

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko  
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko  
Odbor rostlinolékařství ČAZV  
Pícninářská komise ORV ČAZV  
Agrární komora ČR

# AKTUÁLNÍ POZNATKY V PĚSTOVÁNÍ, ŠLECHTĚNÍ, OCHRANĚ ROSTLIN A ZPRACOVÁNÍ PRODUKTŮ

Úroda 12/2022, vědecká příloha časopisu

 **ČAZV** | ČESKÁ AKADEMIE  
ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD



Hlavní mediální partneři konference

 **úroda**

 **PP**  
ROFI PRESS...

**Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko  
Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko  
Odbor rostlinolékařství ČAZV  
Pícninářská komise Odboru rostlinné výroby ČAZV  
Agrární komora ČR**

**Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění,  
ochraně rostlin a zpracování produktů**

**Úroda 12/2022, vědecká příloha časopisu**

**Editor:**

**Ing. Barbora Badalíková  
Ing. Jakub Prudil**

**Organizační výbor:**

Ing. Barbora Badalíková - předseda  
Ing. Pavel Kolařík  
Ing. Jaroslav Lang, Ph.D.  
Ing. Jakub Prudil  
Ing. Karel Vejražka, Ph.D.  
Mgr. Tomáš Vymyslický, Ph.D.

**Vědecký výbor:**

RNDr. Jan Nedělník, Ph.D. - předseda  
Ing. Barbora Badalíková  
doc. Ing. Bohumír Cagaš, CSc.  
Ing. Jaroslav Čepl, CSc.  
RNDr. Jan Hofbauer, CSc.  
Ing. Prokop Šmirous ml., Ph.D.  
Ing. Pavel Kolařík  
Ing. Petr Míša, Ph.D.  
Ing. Jan Pelikán, CSc.  
Ing. Karel Vejražka, Ph.D.  
Mgr. Tomáš Vymyslický, Ph.D.

Příspěvky byly recenzovány členy vědeckého výboru

**Doporučená citace příspěvků:**

Autoři příspěvků: Název příspěvku. Úroda 12, roč. LXIX, 2022, vědecká příloha, s. od – do

ISSN 0139-6013

## Hodnocení obsahu dusíkatých látek a bílkovin v semenech vybraných odrůd olejného lnu a konopí setého

Evaluation of the content of proteins in the seeds of selected varieties of flax and hemp

Jarošová M.<sup>1</sup>, Bárta J.<sup>1</sup>, Bártová V.<sup>1</sup>, Lorenc F.<sup>1</sup>, Bjelková M.<sup>3</sup>, Kyselka J.<sup>2</sup>, Filip V.<sup>2</sup>, Stupková A.<sup>1</sup>, Smetana P.<sup>1</sup>, Kadlec J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

<sup>2</sup>Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

<sup>3</sup>Agritec Plant Research, s.r.o. Šumperk

### Abstrakt

Len setý olejný a konopí seté patří mezi hospodářské plodiny s významným uplatněním v různých oblastech průmyslu, včetně potravinářství a krmivářství. Pro účely výživy jsou využívána semena obou plodin, která se vyznačují vysokou nutriční hodnotou, především díky obsahu kvalitních bílkovin a tuků. V rámci této studie byly stanoveny, u třech vybraných odrůd obou plodin ve dvou ročnících, hodnoty pro vybrané parametry v podobě obsahu tuku v sušině (28,3-40,8 %) obsahu popelovin (3,1-5,5 %), vody (7,4-9,8 %), dusíkatých látek (20,7-29,0 %), bílkovin (6,9-13,0 %) a ostatních látek (27,6-34,3 %). Byla porovnána rovněž spektra bílkovin mezi sledovanými variantami. Na základě výsledků byly zjištěny statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ) u většiny sledovaných parametrů mezi plodinami i jednotlivými odrůdami, včetně vlivu ročníku. V rámci použitých metod separace a vizualizace bílkovin nebyly pozorovány významné kvalitativní rozdíly albuminových (<15 kDa) a globulinových (kyselé: 39-42 kDa, bazické: 16-20 kDa) bílkovinných spekter mezi plodinami a odrůdami. Tato práce potvrzuje, že hodnoty sledovaných parametrů a jejich rozdíly mohou být určeny plodinou, odrůdou, ale také ročníkem.

**Klíčová slova:** len setý, konopí seté, bílkoviny, dusíkaté látky

### Abstract

Flax and hemp are considered significantly applicable crops in various industries, including the food and feed industries. Seeds of both crops, which possess a high nutritional quality especially determined by the presence of quality proteins and fats, can be used in nutrition. Within this study were assessed the values for the three varieties of both crops and two years for the parameters such as fat content in dry matter (28.3-40.8%) ash content (3.1-5.5%), moisture (7.4-9.8%), crude protein content (20.7-29.0%), protein content (6.9-13.0%) and other compounds (27.6-34.3%). There were compared the protein spectra between the observed varieties. Based on the observed results, significant differences ( $p < 0.05$ ) within most observed parameters between the crops and varieties, including the effect of the year, were observed. Within the used method of the separation and visualization of proteins, significant qualitative differences of albumin (<15 kDa) and globulin (acidic: 39-42 kDa, basic: 16-20 kDa) protein spectra between the crops and varieties were not observed. This study confirmed that the values of the observed parameters can be determined by crop, variety, and year factor.

**Key words:** flaxseed, hemp, protein, crude protein

### Úvod

Len setý (*Linum usitatissimum* L.) a konopí seté (*Cannabis sativa* L.) se řadí mezi tradiční zemědělské plodiny. Obě plodiny spojuje využití v několika výrobních oblastech: krmivářství, potravinářství, farmacie, v kosmetickém průmyslu i stavebnictví (Allaby et al., 2005; Farinová et al., 2020). Vedlejší

produkt po lisování oleje ve formě výlisků je v současnosti využíván jako krmivo pro hospodářská zvířata, zejména prasata, drůbež a ryby (Dozłowska et al., 2021).

Semena lnu patří mezi potraviny vyznačující se vysokou nutriční hodnotou s pozitivním vlivem na lidské zdraví. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny jak celkovým chemickým složením lněného semene (Tab. 1), tak i výživovými hodnotami a biologickými aktivitami jednotlivých komponentů a dílčích látek. Z hlediska výživové hodnoty je přínosný zejména vysoký obsah nenasycených mastných kyselin ve lněném oleji (Bloedon & Szapary, 2004). Bílkoviny lněného semene vykazují vysokou hodnotu díky obsahu esenciálních aminokyselin. Limitující aminokyselinou je lysin (Kaur et al., 2017). Vlákna, jež je hojně zastoupena jak ve formě nerozpustné, a v menší míře rozpustné, rovněž dotváří vysokou nutriční hodnotu (Singh et al., 2011). Celkovou kvalitu doplňují také významné biologické aktivity látek obsažených ve lněném semenu, jež vykazuje například alfa-linolenová mastná kyselina, lignany a další fenolové látky, ale také komponenty rozpustné vlákniny (Goyal et al., 2014). Zastoupení aminokyselin ve lněných bílkovinách a jejich nutriční hodnota jsou srovnatelné se sojovými bílkovinami (Kajla et al., 2015). Bylo zjištěno, že obsah aminokyselin lněných bílkovin, zůstává stabilní i v případě tepelné úpravy semen a odvozených produktů, například při zpracování extruzí (Giacomino et al., 2013). Hlavní bílkovinou frakci představuje globulin (linin), jehož zastoupení činí až 58 % obsahu celkových bílkovin, v menší míře (až 42 %) je pak obsažen albumin (conlinin) (Oomah & Mazza et al., 1993). Globuliny lněného semene patří do skupin 11-12S zásobních globulinů a jsou zastoupeny vysokomolekulárními bílkovinami o velikosti 252-298 kDa (Wu et al., 2019) jež se skládají z několika polypeptidů o velikosti 10-50 kDa (Nwachukwu & Aluko, 2018).

Semena konopí setého vykazují zajímavý nutriční profil, protože obsahují velké množství vlákniny, tuku a bílkovin. Z hlediska mastných kyselin obsahují významné množství linolové kyseliny, která tvoří více než polovinu celkových mastných kyselin a 16 %  $\alpha$ -linolenové kyseliny (Alonso-Esteban et al., 2020). V současné době je zvýšená konzumace konopných semen a odvozených potravinových produktů, zejména mezi vegany. Zatímco celá konopná semena mohou být konzumována jako potravina, primárně se používají jako surovina pro vývoj dalších produktů, jako je olej, mouka z konopných výlisků a protein. Konopný protein a konopná mouka z výlisků jsou vedlejší produkty získané při lisování oleje a lze je použít jako alternativu k sójovým přísadám (Zajac et al., 2019). Na trhu jsou běžně dostupná loupáná konopná semena, která jsou označována jako funkční potravina (Alonso-Esteban et al., 2020). Bílkoviny konopného semene se vyznačují vysokou kvalitou, díky zastoupení všech esenciálních aminokyselin v nutričně významném množství a díky struktuře proteinů, která je podobná proteinům v krevní plazmě, je dobře stravitelná a využitelná v lidském těle (Horská, 2007). Hlavními limitujícími aminokyselinami jsou lysin a tryptofan. Bílkoviny v konopném semeni jsou majoritně zastoupeny dvěma globulárními frakcemi. Jedná se o albuminovou proteinovou frakci a globulinovou frakci. Majoritní globulinová frakce je zastoupena proteinem edestinem (65-82 % celkových bílkovin). Albuminová frakce zaujímá 13-35 % celkových bílkovin a zbylou část z celkových bílkovin (5 %) tvoří  $\beta$ -konglycinin (Farinon et al., 2020; Pavlovič et al., 2019). Edestin je hexamer o velikosti 300 kDa složený ze šesti identických podjednotek, z nichž každá je tvořena kyselou a bazickou podjednotkou s molekulovou hmotností 33 a 20 kDa, které jsou vzájemně spojeny disulfidovou vazbou (Tang et al., 2006).

Cílem této práce bylo porovnání vybraných parametrů, zejména obsahu makronutrientů v podobě bílkovin a tuků, v semenech sledovaných plodin a jejich odrůd, včetně zjištění vlivu ročníku na tyto parametry. U uvedených variant byla rovněž identifikována a porovnána spektra bílkovin.

**Tab. 1:** Chemické složení semene lnu a konopí setého (upraveno podle Morris, 2007; Kajla et al., 2014; Alonso-Esteban, 2022; Callaway, 2004; Callaway & Pate, 2009)

Složka	Množství [g] na 100 g	Množství [g] na 100 g
	čerstvých semen lnu setého	čerstvých semen konopí setého
Vlhkost	6,5-7,7	6-6,5
Tuky	37-41	25-36
dusíkaté látky	20	21-28
Popeloviny	2,4-3,4	5-5,6
cukry	1,0	1,0
celková vláknina	28-29	27-36
<i>z toho rozpustná vláknina</i>	<i>6-12</i>	<i>5,4-6</i>
<i>z toho nerozpustná vláknina</i>	<i>17-23</i>	<i>22,2</i>

## Materiál a metody

Rostlinný materiál byl získán od společnosti AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o., Šumperk a byl vypěstován na pokusných pozemcích ve Vikýřovicích v letech 2019 a 2020. Jednalo se o vzorky semen tří odrůd lnu setého a tří odrůd konopí setého. Zkoumané odrůdy lnu byly: Agriol (žlutosemenná odrůda s nízkým obsahem  $\alpha$ -linolenové kyseliny), Libra (hnědosemenná odrůda s vysokým obsahem  $\alpha$ -linolenové kyseliny) a Raciol (žlutosemenná odrůda se středním obsahem  $\alpha$ -linolenové kyseliny). Odrůdy konopí setého byly následující: dvoudomá odrůda Finola a dvě jednodomé odrůdy Santhica 27 a USO 31. Semena všech odrůd byla namleta na nožovém mlýnu (Grindomix GM 200, Retsch, Německo) při výkonu 10 000 ot./min. po dobu 1 min.

**Obsah sušiny** byl stanoven gravimetricky vysušením 1 g v sušárně při 105°C po dobu 3 hodin. **Obsah tuku** byl stanoven pomocí přístroje XT10 (Ankom, USA) za použití rozpouštědla petroletheru, podle manuálu uvedeného výrobcem. **Obsah popelovin** byl stanoven vázkově vyžiháním vzorku v muflové peci při teplotě 550°C po dobu 6 hod.

Pro zjištění **obsahu dusíkatých látek** byla využita modifikovaná Dumasova metoda pomocí analyzátoru dusíku Rapid N Cube (Elementar, Německo), přičemž koeficient pro výpočet dusíkatých látek měl standardně používanou hodnotu 6,25. Před stanovením **obsahu bílkovin** byla provedena na ledu 4hodinová extrakce bílkovin ze vzorku (50 mg/1 ml pufru) pomocí pufru složeného z: 0,0625 M Tris-HCl, pH 6,8, 2% SDS. Následovala centrifugace při 4°C, 10 000x g po dobu 10 minut a poté byl odebrán supernatant. Obsah bílkovin byl stanoven spektrofotometricky metodou BCA za použití kitu Pierce BCA Protein Assay Kit (Thermo Fisher Scientific, USA). Metoda využívá kyseliny bicinchoninové (BCA), reakce je založena na alkalické redukci měďnatého iontu na měďný pomocí proteinu a následné chelataci měďného iontu kyselinou bicinchoninovou za vzniku purpurového zbarvení. **Obsah ostatních látek** byl stanoven dopočtem do 100 % (Zbývající % podíl po odečtení obsahu vody, tuku, dusíkatých látek a popelovin).

Extrakce bílkovin pro elektroforézu **SDS-PAGE** probíhala následujícím postupem: 50 mg vzorku bylo extrahováno v 1 ml extrakčního pufru (0,0625 M Tris-HCl, pH 6,8, 2% SDS + 5 % 2-merkapt ethanolu) na ledu po dobu 4 hod. Po centrifugaci při 4°C, 10 000x g po dobu 10 minut byl odebrán supernatant a smíchan v poměru 4:1 s nanášecím pufrem obsahujícím 2-merkapt ethanol, povařen (3 min). Připravené vzorky byly nanášeny na gel o objemu 10  $\mu$ l a separovány systémem diskontinuální deskové denaturační elektroforézy na polyakrylamidovém gelu (SE 600, Hofer, USA) - 4% zaostřovací gel (pH 6,8) a 11% separační gel (pH 8,8) - v prostředí Trisglycinového pufru (Laemmli, 1970). Po separaci byl gel obarven

roztokem barviva Coomassie Blue. Po odbarvení byly gely digitalizovány pomocí fotodokumentačního zařízení Gel Doc XR+ (Bio-Rad, USA). Pro určení molekulové hmotnosti byl použit hmotnostní standard s rozpětím 10 – 310 kDa Tricolor xtra (Roth, Německo). Uvedené analýzy byly prováděny vždy ve třech opakování. Získaná data byla statisticky vyhodnocena pomocí programu STATISTICA CZ, verze 12 (StatSoft, Inc.). Sledované parametry byly mezi lnem a konopím porovnány pomocí nepárového dvouvýběrového t-testu. Hodnoty jednotlivých parametrů mezi odrůdami lnu a konopí byly porovnány pomocí Fisherova LSD testu. Všechna statistická hodnocení byla prováděna na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## Výsledky a diskuze

Základní složení semen vybraných odrůd je uvedeno v tabulce 2. Na základě statistického hodnocení jsou zřejmé statisticky významné rozdíly u sledovaných parametrů (obsah tuku v sušině, popelovin, vody a ostatních látek) mezi lnem a konopím ( $p < 0,05$ ). Zatímco obsah tuků převažoval v obou letech u lnu, obsah popelovin byl naopak v průměru o 1 % vyšší v případě konopí. Z odrůd lnu dosahovala nejvyššího obsahu tuku v obou sledovaných letech hnědosemenná odrůda Libra. U odrůd konopí se obsah tuku pohyboval v obou letech od 28,29 do 31,33 % v sušině. Z obsahu vody překročily hranici 9 % odrůdy lnu Raciol a Agriol. Důvodem byla bohatost ročníku na srážky, docházelo k poléháním porostu a následně obtížné sklizni. Obsah ostatních látek, který zahrnuje zejména sacharidický podíl (nerozpustná a rozpustná vlákna), který odpovídá údajům z literatury uvedených v tab. 1.

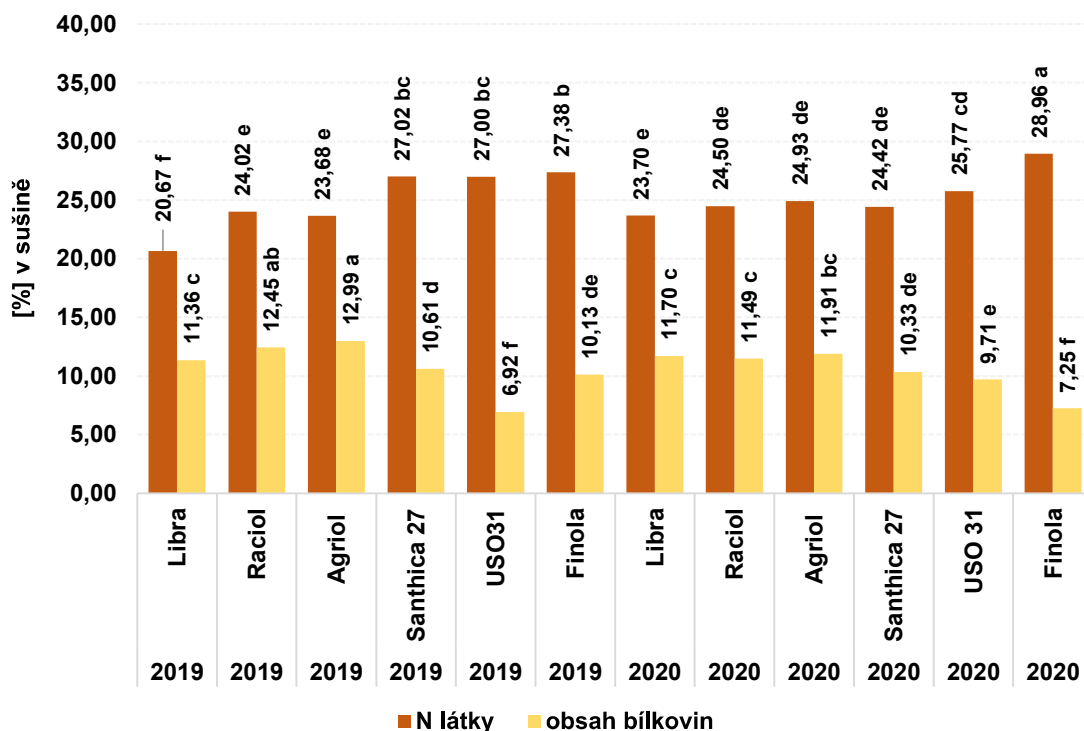
**Tab. 2:** Základní vybrané parametry stanovené u odrůd lnu a konopí setého

rok	druh	odrůda	Obsah tuku [%]	Popeloviny [%]	Obsah vody [%]	Obsah ostatních látek [%]
2019	Len	Libra	40,82 a	3,60 h	7,36 a	27,55 e
	Len	Raciol	35,12 b	3,30 i	8,03 c	29,52 fg
	Len	Agriol	35,44 b	3,07 j	8,04 c	29,77 fg
	Konopí	Santhica 27	28,63 ef	4,71 b	8,17 cd	31,46 bcd
	Konopí	USO31	29,47 de	4,03 e	8,38 d	31,12 bcd
	Konopí	Finola	31,33 c	4,27 d	7,75 b	29,26 efg
2020	Len	Libra	35,19 b	3,85 g	8,89 e	28,37 eg
	Len	Raciol	30,25 d	3,99 ef	9,54 f	31,72 bc
	Len	Agriol	31,49 c	3,92 fg	9,76 f	29,90 cdfg
	Konopí	Santhica 27	28,29 f	4,59 c	8,38 d	34,32 a
	Konopí	USO 31	29,87 d	4,25 d	8,16 cd	31,95 b
	Konopí	Finola	28,90 ef	5,48 a	7,70 b	28,97 eg

Kromě obsahu vody jsou hodnoty uvedené v % sušiny. Rozdílná písmena u hodnot ve sloupcích indikují statisticky významný rozdíl (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ).

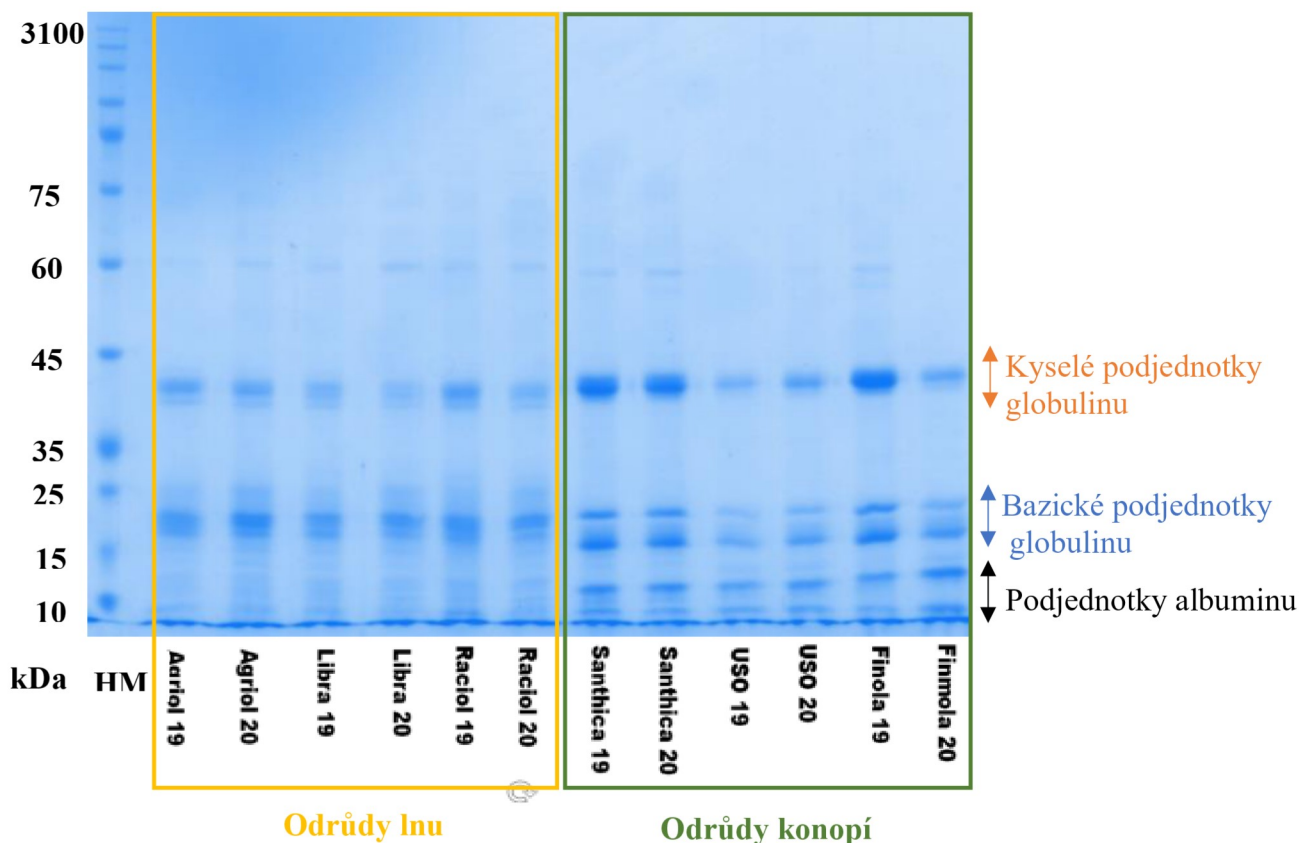
Bílkoviny obsažené v semenech lnu a konopí byly kvantifikovány metodou BCA proteinového testu (spektrofotometricky) a modifikovanou Dumasovo metodou (spalování vzorkové hmoty), která stanovuje veškerý plynný N, který je přepočítán koeficientem 6,25 na protein. Jelikož Dumasova metoda zahrnuje veškeré dusíkaté látky (NL) oproti metodě BCA stanovující čisté bílkoviny extrahované puřem, byl obsah dusíkatých látek vyšší (obr. 1). Maurotti a kol. (2021)

ve své práci uvádí obsah bílkovin v konopném semeni 14,11 % stanovený metodou BCA, což je ve srovnání s výsledky v obr. 1 vyšší obsah. Námi stanovené hodnoty bílkovin v konopném semeni se pohybují od 6,92 do 10,61 %. Rozdíl lze vysvětlit použitým extrakčním pufrem, který se standardně používá, ale nevyextrahuje zřejmě veškeré bílkoviny. Obsah dusíkatých látek v semenech konopí setého odpovídá literárním údajům (viz tab. 1), přičemž u lněných semen jsou hodnoty u vybraných odrůd vyšší o 3-5 % oproti literatuře (Callaway, 2004).



**Obr. 1:** Obsah dusíkatých látek a extrahovaných bílkovin u odrůd lnu a konopí setého. Rozdílná písmena u hodnot ve sloupcích indikují statisticky významný rozdíl (Fisher LSD test,  $p < 0,05$ ).

Z obr. 2 lze pozorovat, že bílkovinné spektrum se mezi odrůdami neliší. Jsou však patrné rozdíly v intenzitě bílkovinných podjednotek ovlivněné rokem sklizně u odrůd lnu a konopí. Nejvýraznější rozdíl v intenzitě pruhů je u globulinové frakce u odrůdy konopí Finola a u odrůdy lnu Raciol. Významné zóny výskytu bílkovin se vyskytují v oblasti kolem 39–41 kDa (kyselé podjednotky) a 17–20 kDa (bazické podjednotky), které dle odborné literatury odpovídají podjednotkám lininu (globulin) (Ayad, 2010). Konopné bílkoviny jsou nejvíce zastoupeny globuliny v oblasti 40-42 kDa (kyselé podjednotky) a 16-20 kDa (bazické podjednotky). Pruhy v oblasti s nižší MW (pod 15 kDa) představují podjednotky albumin (Malomo & Aluko, 2015).



**Obr. 2:** Bílkovinné profily odrůd lnu a konopí setého  
 HM – hmotnostní marker, 19 – rok pěstování 2019, 20 – rok pěstování 2020

Semena lnu a konopí jsou nejen zdrojem polynenasycených mastných kyselin (linolové a  $\alpha$ -linolenové kyseliny), které jsou v rámci lidské výživy přijímány v nedostatečném množství. Bílkoviny lnu i konopí se vyznačují vysokou kvalitou, díky zastoupení esenciálních aminokyselin v nutričně významném množství (Kaur et al., 2017; Wang et al., 2008). Bílkoviny konopí kromě toho neobsahují inhibitory trypsinu, které se nachází například v sóje a považují se za antinutriční faktor (Tan-Wilson & Wilson, 1986). Lněné semeno obsahuje antinutriční látky, mezi které patří inhibitory proteas, kyanogenní glykosidy, dipeptid linatin a kadmium. Nicméně u uvedených látek, nebylo dosud v rámci klinických studií prokázáno antinutriční působení vedoucí k omezení dostupnosti či vstřebávání esenciálních živin, případně zdravotních komplikací souvisejících s konzumací lněných semen (Shim et al., 2014; Dzuvor et al., 2018).

### Závěr

Ve sledovaných parametrech zahrnujících obsah tuku v sušině, obsah popelovin, vody, dusíkatých látek, bílkovin a ostatních látek byly pozorovány statisticky významné rozdíly mezi lnem a konopím, stejně tak i ve většině případů mezi jednotlivými odrůdami lnu i konopí. V případě lnu byl v roce 2019 i 2020 pozorován výrazně vyšší obsah tuků (přibližně 5 %) a mírně vyšší obsah popelovin u odrůdy Libra oproti odrůdám Raciol a Agriol. Výrazný rozsah (téměř 5 %) byl také zaznamenán v obsahu ostatních látek u odrůd konopí v roce 2020. Vliv ročníku s možným vlivem hnojení se projevil v obsahu extrahovaných bílkovin v konopném semeni, zejména u odrůd USO 31 a Finola. Vizualizace proteinových spekter pomocí SDS-PAGE naznačila možnou vyšší intenzitu výskytu frakce kyselé podjednotky globulinu u konopné odrůdy Santhica (2019 a 2020) a Finola (2019). Na základě uvedených výsledků bylo možné pozorovat rozdíly ve všech parametrech nejen mezi sledovanými plodinami, ale i odrůdami. Ve



vybraných parametrech byl rovněž zjištěn také vliv ročníku. Nicméně, rozdíly v obsahu extrahovaných bílkovin nedosahují v reálném měřítku vysokých hodnot. Z hlediska obsahu a následného příjmu bílkovin lnu a konopí nemusí být tedy prvořadým kritériem výběr odrůdy. Naopak, výběr odrůdy může být klíčový v souvislosti s variabilitou obsahu mastných kyselin v závislosti na odrůdě a ročníku.

### Dedikace

Príspevek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu MZe NAZV QK1910302.

### Použitá literatura

- Allaby, R. G., Peterson, G. W., Merriwether, D. A., & Fu, Y.-B. (2005). Evidence of the domestication history of flax (*Linum usitatissimum* L.) from genetic diversity of the sad2 locus. *Theoretical and Applied Genetics*, 112(1), 58-65.
- Alonso-Esteban, J. I., González-Fernández, M. J., Fabrikov, D., Torija-Isasa, E., Sánchez-Mata, M. C., & Guil-Guerrero, J. L. (2020). Hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties: fatty acid profiles and upgrading of  $\gamma$ -linolenic acid-containing hemp seed oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122.
- Alonso-Esteban, J. I., Pinela, J., Ćirić, A., Calhelha, R.C., Soković, M., Ferreira, I.C.F.R., Barros, L., Torija-Isasa, E., Sánchez-Mata, M.d.C. (2022). Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*. 374, ISSN 0308-8146
- Ayad A. A. (2010): Characterization and properties of flaxseed protein fractions. Ph.D. thesis, McGill University, Montreal, 151.
- Bloedon, L. T., & Szapary, P. O. (2004). Flaxseed and Cardiovascular Risk. *Nutrition Reviews*, 62(1), 18-27.
- Callaway, J. C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*. 140, 65-72. ISSN 14-2336.
- Callaway, J.C., Pate, D.W. (2009. )Hempseed Oil. *Gourmet Health Spec. Oils*, 185–213.
- Droźłowska, E., Bartkowiak, A., Trocer, P., Kostek, M., Tarnowiecka-Kuca, A., Łopusiewicz, Ł. (2021). Formulation and Evaluation of Spray-Dried Reconstituted Flaxseed Oil-in-Water Emulsions Based on Flaxseed Oil Cake Extract as Emulsifying and Stabilizing Agent. *Foods*. 256 (10).
- Dzuvor, C. K. O., Taylor, J. T., Acquah, C., Pan, S., & Agyei, D. (2018). Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed. *Molecules*, 23(10), 2444.
- Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., Merendino, N. (2020). The Seed of Industrial Hemp(*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*, 12(7), ISSN 2072-6643.
- Giacomino, S., Peñas, E., Ferreyra, V., Pellegrino, N., Fourninier, M., Apro, N., Carrión, M.O., Frias, J. (2013) Extruded Flaxseed Meal Enhances the Nutritional Quality of Cereal-based Products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68, 131–136.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1633-1653.
- Horská, I. (2007). Agent for substitution of blood plasma and a method of its production. United States. Patent US20070196526A1.
- Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R. (2015). Flaxseed a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1857-1871.
- Kaur, M., Kaur, R., & Gill, B. S. (2017). Mineral and amino acid contents of different flaxseed cultivars in relation to its selected functional properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 500-511.

- Laemmli U. K. (1970): Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Malomo, S.A., Aluko, R.E. (2015). Srovnávací studie strukturních a funkčních vlastností frakcí albuminu a globulinu izolovaného konopného semene (*Cannabis sativa* L.). *Food Hydrocolloids*, 43, 743 – 752.
- Maurotti, S., Mare, R., Pujia, R., Ferro, Y., Mazza, E.; Romeo, S., Pujia, A., Montalcini, T. (2021). Hemp Seeds in Post-Arthroplasty Rehabilitation: A Pilot Clinical Study and an In Vitro Investigation. *Nutrients* 2021, 13, 4330.
- Morris, D. H. (2007). *Flax: A Health and Nutrition Primer*. Flax Council of Canada.
- Nwachukwu, I. D., Aluko, R. E. (2018). Physicochemical and emulsification properties of flaxseed (*Linum usitatissimum*) albumin and globulin fractions. *Food Chemistry*, 255, 216-225.
- Oomah, B. D., Mazza, G. (1993). Flaxseed proteins—a review. *Food Chemistry*, 48(2), 109-114.
- Pavlovič, R., Panseri, S., Giupponi, L., Leoni, V., Citti, C., Cattaneo, C., Cavaletto, M., Giorgi, A. (2019). Fytochemická a ekologická analýza dvou odrůd konopí (*Canabis sativa* L.) pěstovaných v horském prostředí italských Alp. *Přední. Plant Sci.*, 10, 1265.
- Shim, Y. Y., Gui, B., Arnison, P. G., Wang, Y., & Reaney, M. J. T. (2014). Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(1), 5-20.
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J., & Barnwal, P. (2011). Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 210-222.
- Tan-Wilson, A. L., & Wilson, K. A. (1986). Relevance of Multiple Soybean Trypsin Inhibitor Forms to Nutritional Quality. In M. Friedman (Ed.), *Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods* (pp. 391-411). Boston, MA: Springer US.
- Tang, C.-H., Ten, Z., Wang, X.-S., Yang, X.-Q. (2006). Fyzikálně-chemické a funkční vlastnosti proteinového izolátu konopí (*Canabis sativa* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 54, 8945-8950.
- Wang, X.-S.; Tang, C.-H.; Yang, X.-Q.; Gao, W.-R. (2008). Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Food Chemistry*, 107, 11-18,
- Wu, S., Wang, X., Qi, W., Guo, Q. (2019). Bioactive protein/peptides of flaxseed: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 184-193.
- Zajac, M., Guzik, P., Kulawik, P., Tkaczewska, J., Florkiewicz, A., Migdał, W. (2019) The quality of pork loaves with the addition of hemp seeds, de-hulled hemp seeds, hemp protein and hemp flour. *LWT-Food Science and Technology*, 105, pp. 190-199.

**Kontaktní adresa:**

Ing. Markéta Jarošová  
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta zemědělská a technologická – katedra rostlinné výroby  
Na Sádkách 1780  
370 05 České Budějovice  
email: jarosovam@fzt.jcu.cz