konzistence (Graf 1). Přídavek VMLS měl vysoce významný vliv ( $p < 0,001$ ) na hodnocení konzistence a intenzity kyselé chuti. S podílem VMLS se zvyšovala konzistence a snižovala intenzita kyselé chuti.



Graf 1: Výsledky sensorického profilu jogurtů s různým přídatkem vyliskové mouky ze lněných semen (VMLS)

Podobného trendu dosáhli ve svém pokusu i Marand et al. (2020) a Kalyas a Ürkek (2022). Stejného trendu, tedy zvýšení konzistence s přídatkem lněného semena, dosáhli ve svém výzkumu i Mousavi et al. (2019). Dle grafu 1 má přídavek VMLS nepatrný pozitivní vliv na intenzitu sladké chuti a příjemnost chuti. V rámci příjemnosti barvy byl nejlépe hodnocený jogurt s 0 % VMLS. Pokles v hodnocení barvy s přídatkem VMLS potvrdili ve svém výzkumu Marand et al. (2020).

Výsledky pořadového testu jsou zaznamenány v tabulce 2, nicméně statisticky významné rozdíly v pořadí vzorků zaznamenány nebyly ( $p < 0,1245$ ). V hodnotitelském panelu byl nejvíce přijatelným jogurt s 1 % VMLS se součtem pořadí 19 a s průměrným pořadím  $1,58 \pm 0,67$ . Jogurt s 3 % VMLS byl hodnocen hůře ( $24$ ;  $2,00 \pm 0,95$ ). Nejméně přijatelným byl jogurt, který o VMLS obohacen nebyl ( $29$ ;  $2,42 \pm 0,67$ ), pravděpodobně z důvodu řidší konzistence. Výsledky pořadového testu potvrzují i výsledky procentuálních četností v pořadí vzorků.

Jak je patrné z grafu 1, hodnotitele při rozhodování nejvíce ovlivnily konzistence a intenzita kyselé chuti. Snížení přijatelnosti s vyšším % přídatku VMLS zaznamenali i autoři Mousavi et al. (2019).

Tabulka 4: Výsledky pořadového testu obohacených jogurtů o různé množství vyliskové mouky ze lněných semen (VMLS)

Vzorky jogurtu	Průměrné pořadí		Součet pořadí	p	Četnosti v pořadí vzorků (%)		
	x	s <sub>x</sub>			1.	2.	3.
0 % VMLS	2,42	0,67	29	0,1245	8	42	50
1 % VMLS	1,58	0,67	19		50	42	8
3 % VMLS	2,00	0,95	24		42	16	42

Autoři Kalyas a Ürkek (2022) ve svém pokusu přidávali do jogurtů 0 %, 0,25 %, 0,50 %, 0,75 % a 1 % lněné mouky a sledovali mimo jiné i přijatelnost těchto jogurtů. Vzorek s 1% přídatkem byl v jejich pokusu hodnocen nejhůře, proto doporučují maximální přídatek lněné mouky 0,75 %. Jako ideální pro zlepšení fyzikálně-chemických, reologických a sensorických vlastností jogurtů doporučují autoři přídatek 0,25 %.

Marand et al. (2020) ve svém výzkumu uvádí, že s přídatkem lněné mouky může docházet ke snížení přijatelnosti v důsledku hnědožlutého zbarvení jogurtu, znatelnému aroma a chuti lnu a zrnitosti jogurtu. Na druhou stranu potvrzují zlepšení fyzikálně-chemických vlastností jogurtů, zvýšení antioxidační aktivity a změnu spektra mastných kyselin jogurtu.

## Závěr

V pilotní studii bylo zjištěno, že přídatek VMLS měl vysoce významný vliv na konzistenci a intenzitu kyselé chuti obohacených jogurtů. S vyšším přídatkem VMLS se zvyšovala konzistence a snižovala se intenzita kyselé chuti. Z hlediska příjemnosti chuti a na základě pořadové zkoušky byl jako nejpříjemnější označen jogurt s 1% přídatkem VMLS.

Pilotní studie prokázala přijatelný postoj konzumentů k těmto výrobkům, proto by bylo následně vhodné provést hlubší studii, provést dotazníkové šetření přijatelnosti jogurtů s VMLS u širší veřejnosti, analyzovat chemické složení obohacených jogurtů, jejich reologické vlastnosti a potvrdit výsledky této sensorické analýzy.

## Literatura

ADEPOJU, F.O. a SELEZNEVA, I.S. Comparative study of yoghurt enriched with *Moringa* powder in different concentrations. *Proceedings of International Conference on Recent Trends in Mechanical and Materials Engineering*. 2020, 2280, 030001.

ALMEHMADI, A.; LIGHTOWLER, H.; CHOCHAN, M.; CLEGG, M.E. The effect of a split portion of flaxseed on 24-h blood glucose response. *European Journal of Nutrition*. 2021, 60, 3, 1363-1373.

EL-AZIZ, M.A.; HAGGAG, H.F.; KALUOUBI, M.M.; HASSAN, L.K.; EL-SAYED, M.M.; et al. Physical properties of ice cream containing cress seed and flaxseed mucilages compared with commercial guar gum. *International Journal of Dairy Science*. 2015, 10, 4, 160-172.

EL-SAYED, S.M.; EL-SAYED, H.S.; ELGAMILY, H.M. a YOUSSEF, A.M. Preparation and evaluation of yogurt fortified with probiotics jelly candy enriched with grape seeds extract nanoemulsion. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022, 46, 7.

KALYAS, A. a ÜRKEK, B. Effect of flaxseed powder on physicochemical, rheological, microbiological and sensory properties of yoghurt. *Food Science and Technology*. 2022, 65.

KARANTONIS, H.C.; NASOPOULOU, C.; SKALKOS, D. Functional bakery snacks for the post-covid-19 market, fortified with omega-3 fatty acids. *Sustainability*. 2022, 14.

MARAND, M.A.; AMJADI, S.; MARAND, M.A.; ROUFEGARINEJAD, L. a JAFARI, S.M. Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties. *Powder Technology*. 2020, 359, 76-84.

MOUSAVI, M.; GARMAKHANY, A.D.; VAHIDINIA, A. a TAHERI, M. Texture and sensory characterization of functional yogurt supplemented with flaxseed during cold storage. *Food Science & Nutrition*. 2019, 7, 3, 907-917.

NESTAJ, M.; SOLOWIEJ B.G.; GUSTAW, W.; PEREZ-HUERTAS, S.; MLEKO, S. et al. Physicochemical properties of high-protein-set yoghurts obtained with the addition of whey protein preparations. *International Journal of Dairy Technology*. 2019, 72, 395-402.

SANI, I.K.; KHALEDABAD, M.A.; PIRSA, S.; KIA, E.M. Physico-chemical, organoleptic, antioxidative and release characteristic of flavoured yoghurt enriched with microencapsulated *Melissa officinalis* essential oil. *International Journal of Dairy Technology*. 2020, 73, 3, 542-551.

THOMAS, E.; PANJAGARI, N.R.; GANGULY, S.; RASHMI, H.M.; VEETIL, S.D.P.; et al. Effect of flaxseed lignan on the dynamics of *Lactiplantibacillus plantarum* and starter cultures in fermented milk. *Food Science and Technology*. 2023.

YÜKSEL, F.; CAGLAR, S. a AKDOGAN, H.B. Keten tohumu ile zenginleştirilmiş eriştelerin fizikokimyasal, duyusal, pişme özellikleri ve yağ asidi kompozisyonun belirlenmesi. *The Journal of Food*. 2018, 43, 222-230.

ZHANG, S.; CHEN, Y.; MCCLEMENTS, D.J.; HOU, T.; GENG, F.; et al. Composition, processing, and quality control of whole flaxseed products used to fortify foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2022, 22, 587-614.

### **Poděkování**

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR (NAZV QK 1910302) a Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (GAJU 005/2022/Z).

### **Kontakt**

Ing. Simona Janoušek Honesová

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, České Budějovice 370 05

+420 721 855 206, maliks00@jcu.cz

# Hodnocení vybraných jakostních parametrů masných výrobků s využitím výlisků vlašských ořechů

## Evaluation of selected quality parameters of meat products using walnut expellers

*Miroslav Jůzl<sup>1</sup>, Radka Langová<sup>1</sup>, Jan Slováček<sup>1</sup>, Markéta Janík Piechowiczová<sup>1</sup>, Eliška  
Hatláková<sup>1</sup>, Michaela Gracíasová<sup>1</sup>, Martin Jokver<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně

<sup>2</sup> Chut' Moravy, s.r.o.

### Abstrakt

Cílem bylo využít výlisků vzniklých jako vedlejší produkty při výrobě oleje z vlašských ořechů, které společně se zadáním poskytla spolupracující firma, která se zabývá výrobou delikates. Práce byla řešena v masné výrobě CZ 22067 v rámci dvou diplomových prací a výstupem vývoje a následné výroby byly Spišské klobásy (K – kontrola, V – 2,9 % výlisků vlašských ořechů, O – 2,9 % vlašských ořechů) ve dvou formách (TO – tepelně opracovaná, TTO – trvanlivá tepelně opracovaná). Při chemické analýze Spišské klobásy byly stanoveny hodnoty obsahu sušiny, tuku, bílkovin a obsahu soli. Přijatelnost výrobku pro konzumenty hodnotilo 34 proškolených hodnotitelů senzoricou analýzou. Lepších parametrů dosáhl výrobek TTO, který je pro potřeby firmy výhodnější ve všech uvedených ohledech. Mikrobiologická analýza neprokázala vyšší potenciální riziko výskytu mikroorganismů na konci doby skladování.

**Klíčová slova:** klobása, barva, CPM, aktivita vody, sušení, přijatelnost

### Abstract

The aim was to use the pressings created as by-products in the production of oil from walnuts, which were provided together with the assignment by a cooperating company that deals with the production of delicacies. The work was carried out in the meat production plant CZ 22067 as part of two diploma theses and the output of the development and subsequent production were Spišská klobása (K – control, V – 2.9% with walnuts expellers, O – 2.9% with walnuts) in two batches (TO – heat treated, TTO – durable heat treated). During the chemical analysis of Spišská klobása, the values of dry matter content, fat, protein and salt content were determined. The acceptability of the product for consumers was evaluated by 34 trained evaluators using sensory analysis. Better parameters have been achieved by a TTO product, which is more advantageous for the company's needs in all these respects. Microbiological analysis did not show a higher potential risk of microorganisms at the end of storage time.

**Keywords:** sausage, colour, TCM, water activity, drying, acceptability

### Úvod

Plody ořešáku královského *Juglans regia* se skládají z požitelného jádra a pevného dřevnatého obalu. Vlašské ořechy obecně obsahují 62-68 % tuku, asi 14 % bílkovin bohatých na arginin a malé množství sacharidů. Dále obsahují 5-10 % vlákniny, vitamíny, minerální látky, fytoosteroly a polyfenoly. Díky vysokému množství tuků jsou velkým zdrojem energie nebo zdrojem tuku pro lisování oleje (Gracíasová, 2022). Smyslové požadavky na jakost u vlašských ořechů představuje vzhled, barva a vůně. Vzhled by měl být takový, že skořápka je dobře vyvinutá polotvrdá až tvrdá, jádro zcela vyplňuje skořápku a jde dobře oddělit od skořápky. Barva osemení žlutohnědá, jádro na lomu bílé až nažloutlé, pokryté světle hnědou až nahnědlou slupkou. Vzhled a vůně jádra je ořechová, příjemně olejnatá, přirozeně natrpklá až mírně nahořklá (Babička, 2012). Olej z jader vlašských ořechů je získáván lisováním za

studena. Jedná se o mechanický způsob získávání vysoce kvalitního potravinářského oleje bez použití organických rozpouštědel. Tyto oleje jsou ceněny pro své nutriční a nutraceutické vlastnosti (Anwar et al., 2020). Použití vlašských ořechů v masné výrobě není nové, z technologického a nutričního hlediska je nutné počítat s vyšším množstvím tuku (Ayo et al., 2008). Výlisky po lisování oleje z jader vlašských ořechů jsou vedlejšími produkty. V případě extrakce hovoříme o lisovaném koláči. Složení těchto výlisků závisí na kultivaru, faktorech prostředí, pěstitelských postupech a také na samotném procesu získávání oleje. Výlisky jsou však stále velmi bohaté na olej (20-36 %). Dále jsou bohaté na polynenasycené mastné kyseliny, bílkoviny (30-42 %), vlákninu, fenolické, minerální látky a melatoniny (Garcia-Mendoza, 2021). Mletím vylisovaného koláče se získává mouka, která se využívá při výrobě bezlepkových produktů, protože má důležité složky, které jiné druhy mouky nemají a jak tato směs má lepší technologické a nutriční vlastnosti (Burbano et al., 2022). Lisovaný koláč je náchylný k oxidaci a ještě více, když je rozemlet na jemný prášek. Bylo však prokázáno, že mouku lze skladovat 26 týdnů bez známek oxidace, k čemuž přispívá vitamín E, antioxidanty ve formě fenolických látek, které zůstávají po lisování za studena v koláči (Garcia-Mendoza, 2021). Výlisky se v poslední době používají do různých funkčních potravinářských výrobků, jako jsou masné pekařské nebo mléčné výrobky. V masné výrobě se používá hlavně, protože tyto výlisky jsou částečně odtučněny a mají vysoký obsah bílkovin. Bílkoviny jsou vysoce stravitelné a mají dobrý obsah esenciálních aminokyselin (Jerónimo et al., 2012). Ve většině případech se tento lisovaný koláč likviduje bez jakýchkoli ekonomických přínosů nebo se používá jako krmivo nebo hnojivo.

Cílem experimentů bylo zjistit možnost zapracování do klasického masného výrobku, jako je klobása, podpořit jeho senzorní vlastnosti, i s ohledem na případné sušení výrobku.

## **Materiál a metody**

Experiment byl řešen ve dvou fázích na Mendelově univerzitě v Brně v poloprovozní laboratoři (masná výroba CZ 22067) za použití řezačky, míchačky, narážky, udrny (Graciasová, 2022) pro verzi tepelně opracované klobásy (TO) a návazně i klimatizované zrcí komory pro verzi trvanlivé tepelně opracované verze klobásy (TTO) (Knoblochová, 2022). Byla zvolena receptura Spišské klobásy (Tab. 1). Doba sušení byla 7 dní, což odpovídalo požadavku aktivity vody ( $a_w < 0,93$ ) na TTO dle vyhlášky MZe č. 69/2016 Sb.

K hodnocení jakostních parametrů masných výrobků byly použity pro tyto účely běžné (Jůzl et al., 2019) metody chemické analýzy (sušiny, tuk, bílkoviny, sůl), fyzikální analýzy (barva na povrchu a řezu, vodní aktivita), mikrobiologické analýzy (CPM, kvasinky, plísně, enterokoky, koliformní bakterie) a senzorní analýzy (celkový vzhled, barva na povrchu, tvrdost při ukousnutí, mozaika a vypracování, barva na řezu, vůně, pevnost na skusu, slanost, celková přijatelnost chuti) (Graciasová, 2022; Knoblochová, 2022). Experimenty byly provedeny v opakování a statisticky vyhodnoceny (STATISTICA 14).

Tab. 1: Receptura masného výrobku Spišská klobása kontrolní (K) receptury, nebo s přidavkem výlisků vlašských ořechů (V) nebo s vlaškými ořechy (O) (v kg na 100 kg masného díla)

Maso dle ČSZM/skupiny	K	V	O
Hovězí maso libové (H-2)	34,84	33,80	33,80
Vepřové maso libové (V-3)	16,59	16,11	16,11
Vepřové maso výrobní (V-5)	39,32	38,18	38,18
Dusitanová solící směs	1,99	1,93	1,93
Koření Spišský párek Kombi	1,20	1,22	1,22
Led	5,96	5,80	5,80
Výlisky vlašských ořechů*	-	2,90	-
Vlašské ořechy*	-	-	2,90

Pozn.: Výrobní maso z jatek Ivančice s.r.o. (CZ 242 ES) bylo tříděno do skupin dle ČSZM, dusitanová solící směs a kořenící směs je původem z firmy MASO-PROFIT s.r.o., výlisky a vlašské ořechy z firmy Chuť Moravy, s.r.o.; K – kontrola, V – 2,9 % výlisků vlašských ořechů, O – 2,9 % vlašských ořechů

### Výsledky a diskuze

Výsledky z chemické analýzy jsou uvedeny v Tab. 2, kde je patrný nárůst obsahu tuku v případě využití jak výlisků, tak celých ořechů, což potvrzuje předchozí studie (Anwar et al., 2020).

Tab. 2: Chemická analýza experimentálních masných výrobků ( $\bar{x} \pm SD$ )

Druh masného výrobku	TO			TTO		
	K – TO	V – TO	O – TO	K – TTO	V – TTO	O – TTO
Verze						
Sušina (%)	34,94 ± 0,13	37,28 ± 0,10	37,79 ± 0,20	63,02 ± 0,57	61,32 ± 0,44	64,65 ± 0,33
Tuk (%)	13,77 ± 0,12	14,70 ± 0,26	16,62 ± 0,37	23,85 ± 0,24	23,44 ± 0,50	27,73 ± 0,32
Bílkoviny (%)	17,93 ± 0,61	18,84 ± 0,44	17,19 ± 0,07	31,37 ± 0,97	31,1 ± 0,39	31,3 ± 0,42
Sůl (%)	2,07 ± 0,03	2,18 ± 0,03	2,09 ± 0,03	3,99 ± 0,04	3,70 ± 0,18	3,67 ± 0,07

Pozn.: K – kontrola, V – 2,9 % výlisků vlašských ořechů, O – 2,9 % vlašských ořechů; TO – tepelně opracovaná klobása, TTO – trvanlivá tepelně opracovaná klobása

Spektrofotometrické měření barvy na řezu a na povrchu ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) nepotvrdilo statisticky významné rozdíly zjištěné v případě senzoričského hodnocení. Mikrobiologický rozbor neprokázal žádné výsledky, které by mohly naznačovat ovlivnění hygienické jakosti výrobku ve srovnání s kontrolou. Celkový počet mikroorganismů nepřekročil povolené množství (Graciasová et al., 2022). Ze senzoričské analýzy vyplývá, že v některých deskriptorech (celkový

vzhled, barva na povrchu, mozaika a vypracování, tvrdost a pevnost na skusu) byla spíšská klobása (Obr. 1) s výlisky vlašských ořechů hodnocena lépe než kontrolní vzorek a než klobásy s vlaškými ořechy ( $P < 0,05$ ). Ty měly tendenci, i přes menší stupeň zrnění, vypadávat z vložky, a to u verze TO. U slanosti a vůně nebyly zaznamenány podstatné rozdíly ( $P > 0,05$ ).



Obr. 1: Verze klobásy trvanlivé tepelně opracované (TTO) s výlisky z vlašských ořechů (V)

Výhodou u trvanlivé klobásy bylo v případě použití výlisků docílení nižších hodnot  $a_w$  v čase sušení 7 dní oproti kontrole (TTO-K) a oproti verzi s ořechy (TTO-O).

### **Závěr**

Klobása je vhodný výrobek nejen pro zapracování ořechů, ale i jejich výlisků získaných za studena. Může do jisté míry nabídnout zejména regionálním malým výrobcům výrobu a prodej unikátních potravin s podstatnou informací pro určitou skupinu spotřebitelů. Nicméně, v případě jejich využití, je určitou nevýhodou fakt, že se jedná o deklarovaný alergen a s tím spojená technologická a procesní úskalí. V případě výlisků je třeba vnímat tuto surovinu u regionálního malého výrobce delikates jako odpadní produkt (vedlejší produkt při výrobě), které je žádoucí zpracovat a tím snižovat náklady, případně zvyšovat přidanou hodnotu výrobku. Vyhodnocení na základě dvou experimentů potvrdilo, že jakostní parametry takových masných výrobků se neodlišují výrazně od kontroly, případně je jejich vyznění veskrze pozitivní.



## Literatura

- Anwar, F. et al. (2020): Chapter 44 - Cold pressed walnut (*Juglans regia* L.) oil. In: Academic Press. 491-495. ISBN 978-0-12-818188-1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00044-X>.
- Ayo, J. et al. (2008): Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. *Food Chemistry*, 107(4), 1547-1552. ISSN 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.019>.
- Babička, L. (2012): Průvodce světem potravin: 3. přeepsané vydání. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 67. ISBN 978-80-7434-086-4.
- Burbano, J.J. et al. (2022): Effect of walnut flour addition on rheological, thermal and microstructural properties of a gluten free-batter. *LWT*, 154, 112819. ISSN 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112819>.
- Garcia-Mendoza, M.P. et al. (2021): Recovery and antioxidant activity of phenolic compounds extracted from walnut press-cake using various methods and conditions. *Industrial Crops and Products*, 167, 113546. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113546>.
- Graciasová, M. (2022): Kontrola jakostních parametrů experimentálního masného výrobku za použití vedlejších produktů vzniklých po zpracování vlašských ořechů. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- Jerónimo, E. et al. (2012): Effect of dietary grape seed extract and *Cistus ladanifer* L. in combination with vegetable oil supplementation on lamb meat quality. *Meat Science*, 92(4), 841-847. ISSN 0309-1740. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.011>.
- Jůzl, M. et al. (2019): Comparison of quality parameters of the cooked salami „Gothajský“ in dependence on used salt content and additives. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 390-395. <https://doi.org/10.5219/1117>.
- Knoblochová, E. (2022): Porovnání rozdílného technologie výroby trvanlivého tepelně opracovaného masného výrobku. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- Vyhláška č. 69/2016 Sb.: Vyhláška o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. Sbírka zákonů ČR.

## Dedikace

Tento příspěvek byl řešen v rámci dvou diplomových prací (Hatláková, E. a Graciasová, M. Mendelova univerzita v Brně, 6/2022) a částečně v rámci projektu CZ.02.2.69/0.0/0.0/19\_073/0016670 SGC-2021-017 a byla při něm využita zařízení a prostory financované z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury. Poděkování patří firmě Chut' Moravy, s.r.o.

## Kontakt

Doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D., Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, +420 545 133 264  
miroslav.juzl@mendelu.cz





Název publikace: **Sborník příspěvků z odborné konference Minoritní olejniny**  
**– význam, pěstování, využití**

Druh publikace: Sborník příspěvků z konference.

Autoři publikace: Kolektiv autorů dle obsahu.

Editoři: Jan Bárta, Adéla Stupková

Forma: elektronická

Vydal: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická

---

© Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta zemědělská a technologická  
2023

ISBN 978-80-7694-033-8

