



Optimalizované postupy a metody zpracování semen vybraných minoritních olejnin na olej a zušlechtěné výrobky z výlisků

CERTIFIKOVANÁ METODIKA



Jan Bárta a kolektiv

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta zemědělská a technologická

ve spolupráci v rámci řešení výzkumného projektu MZe č. QK 1910302 s:

Agritec Plant Research, s.r.o.

HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.

Masarykova univerzita, Středoevropský technologický institut

Vysoká škola chemicko-technologická, Fakulta potravinářské a biochemické technologie

Optimalizované postupy a metody zpracování semen vybraných minoritních olejnin na olej a zušlechtěné výrobky z výlisků

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

Jan Bárta a kol.

© Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta zemědělská a technologická
2022

ISBN 978-80-7394-955-6



Autorský kolektiv (v abecedním pořadí):

doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D. (FZT JU) – vedoucí autorského kolektivu

doc. Ing. Veronika Bártová, Ph.D. (FZT JU)

Ing. Marie Bjelková, Ph.D. (Agritec)

Ing. Jan Bedrníček, Ph.D. (FZT JU)

Ing. Markéta Berčíková, Ph.D. (FPBT VŠCHT)

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

Ing. Eva Jarošová (FZT JU)

Ing. Markéta Jarošová (FZT JU)

Dr. Ing. Jaromír Kadlec (FZT JU)

Zlatuše Krejčová (HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.)

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

Ing. František Lorenc, Ph.D. (FZT JU)

Ing. Erik Pešek (FPBT VŠCHT)

Mgr. Pavel Roudnický, Ph.D. (CEITEC MUNI)

Radek Říha (HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.)

Václav Říha (HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o.)

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

Ing. Adéla Stupková, Ph.D. (FZT JU)

Ing. Josef Švajner (FZT JU)

Bc. Lenka Uhlířová (FZT JU)

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

Obsah:

CÍL METODIKY	6
VLASTNÍ POPIS	7
1. Úvod	7
2. Minoritní olejniny	8
2.1. Charakteristika vybraných minoritních olejin a jejich semen	8
2.2. Vliv odrůdy a ostatních pěstitelských faktorů na obsah oleje a bílkovin v semenech vybraných minoritních olejin	13
2.3. Požadavky na kvalitu semen vybraných minoritních olejin	21
3. Lisování a hodnocení kvality získaných olejů	22
3.1. Skladování a úprava semen před lisováním	24
3.2. Specifické odlišnosti při lisování semen lnu setého, konopí setého, tykve olejné a ostropestřce mariánského	27
3.3. Možnosti ovlivnění oxidační stability surových rostlinných olejů	34
3.4. Balení a skladování vylisovaných olejů	41
4. Výlisky olejin a jejich zpracování na mouky a bílkovinné koncentráty	43
4.1. Bílkoviny semen olejin	43
4.2. Suchá a mokrá cesta zpracování semen na produkty s vyšším obsahem bílkovin..	45
4.3. Zpracování výlisků olejin pomocí mletí a prosévání na bílkovinné mouky (koncentráty)	48
4.4. Technologické postupy zpracování semen minoritních olejin na bílkovinné produkty	60
4.5. Balení a skladování výlisků, výliskových mouk a koncentrátů	65
5. Možnosti využití výliskových bílkovinných produktů v potravinářských aplikacích	67
5.1. Příklady pekařských a pečivářských výrobků	68
5.2. Výrobek z mělněného masa	80
6. Závěr	83
SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	84
POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	84
EKONOMICKÉ ASPEKTY	84
SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	86
SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	91
JMÉNA OPONENTŮ A NÁZVY JEJICH ORGANIZACÍ	93
DEDIKACE	93

CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout uživatelům optimalizované postupy a metody pro získávání oleje ze semen vybraných druhů olejnin (len setý olejný, konopí seté, ostropestřec mariánský, tykev olejná) lisováním za studena a pro následné zpracování získaných výlisků na výliskové mouky a jejich frakce s rozdílným obsahem bílkovin, tuku a ostatních nutričně cenných komponent. Součástí uvedených postupů jsou i modelové příklady využití výliskových produktů pro přípravu pekařských, pečivářenských a masných výrobků, čímž dostává uživatel reálný přehled o možnostech komplexní valorizace olejnatých semen.

VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod

Olejniný jsou obecně rostliny, které obsahují v některé části svého těla (obvykle v semenech) významné množství oleje, které se vyplatí získávat jak z pohledu množství, tak z pohledu kvalitativních vlastností a na ně navazující uplatnění. Pěstování olejin je na vzestupu, protože o ně celosvětově roste zájem. Hlavním důvodem je nárůst lidské populace a potřeba zajistit dostatek kvalitních potravin a surovin pro jejich výrobu. Dalším důvodem je využití rostlinných olejů v nepotravinářské a energetické oblasti.

V České republice zaznamenaly olejiný po roce 1990 výrazný nárůst pěstitelských ploch (téměř čtyřikrát), a to zejména kvůli nárůstu pěstování ozimé řepky olejky. Růst pěstitelských ploch řepky olejky není náhodný. Semena dnešních odrůd řepky obsahují velmi kvalitní olej, který je výborný pro lidskou výživu jako zdroj esenciálních polynenasycených mastných kyselin – k. linolové (n-6) a k. α -linolenové (n-3), navíc v potřebném poměru zhruba 2–3 : 1. Surový řepkový olej je v podmínkách ČR získáván z řepkových semen po sledu předúprav (mletí, kondicionace apod.) pomocí kombinace lisování (předlis) a následné extrakce zbylé části pomocí technického hexanu. Řepkový olej má dobrou oxidační stabilitu a je dobře skladovatelný. Je využitelný nejen ve studené kuchyni, ale také při vaření (pečení, smažení), pro výrobu potravinářských výrobků a dále v nepotravinářských aplikacích včetně výroby methyl-esterů mastných kyselin (bionafty). ČR patří v EU k nejvýznamnějším pěstitelům řepky. Svou roli v tomto ohledu sehrává skutečnost, že čeští zemědělci již delší dobu rutině ovládají pěstitelskou technologii ozimé řepky a že výkupní ceny řepkového semene jsou dlouhodobě výhodné. Kromě řepky náleží k významným olejinám ČR v současné době sója, slunečnice a mák (viz tab. 1).

Tabulka 1: Sklizňové plochy a výnosy majoritních a vybraných minoritních olejin (šedé tónování) v ČR v roce 2020

olejina	plocha pěstování v ČR [ha]	průměrný výnos semen [t/ha]
Řepka olejka ¹	368 214	3,38
Sója luštinatá ¹	14 145	2,33
Slunečnice roční ¹	11 274	2,58
Len setý olejní ¹	1 287	1,23
Konopí seté ²	413	0,68
Ostropestřec mariánský ³	2 000	0,40
Tykev olejná ⁴	<500	<0,50

Zdroje údajů: ¹Šindelková (2021); ²Veřejná databáze ČSÚ, dostupné on-line: <https://vdb.czso.cz> (30.11.2022); ³Kozderová V. (2021); ⁴odhad Ing. Petr Čibera, AGRO-EL Znojmo (ústní sdělení z roku 2020)

Kromě zmíněných majoritních druhů olejnin, které ovládají většinu z celkové pěstelské plochy olejnin v ČR a také zajišťují z pohledu lidské výživy a výroby potravin hlavní surovinové zdroje, jsou významné vybrané minoritní (neboli maloobjemově pěstované) olejnin. K nejvýznamnějším z pohledu rozsahu a významu uplatnění patří v ČR len setý olejní, konopí seté, ostropestřec mariánský a tykev olejní. U těchto druhů jsou semena využívána nejen k produkci kvalitních „za studena“ lisovaných olejů cenných pro své specifické vlastnosti a obsah esenciálních mastných kyselin, ale jsou také používána samostatně. Nutričně velmi hodnotou složkou olejnatých semen jsou bílkoviny (patřící převážně mezi albuminy a globuliny), které zůstávají v semenných zbytcích neboli výliscích. V poslední době je snaha pěstitelů a zpracovatelů těchto druhů olejnin o maximální valorizaci sklizených semen ústící v bezodpadovou produkci tržně uplatnitelných produktů jako jsou nejen olej, ale také výliskové mouky a bílkovinné koncentráty. Předkládaná metodika by ráda ke komplexnímu zhodnocování sklizených olejnatých semen přispěla, alespoň malým dílem.

2. Minoritní olejnin

Přestože je předkládaná metodika zaměřena na postupy vedoucí k získávání kvalitních rostlinných olejů a následné zpracování vzniklých výlisků, je zcela jistě vhodné představit čtyři vybrané minoritní olejnin jak z hlediska biologického a hospodářského popisu (kapitola 2.1.), tak i z hlediska variability obsahu tuku a bílkovin v semenech vznikající vlivem odrůdy a ostatních pěstelských faktorů (kapitola 2.2.).

U každého hodnotného produktu je významné jeho chemické složení. Z tohoto důvodu je základní látkové složení vstupní suroviny, tzn. semen/nažek (plodů) uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Látkové složení semen vybraných minoritních olejnin (v % původní hmoty)

olejnina	tuk	bílkoviny	sacharidy (vč. vlákniny)	popeloviny	voda
len ¹	41,0	20,0	28,0	3,4	7,6
Konopí ²	35,5	24,8	27,6	5,6	6,5
ostropestřec ³	23,8	21,9	41,3	3,1	11,4
tykev ⁴	45,0	35,0	7,0	5,0	8,0

Zdroje: ¹Shim a kol. (2014); ²Callaway (2004); ³Janocha a kol. (2021); ⁴upraveno podle publikace Stražil (2011c)

2.1. Charakteristika vybraných minoritních olejnin a jejich semen

Len setý (*Linum usitatissimum* L.) je jednoletá bylina, botanicky řazená do čeledi Inovitých (*Linaceae*) s vysokou fenotypovou rozmanitostí dle konkrétních agroekologických podmínek. Pochází z regionu mezi východním Středomořím a Indií a ve velkém se pěstoval již ve

starověkém Egyptě. Len setý dorůstá standardní výšky kolem 90 cm, v některých oblastech (Čína) však může u některých genotypů při působení optimálních podmínek dosahovat výšky až 1,5 m. Len kvete v odstínech modré až fialové nebo bíle, květ má pět kališních a korunních lístků. Plodem je pětipouzdrá tobolka.

Podle habitu se rozlišují následující typy lnu:

- len přadný – dlouhý stonek, větvený v malém rozsahu v horní části rostliny
- len olejný – nižší, bohatě rozvětvený stonek s velkým počtem tobolek
- len olejnopřadný – přechodná forma, nižší a více větvený stonek, než má přadný len

Přadný len se v současné době v ČR prakticky nepěstuje. Počátek pěstování olejného lnu je vázán ke konci 80. let 20. století. Současný trend pěstování a cena produkce olejného lnu v České republice jsou vysoce ovlivněny dovozem lněných semen převážně z Ruska, Kazachstánu, Běloruska a dalších zemí. Plocha pěstování olejného lnu se za posledních 10 let pohybovala v rozmezí 1000–2000 ha, nicméně pozitivní skutečností je, že od roku 2019 plochy každoročně stoupají až na 1932 ha (2022).

Lněná semena (viz obr. 1) s charakteristickým zploštělým tvarem mají dle odrůdy hnědou (od světle hnědé až téměř po velmi tmavou) nebo žlutou barvu a lesklý povrch, dosahují hodnot hmotnosti tisíce semen (HTS) 4–9 g (Stražil, 2011a). V povrchových vrstvách semene (v osemeni) se nachází vodorozpustné slizy, které se při smočení semen vodou uvolňují. Povrch semen tak získává lepivý charakter a vznikající gel vyšší viskozitu. Semena obsahují 38–44 % oleje, rostlina jej využívá jako energetickou rezervu při klíčení a počátečním růstu, kdy je metabolismus velmi aktivní.

Olej, který se nachází v cytosolu buněk endospermu a děloh ve formě kapének - tzv. oleosomů, je směsí triacylglycerolů, parciálních esterů glycerolu a volných mastných kyselin. Ty jsou od hydrofilního prostředí odděleny lipidovou dvojvrstvou složenou z majoritních glycerofosfolipidů, fytosterolů, tokoferolů a „vmezeřených“ membránových proteinů (Shim a kol., 2014). Biomembrány zabraňují vzájemné koalescenci tukových kapének. Pro tradiční lněný olej je zcela typický velmi vysoký obsah kyseliny α -linolenové (50–65 %, např. odrůda Libra), jež je esenciální mastnou kyselinou. Současná rostoucí poptávka po lněných produktech (olej, výlisky) je spojena se zvýšenou spotřebou funkčních potravin, neboť lněná semena jsou cenným zdrojem lignanů, ale také dalších polyfenolů, rozpustné a nerozpustné vlákniny, cyklických peptidů či různých minerálních látek včetně nežádoucích a toxických těžkých kovů jako je kadmium a olovo. Produkty ze lnu setého jsou nejbohatším zdrojem fytoestrogenů s převažujícím sekoisolariciresinolem a jeho glukosidy. Mezi významné sekundární metabolity lněných semen jsou řazeny linamarin, linustatin či lotaustralin, jedná se o kyanogenní glykosidy, které vykazují širokospektrální antimikrobiální účinek vůči

patogenům (Shim et al., 2014; Teh, Birch, 2013; Crimaldi a kol., 2017). Přehled biologicky významných látek obsažených v semenech lnu a ostatních druhů olejnin, jež jsou předmětem této metodiky, jsou uvedeny v tabulce 3.

Konopí seté (*Cannabis sativa* L.) je jednoletá rostlina řazená do čeledi konopovité (*Cannabaceae*). Konopí seté pochází ze Západní a Střední Asie (Rusko, Čína, Indie, Pákistán či Írán) a je možné jej označovat jako plodinu s mnohostranným využitím, jak z pohledu semenné produkce, tak i pro využití stonku a vláknů, stejně jako u lnu setého. Nutričně nejcennější částí konopné rostliny jsou plody – nažky, které jsou v provozní praxi běžně nazývány semeny. Konopná nažka (viz obr. 1) má vejčitý tvar s charakteristickou hnědo-šedou barvou, hmotnost tisíce nažek je 8–26 g v závislosti na odrůdě a podmínkách pěstování (Stražil, 2011b).



semena lnu setého olejného



nažky (semena) konopí setého



nažky (semena) ostropestřce mariánského



semena tykve olejné

Obr. 1: Semena, resp. nažky vybraných minoritních olejnin (Foto: F. Lorenc)

Konopné nažky (dále semena) obsahují 25–35 % oleje (tuku), 20–25 % bílkovin a 20–30 % sacharidů, které zahrnují také vlákninu. Lisováním je izolováno 60–80 % surového konopného oleje, který se dále nerafinuje. Za typické aroma konopného oleje jsou zodpovědné monoterpeny (α -pinen, β -pinen, 3-pinen, limonen, ocimen a další). Zastoupení mastných kyselin je do značné míry dáno pěstovanou odrůdou, průběhem povětrnosti, stanovištními vlivy a též stupněm zralosti semen. Co do zastoupení mastných kyselin v konopném oleji tak jednoznačně převládá kyselina linolová (55 %), olejová (9–17 %), α -linolenová (15–22 %), γ -linolenová (1–3 %) a stearidonová (<1 %), které jsou prekurzory eikosanoidů. Surový konopný olej má zelenou barvu, což souvisí s vysokým obsahem chlorofylů (až 75,2 mg/kg). Zastoupení mastných kyselin, obsah lipofilních barviv a také různé stádium zralosti sklizených semen činí konopný olej oxidačně a hydrolyticky nestabilní. V nezralých semenech je vysoký obsah chlorofylů, vysoká aktivita lipáz, fosfolipáz a lipoxygenáz (Teh, Birch, 2013; Matthäus, Brühl, 2008; Alonso-Esteban a kol., 2020).

Ostropestřec mariánský (*Silybum marianum* L. Gaertn.) je jednoletou rostlinou patřící do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Hospodářsky lze ostropestřec mariánský řadit mezi léčivé rostliny i mezi olejniny. Rostliny ostropestřce vytvářejí po vzejití přizemní listovou růžici se širokoeliptickými panašovanými listy, které jsou zakončeny bělavými ostny. Následně vytvářená lodyha je větvená, rostlina dorůstá od 30–250 cm (nejčastěji 150–200 cm). Stonkové listy jsou objímavé. Květenstvím je úbor, jehož zákrovní listy jsou zakončeny silným ostnem. Květy jsou trubkovité, červenofialové. Plodem je nažka, mírně zploštělá, lesklá, hnědé barvy, dlouhá asi 6 mm a široká asi 3 mm. Hmotnost tisíce nažek je 25–30 g (Štolcová a kol., 2011).

Jak ukazuje tabulka 2, tak nažka ostropestřce obsahuje díky své stavbě (s velkým podílem oplodí) nejvíce sacharidů včetně vlákniny (41,3 %). Dalšími významnými složkami jsou olej (23,8 %) a bílkoviny (21,9 %). Olej ostropestřce obsahuje zejména kyselinu linolovou (55–72 %) a olejovou (15–20 %), na nasycené mastné kyseliny připadá menší množství (8–14 %). Obsah tokoferolů představuje 500–800 mg. Bílkoviny nažky patří mezi hodnotnější rostlinné bílkoviny, převažují albuminy a globuliny. Za nejdůležitější skupinu látek, pro které je ostropestřec pěstován, je považována skupina flavonolignanů, jež je souhrnně označována jako silymarinový komplex (obsah v nažkách 0,5–3 %). Jedná se o účinné antioxidanty, které mají hepatoprotektivní účinky. Nejvyšší obsah flavonolignanů se nachází v oplodí. Flavonolignany silymarinového komplexu jsou ze semenných výlisků izolovány a dále zpracovávány do podoby podpůrných léčiv, doplňků stravy či alternativních mouk. Dostupné jsou také drcené nažky (plod) pro přípravu čaje. V současné době je ostropestřec nejvíce pěstovanou léčivou rostlinou v České republice. Pěstitelské plochy ostropestřce nejsou ČSÚ sledovány, avšak dle odhadu PELERO CZ, z.s. se tyto plochy pohybují za období 2015–2019 v intervalu 2–5 tis. ha (Kozderová a kol., 2021).

Tabulka 3: Přehled hlavních skupin nutričně a biologicky významných látek v semenech lnu setého, konopí setého, ostropestřce mariánského a tykve olejné

<i>Len – semena</i>
• bílkoviny (globuliny, albuminy) – bohaté na arginin • vysoký obsah polynenasycených mastných kyselin v oleji: n-6 k. linolová (15–20 % i více v závislosti na obsahu k. α-linolenové, kdy obsah k. linolové může být až 70 %), n-3 k. α-linolenová (3–70 %) – konkrétní obsah výrazně ovlivněn odrůdou • rozpustná vláknina (slizy) cca 9 %, nerozpustná vláknina cca 20 % • lignan secoisolariciresinol diglukosid (SDG) – obsah až 4200 mg/kg, u některých odrůd v ojedinělých letech i přes 6000 mg/kg (fytoestrogenní aktivita) • významný obsah polyfenolů (antioxidační účinky, vazba na bílkoviny) • kyanogenní glykosidy (linamarin), kyselina fytová, inhibitory proteas • náchylnost semen ke kumulaci těžkých kovů (zejména kadmia)
<i>Konopí seté – nažky (semena)</i>
• bílkoviny (globulin edestin), bohaté zastoupení argininu, nízká alergenicita • vysoký obsah polynenasycených mastných kyselin: n-6 k. linolová (cca 55 %), n-3 k. α-linolenová (10 – 20 %), dále i n-6 γ-linolenová (průměrný obsah cca 3 %, ale u některých odrůd je obsah zvýšený, například odrůda Finola cca 5 %), příznivý poměr mezi n-6 : n-3 mastnými kyselinami pohybující se zhruba v poměru 3 – 4 : 1 • vláknina (cca 30 %) • antioxidanty: tokoferoly (900 mg/kg); fytosteroly (1240 mg/kg), zejména β-sitosterol a kampesterol; další polyfenoly • kyselina fytová, kondenzované taniny, kyanogenní glykosidy, saponiny, inhibitory trypsinu
<i>Ostropestřec – nažky (semena)</i>
• bílkoviny (mírná převaha albuminů, dále globuliny) • olej je zdrojem k. linolové (cca 40 %), následuje k. olejová (cca 36 %) • vláknina • flavonolignany označované jako silymarinový komplex (výrazný antioxidační a hepatoprotektivní účinek) • tokoferoly (380 mg/kg); steroly (6300 mg/kg); další polyfenoly
<i>Tykev (dýně) olejná – semena</i>
• bílkoviny (hlavně globulin cucurbitin) • olej je zdrojem k. linolové (cca 50 %), následuje k. olejová (cca 30 %) • tokoferoly (až 700 mg/kg); fytosteroly (1700 mg/kg) • významný obsah zinku

Zdroje: Shim a kol. (2014); Farinon a kol. (2020); Javeed a kol. (2022); Marceddu a kol. (2022)

Tykev obecná (*Cucurbita pepo*, var. *oleifera*) je jednoletá rostlina s krátkou vegetační dobou (kolem 120 dní) z čeledi tykvovité (*Cucurbitaceae*), která pochází ze Střední Ameriky. Mezi důležité producentské oblasti patří USA, Rakousko (Štýrsko, Korutansko), Slovinsko, Maďarsko nebo vybrané africké země. V ČR se pěstuje omezeně v nejteplejších oblastech jižní Moravy. Rostliny tykve mají bohatý kořenový systém, bujný vzrůst, lodyha je hranatá a má plazivý habitus, listy jsou velké a řapíkaté, srdčité vejčité až dlanitě pětiklané. Tykev kvete žlutě, na rostlině vytváří více květů, vyvinou se ale jen 2-4 plody (bobule). V praxi se pro tykev olejnou často používá také jednoduchý název dýně resp. dýňové semeno a dýňový olej (Stražil, 2011c).

Semena jsou plochá, eliptická, většinou šedozelená (podle odrůdy však mohou mít i jiné barvy). Semena tykve olejné jsou významným zdrojem lignanů s fytoestrogenní aktivitou, zejména sekoisolariciresinolu. Semeno obsahuje až 50 % oleje, který je získáván lisováním. Surový olej se dále nerafinuje, protože je spotřebiteli ceněn pro výrazné oříškové aroma, jež vzniká při pražení celých či namletých semen. Zastoupení mastných kyselin je dáno do značné míry pěstovanou odrůdou, podmínkami počasí během vegetace či stupněm zralosti semen. Nejvíce variabilní je v obsah kyseliny olejové (17–40 %) a linolové (36–63 %). Profil mastných kyselin činí dýňový olej oxidačně nestabilní za podmínek autooxidace či fotooxidace. Surový dýňový olej má hnědo-zelenou barvu díky vysokému obsahu chlorofylů a karotenoidů (tab. 4) (Parry a kol., 2006; Stevenson a kol., 2007; Vujanovic a kol., 2012).

Tabulka 4: Zastoupení karotenoidních barviv v dýňovém (tykvovém) oleji (Parry a kol., 2006)

obsah karotenoidů	β-karoten [mg/kg]	lutein [mg/kg]	zeaxanthin [mg/kg]	kryptoxanthin [mg/kg]	Σ karotenoidů [mg/kg]
dýňový olej	5,96	0,27	0,03	0,01	6,27

2.2. Vliv odrůdy a ostatních pěstitelských faktorů na obsah oleje a bílkovin v semenech vybraných minoritních olejnin

Odrůda je výrazným faktorem ovlivňující nejen výnos semen, ale také jejich látkové složení. Spolu s odrůdou se do výsledné skladby obsažených látek promítají vlivy ročníku, stanoviště a pěstitelské technologie, a to nejen přímo, ale také v rámci vzájemných interakcí. Při zpracování semen konkrétních olejnin na olej a produkty s vyšším obsahem bílkovin je nutné počítat s určitou mírou variability nejen ve vlastním obsahu, ale také s relativním zastoupením mastných kyselin v olejích a aminokyselin v bílkovinách.

Vstupem České republiky do Evropské unie nabyl pro území ČR platnost i Společný katalog odrůd druhů zemědělských rostlin (dále jen Společný katalog), který zásadně rozšířil sortiment odrůd zemědělských plodin. Jeho základem jsou národní katalogy odrůd členských států

s ohledem na směrnice Rady 2002/53/ES a s pravidelnou aktualizací v Úředním věstníku Evropské unie, které jsou dostupné i na webových stránkách EUR-Lex Úřadu pro úřední tisky Evropských společenství nebo na webových stránkách ÚKZÚZ.

Tímto rozhodnutím se pro naše zemědělské podniky a pěstitele otevřela široká nabídka odrůd u většiny pěstovaných plodin, včetně olejnin. Nicméně je třeba zdůraznit skutečnost, že podmínky pro pěstování zemědělských plodin mohou být v rámci území Evropské unie poměrně rozdílné. Odrůdy, které byly vyšlechtěny na podmínky např. jižní Evropy, mohou v podmínkách ČR reagovat ne zcela optimálně. Z tohoto důvodu je ideální pěstovat doporučené odrůdy (pokud jsou u dané plodiny k dispozici) nebo při výběru odrůd pro pěstování v dané oblasti důkladně zohlednit dostupné informace o dané odrůdě, aby byla zajištěna dobrá kompatibilita mezi zvolenou odrůdou a stanovištními podmínkami prostředí.

Len

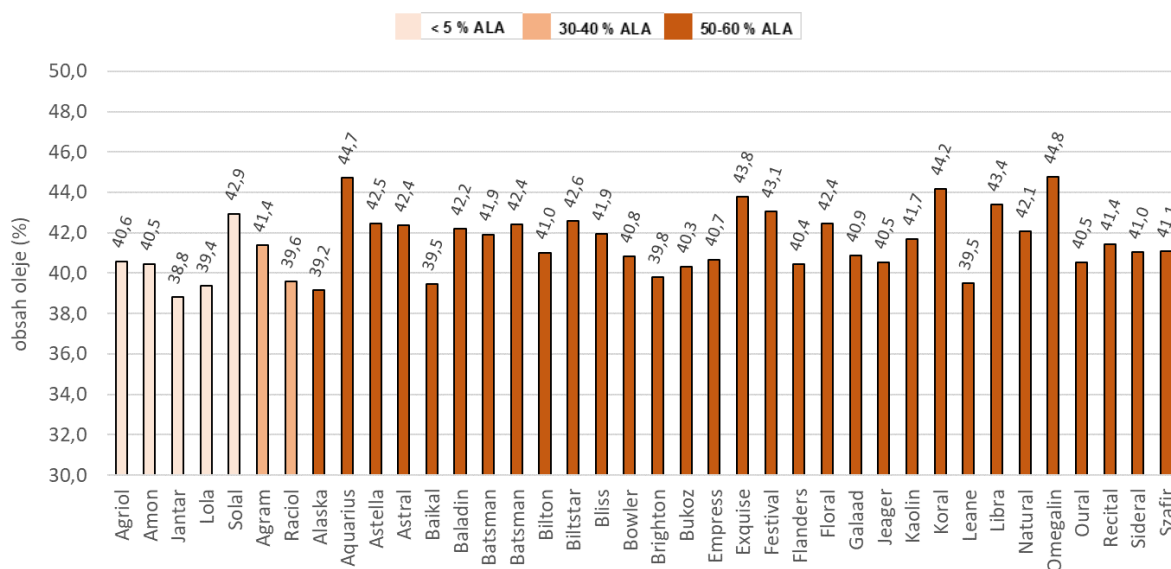
U olejného lnu je na národní úrovni registrováno 9 odrůd olejného lnu (ÚKZÚZ, 2022) a další odrůdy jsou k dispozici ve Společném katalogu. Odrůdy olejného lnu lze v současné době dělit do tří skupin podle hladiny obsahu kyseliny α -linolenové (ALA) v oleji:

- **s vysokým zastoupením ALA (50–60 %):** Libra, Astella, Floral, Aquarius (všechny hnědosemenné odrůdy)
- **se středně vysokým zastoupením ALA (30–40 %):** Raciol (žlutosemenná odrůda), Agram (hnědosemenná odrůda)
- **s nízkým zastoupením ALA (do 5 %):** Lola (hnědosemenná odrůda), Jantar, Agriol (obě odrůdy žlutosemenné)

Z výsledků získaných v rámci uskutečněných maloparcelkových pokusů s odrůdami lnu setého olejného v lokalitách Šumperk (328 m n. m.) a Víkřovice (319 m n. m.) na pozemcích společnosti Agritec, je dobře patrná šíře odrůdové variability v obsahu oleje v semenech (obr. 2). Nejnižší obsah byl zjištěn u české odrůdy Jantar (38,8 %). Naopak nejvyšší hodnoty obsahu oleje v semenech byly zjištěny u odrůd Aquarius (44,7 %), Omegalin (44,8 %) a Koral (44,2 %) a dále také u odrůdy Libra (43,3 %). Nalezené rozpětí obsahu oleje odpovídá literárně uváděnému intervalu obsahu oleje v semenech lnu 38–44 % (Shim a kol., 2014; Stražil, 2011a).

V souboru hodnocených odrůd byly zařazeny odrůdy náležejících do všech tří skupin dle obsahu ALA. Dle tohoto členění byl statisticky prokázán nejvyšší obsah oleje (41,5 %) u skupiny odrůd s vysokým (klasickým) zastoupením ALA. Skupiny odrůd se středním a nízkým obsahem ALA obsahovaly výrazně nižší hodnoty (průměrný obsah oleje ve skupinách odrůd 40,4 resp. 40 %). Kromě odrůdy ovlivňuje obsah oleje v semenech také ročník, v průměru hodnocených odrůd byl nejnižší obsah oleje v semenech nalezen v roce 2018 (39,25 %) a naopak nejvyšší

obsah oleje byl zjištěn v roce 2019 (44,89 %). V rámci studia korelačních vztahů mezi obsahem oleje a zastoupením jednotlivých mastných kyselin v oleji byly zjištěny průkazné negativní korelace mezi obsahem oleje a zastoupením kyseliny olejové ($r = -0,63$; $p < 0,05$) a mezi obsahem oleje a zastoupením kyseliny linolové ($r = -0,22$; $p < 0,05$). Naopak pozitivní korelační vztah byl nalezen mezi obsahem oleje a zastoupením ALA ($r = 0,31$; $p < 0,05$). Tabulka 5 ukazuje situaci ohledně průměrného zastoupení mastných kyselin ve lněném oleji podle úrovně deklarovaného obsahu ALA.



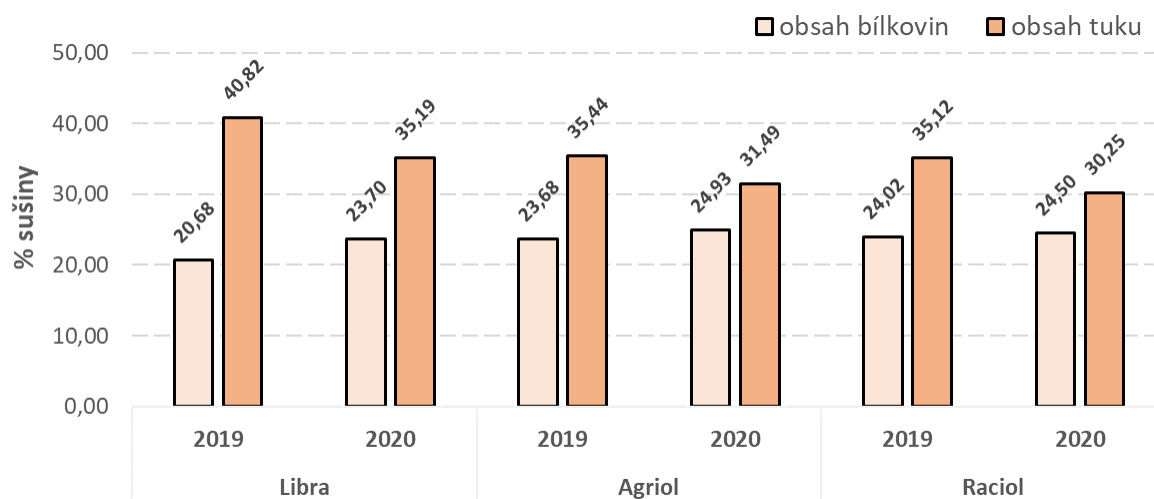
Obr. 2: Demonstrace odrůdové variability v obsahu oleje v semenech na souboru 38 odrůd olejného lnu (průměrné hodnoty z let 2015–2022 získané v rámci polních pokusů společnosti Agritec)

Tabulka 5: Obsah oleje a relativní zastoupení mastných kyselin v oleji (RO) u odrůdových skupin s rozdílnou deklarovanou úrovní α -linolenové (ALA)

parametr	skupiny odrůd s deklarovaným zastoupením ALA ve lněném oleji		
	ALA 50–60 %	ALA 30–40 %	ALA <5 %
obsah tuku (%)	41,5	40,4	40,0
RO kyseliny stearové (rel. %)	4,0	4,0	3,6
RO kyseliny palmitové (%)	6,1	6,3	6,7
RO kyseliny olejové (%)	17,4	17,1	16,7
RO kyseliny linolové (%)	15,9	35,8	64,9
RO kyseliny α -linolenové (ALA) (%)	56,6	36,9	8,4

Pozn.: Data získána z víceletého hodnocení souboru odrůd společnosti Agritec.

Odrůda, ročník i ostatní pěstitelsko-environmentální faktory ovlivňují také obsah bílkovin, resp. dusíkatých látek v semenech lnu. Na obr. 3 je znázorněn zjištěný obsah bílkovin (N x 6,25) a obsah tuku v semenech tří modelových odrůd (Libra, Raciol, Agriol) během pokusných ročníků 2019 a 2020. Odrůdy s nižším zastoupením ALA (Raciol a Agriol) dosáhly vyšší úrovně obsahu bílkovin v semenech než odrůda Libra, která má vysoké zastoupení ALA v oleji. Situaci ovlivnil také ročník – v roce 2019 byl zjištěn vyšší obsah tuku v semenech u všech tří odrůd než v roce 2020, u obsahu bílkovin se ukázal opačný trend.



Obr. 3: Efekt odrůdy a ročníku na obsah bílkovin (N x 6,25) a tuku v % sušiny semen olejného lnu

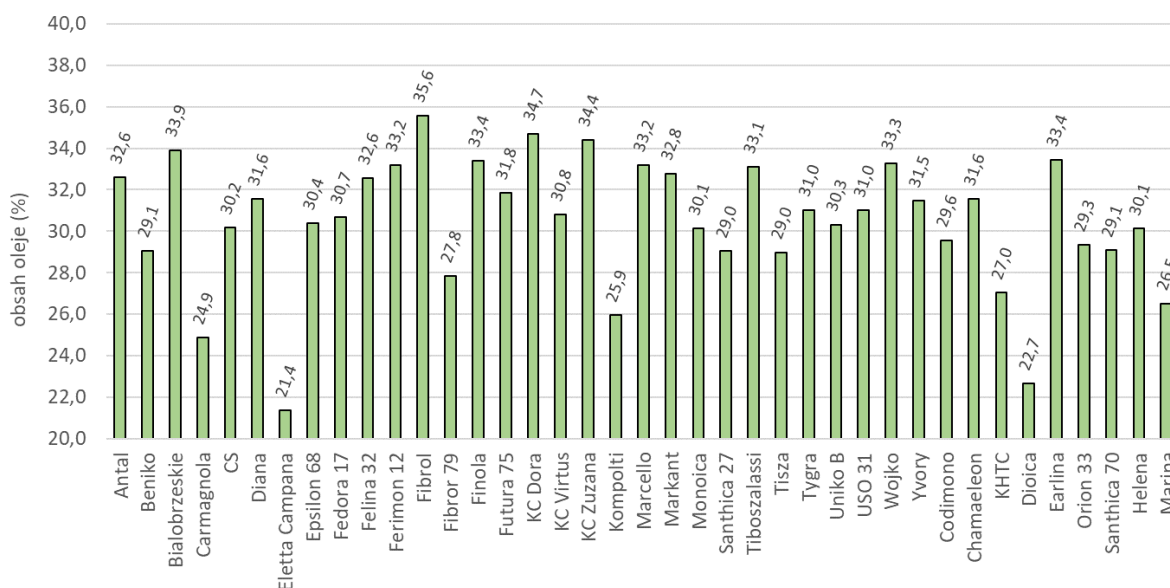
Konopí

V ČR jsou registrovány 2 odrůdy konopí setého (Bialobrzeskie a Monoica). Ve Společném katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin (konsolidované znění) je registrováno 97 odrůd konopí setého, což podstatně rozšiřuje soubor odrůd, které je možné pěstovat i v České republice. Evropský sortiment registrovaných odrůd konopí setého se postupně rozšiřuje. Mezi nevýznamnější položky patří odrůdy z následujících zemí: Francie (např. odrůdy Fedora 17, Felina 32, Futura 75, Santhica 27), Maďarsko (Fibrol, Kompolti, Monoica Uniko B Tiborszallasi), Itálie (CS, Carmagnola Eletta Campana, Fibranova), Polsko (Beniko, Bialobrzeskie, Tygra, Wielkopolskie), Nizozemí (Chamaeleon, Ivory, Uso-31). Významné jsou také odrůdy z dalších zemí (Rumunsko, Estonsko, Španělsko, Lotyšsko, Bulharsko aj.). Pro pěstování v České republice je velmi významná raná odrůda s nízkým vzrůstem Finola (Finsko).

Pro hodnocení odrůdové variability byl v maloparcelkových pokusech v letech 2018–2022 na pozemcích společnosti Agritec v lokalitách Šumperk (328 m n. m.) a Bratrušov (398 m n. m.) pěstován soubor 39 odrůd konopí setého. Technologie pěstování probíhala dle standardní metodiky pro pěstování konopí setého (výsevní množství bylo 200 klíčivých semen na 1 m²).

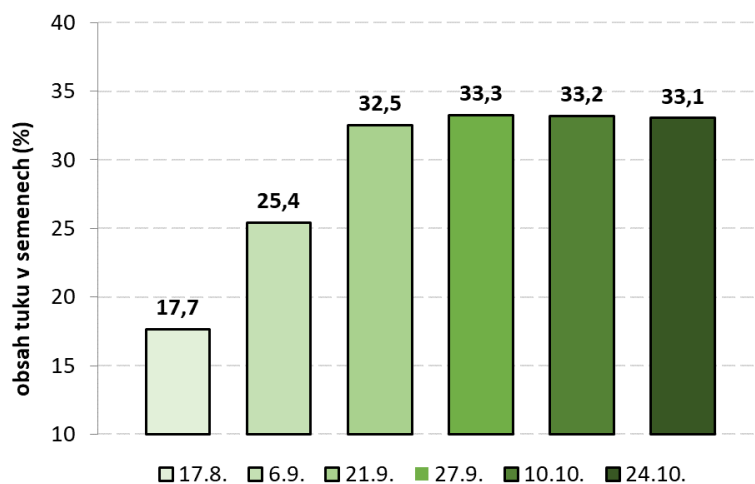
Povětrnostní podmínky pěstitelských roků se mohou projevit na výnosovém potenciálu semen. Z dosažených výsledků bylo zjištěno, že pozdní odrůdy a odrůdy s potřebou teplejšího podnebí nebyly schopny poskytnout dostatečný výnos semen (a také potřebný obsah oleje), jejich ekonomická efektivita byla tak negativní.

Na obr. 4 je vyjádřen obsah oleje v semenech u souboru 39 odrůd. Nejnižší obsah oleje v semenech 25,8 % byl nalezen u odrůdy Eletta Campana, naopak nejvyšší obsah oleje 35,6 % byl nalezen u odrůdy Fibrol. Většina odrůd obsahovala 29–34 % oleje v semenech.



Obr. 4: Demonstrace odrůdové variability v obsahu oleje v semenech na souboru 39 odrůd konopí setého (průměrné hodnoty z let 2018–2022 získané v rámci polních pokusů společnosti Agritec)

Z pohledu budoucí využitelnosti je obsah oleje v semeni tím nejdůležitějším parametrem, který udává nejen celkové upotřebení odrůdy, ale také může ukazovat na zralost semen v dané partii při nákupu a může být použit jako pomocný parametr pro hodnocení zralosti semen. Ze sledování dynamiky tvorby semen na rostlinách, hodnocení obsahu oleje v průběhu dozrávání a dalších parametrů je možné odrůdy dělit do několika skupin. Jako jednoznačně nejdříve dozrávající se jeví odrůda Finola, u níž nastupuje obvykle zralost již koncem srpna nebo v první polovině září. V průběhu září dozrávaly odrůdy Fedora 17, Futura75, Bialobrzskie Tygra a USO 31. Dozrávání semen u středně pozdních až pozdních odrůd jako jsou CS, Diana, Eletta Campana, Fibror 79 obvykle nastupuje až koncem září a u odrůd vysloveně v našich podmínkách pozdních (Carmagnola, Kompolti), pak až v polovině října. Na obr. 5 je znázorněn narůstající obsah oleje v semenech konopí během postupných termínů sklizně semen.



Obr. 5: Obsah oleje v semenech konopí (v %) v různých termínech sklizně (průměry odrůdových dat z polních pokusů společnosti Agritec)



Obr. 6: Efekt odrůdy a ročníku na obsah bílkovin (Nx6,25) a tuku v % sušiny semen konopí setého

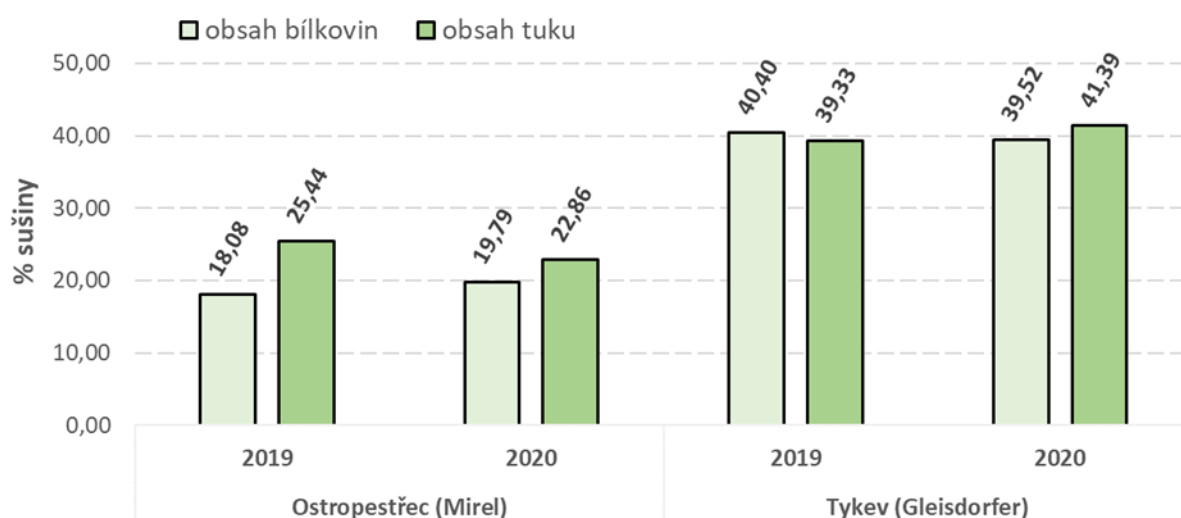
Obsah bílkovin je podobně jako obsah oleje ovlivněn především vlivem odrůdy a ročníku. Obvykle se obsah bílkovin v semenech konopí pohybuje v intervalu 19–28 % (Vonapartis a kol., 2015; Wang, Xiong, 2019). Na obr. 6 je vyjádřen obsah bílkovin (N x 6,25) u tří modelových odrůd konopí Finola, Uso-31 a Santhica 27, který se v rámci hodnocených ročníků 2019 a 2020 pohyboval mezi rozpětí 24,42 (Santhica 27, ročník 2020) – 28,96 % (Finola, 2020).

Ostropestřec mariánský a tykev olejná

Ostropestřec mariánský bývá oficiálně řazen do kategorie léčivých, aromatických a kořeninových rostlin. V databázi odrůd Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu

zemědělského je vedeno 10 odrůd ostropestřce mariánského s právní ochranou – Ada, Albus, Dominicus, Michael, Mirel, Mirel Plus, Moravia55, Silygreen, Tevadian a Tevasil. Osivo odrůd lze získat po dohodě s vlastníkem odrůdy.

V našich pokusech bylo pracováno s odrůdou Mirel (získané od společnosti Moravol, spol. s r. o.), doplňkově byly také hodnoceny odrůdy Tevadian a Tevasil (obě od společnosti Teva Czech Industries s. r. o.). Průměrné obsahy tuku / bílkovin v semenech vybraných odrůd ostropestřce byly následující: Mirel 24,15 % / 18,94 %; Tevadian 25,31 % / 17,76 %, Tevasil 23,08 /16,81 %.



Obr. 7: Efekt ročníku na obsah bílkovin (N x 6,25) a tuku v % sušiny semen ostropestřce mariánského a tykve olejné

Kromě odrůdy má vliv na obsah oleje a bílkovin ročník, jak ukazuje obr. 7. Ročníkové kolísání obsahu oleje v semenech odrůdy Mirel pěstované v letech 2019–2022 na Šumpersku v maloparcelkových pokusech představovalo rozpětí 22,86–26,43 %. Ačkoliv je ostropestřec ze čtyř minoritních druhů olejnin pěstován na největší ploše (podle údajů z tab. 1), agrotechnika jeho pěstování není zcela vyřešena. Hledají se vhodné varianty hustoty porostu a meziřádkových vzdáleností. Je snaha o pěstování ostropestřce za podmínek minimálního použití pesticidů, kde významnou roli může hrát mechanické odplevelování porostu pomocí plečkování. Proto byl taktéž hodnocen vliv meziřádkové vzdálenosti a plečkování na obsah oleje v semenech. Dosažené výsledky (obr. 8) ukazují, že vliv meziřádkové vzdálenosti na obsah oleje byl minimální. Využití plečky pro odplevelování porostu ostropestřce při pěstování v řádku s roztečí 37 cm spíše obsah oleje v semenech (neprůkazně) snižovalo, patrně v důsledku stresu souvisejícím s ošetřením.



Obr. 8: Vliv meziřádkové vzdálenosti a plečkování na obsah oleje v semenech ostropestřce mariánského (průměr z let 2018–2022, odrůda Mirel, lokalita Šumperk)

Olejná forma tykve je řazena k druhu tykev obecná (*Cucurbita pepo* L.), který je řazen mezi zeleniny. V databázi odrůd ÚKZÚZ jsou vedeny 3 odrůdy olejné formy (*C. pepo*, var. *oleifera*), které mají semena „bez slupky“. Jde o odrůdy Appetit, Gleisdorfer Ölkürbis a Opavská. Bohatý sortiment odrůd nabízí rakouská šlechtitelská společnost Saatzucht Gleisdorf (<https://www.saatzuchtgleisdorf.at/>). Jedná se většinou o hybridní odrůdy náročné na podmínky prostředí, které dosahují hodnot obsahu oleje v semenech přes 48 %. Ne všechny odrůdy jsou však vhodné pro pěstování v ČR. Tykev olejná obecně vyžaduje teplejší podmínky a odrůdy s delší vegetační dobou mohou mít potíže v podmínkách ČR v požadovaném zářijovém termínu dozrávat, což se projeví i na nižším obsahu oleje v semenech. Např. odrůda Gleisdorfer Ölkürbis má dle šlechtitele deklarovaný obsah tuku v semenech na úrovni 46,6 %. V podmínkách jižní Moravy v rámci pokusů však dosahovala tato odrůda nižších hodnot obsahu oleje – kolem 40 % (viz obr. 7). Na druhou stranu pak může růst obsah bílkovin (i přes 40 %), většinou je uváděno rozpětí obsahu bílkovin kolem 32–38 % (Stražil, 2011c). Pro pěstování v podmínkách ČR má rovněž význam pro svou krátkou vegetační dobu rakouská raná hybridní odrůda Beppo (Saatbau Linz).

Z dvouletých výsledků tureckých autorů (Kirnak a kol., 2019) vyplynulo, že obsah oleje a bílkovin je závislý na dostupnosti vody. Ukázalo se, že závlaha zvyšuje či stabilizuje obsah oleje v semenech, naopak vyšší obsah bílkovin byl zjištěn u variant bez závlah. Mezi obsahem oleje a obsahem bílkovin v semenech lze zjistit existenci negativních korelačních vztahů: $r = -0,855$ ($P < 0,05$), pro data z ročníku 2015 nebo $r = -0,918$ ($P < 0,01$), pro data z ročníku 2016.

2.3. Požadavky na kvalitu semen vybraných minoritních olejnin

Vyprodukovaná semena minoritních olejnin musí splňovat základní požadavky z hlediska kvality a zdravotní nezávadnosti. Na splnění tohoto náročného cíle je potřebné pamatovat již v průběhu pěstování vlastní plodiny na poli. Jde zejména o podmínky, které eliminují mobilitu těžkých kovů a s ní spojený jejich příjem rostlinami, podmínky ovlivňující zdravotní stav rostlin a rozsah kontaminace produkce mykotoxiny. Velmi důležité jsou v tomto ohledu rovněž podmínky prostředí pro dozrávání rostlin a semen, průběh sklizně a provedení následného posklizňového ošetření a skladování sklizené produkce.

V uvedeném kontextu je období pěstování výrazně závislé na stavu půdy a aktuálním průběhu povětrnostních podmínek. Vyhovující není kyselá půda (zejména kolem pH 5 a méně), neboť podporuje mobilitu těžkých kovů. Je proto vhodné pěstování olejnin na půdách s upravenou půdní reakcí a s obsahem kvalitních složek humusu. Průběh počasí pěstitel těžko ovlivní, avšak včasná sklizeň, která zamezí zbytečnému vystavení dozrálé produkce nevhodné vlhkosti a kvalitní předčištění semen bezprostředně po sklizni s následující úpravou vlhkosti jsou faktory, které výrazně přispějí ke zvýšení, resp. udržení kvality sklizených semen.

Požadavky na kvalitu semen olejnin jsou legislativně definovány zákonem o potravinách (zákon 110/1997 Sb.) a na něj navazující vyhláškou Ministerstva zemědělství (vyhláška 329/1997 Sb. v aktuálním znění od 1. 1. 2014). Jde v podstatě o obecné požadavky kladené na olejnatá semena:

- vzhled, barva, vůně a chuť semen musí odpovídat deklarovanému druhu
- semena nesmějí vykazovat cizí pach, být nakyslá, nažluklá nebo nahořklá, popřípadě s jinou cizí příchutí
- semena nesmí obsahovat živé i mrtvé škůdce v jakémkoli stadiu vývoje, anorganické nečistoty, semena zjevně naplesnivělá nebo plesnivá a semena shnilá, zapařená nebo spálená se změněnou barvou slupky a současně se zcela porušeným (hnědým až tmavým) jádrem.

Ze čtyř druhů olejnin, jimiž se zabývá tato metodika, jsou definovány zmíněnou vyhláškou konkrétní požadavky (resp. odchylky) jen na semena lnu a tykve:

druh	vlhkost v % nejvýše	příměsi v % nejvýše	nečistoty v % nejvýše
len	9,0	2,0	1,0
tykev	10,0	4,0	1,0

příměsi: semena mechanicky poškozená, zlomky semen, semena nevyzrálá a nevyvinutá, semena se zřejmými znaky klíčení, semena zapařená nebo připálená se změněnou barvou slupky, ale neporušeným jádrem

nečistoty: semena zapařená nebo připálená, semena se změněnou barvou slupky a s částečně porušeným (nahnědlým) jádrem, semena bez jader, semena jiných rostlin a tobolek, úbory, slupky, stonky, listy nebo jejich části

Požadavek na maximální vlhkost 9 % se dá vztáhnout obecně i na semena ostatních olejnin. Olejnatá semena by se podle vyhlášky 329/1997 Sb. měla obecně skladovat při teplotě do 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu nejvýše 70 %. Nicméně semena s vyšším zastoupením

polynenasycených mastných kyselin, zejména s vyšším zastoupením α -linolenové mastné kyseliny, je vhodné skladovat při nižší teplotě, obvykle 10 °C nebo méně.

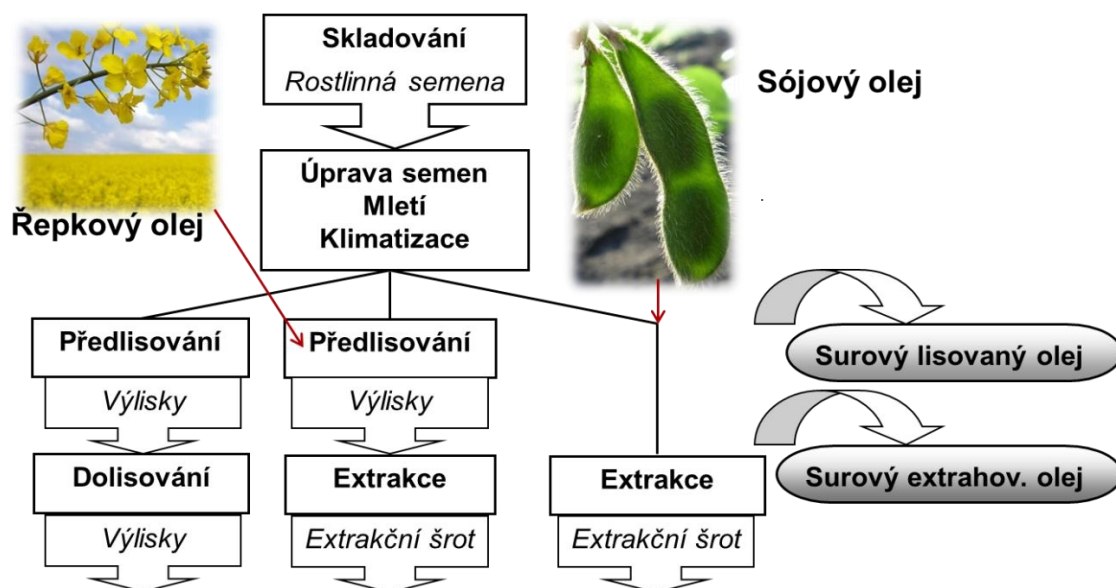
Ohledně obsahu kadmia je v semenech lnu stanoven maximální limit 0,5 mg/kg, pro semena konopí, ostropestřce a tykve by měl platit maximální limit 0,1 mg/kg. Maximální limity platí pro užívání celých semen nebo zbytků semen jako potravin (nařízení Komise (EU) 2021/1323). Pro semena olejnin hodnocených v této metodice je maximální limit olova stanoven na úrovni 0,9 mg/kg (nařízení Komise (EU) 2021/1317).

Z hlediska mikrobiologických požadavků na kvalitu produkce jsou stanoveny požadavky vyhláškou 132/2004 Sb. a nařízením Komise (ES) 2073/2005. Drobná semena rostlin určená k přímé spotřebě nesmějí obsahovat mikroorganismy (např. *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) nebo jejich toxiny či metabolity (např. histamin) v množství, které by představovalo riziko pro lidské zdraví. Nejvyšší přípustné množství mykotoxinů v potravinách, tedy kontaminantů produkovaných mikroskopickými vláknitými houbami, je stanoveno vyhláškou 53/2002 Sb. K významným skupinám hub produkující mykotoxiny patří např. houby z rodů *Aspergillus* (aflatoxiny, ochratoxiny), *Penicillium* (patulin) a *Fusarium* (fumonisiny, toxiny T-2, HT-2). Z hlediska minoritních olejnin se nejčastěji jedná o limity týkající se lněných a konopných semen; ostatní minoritní olejniny jsou v těchto parametrech sledovány okrajově. Problematické mykotoxiny i u ostatních olejnatých semen je důležité se věnovat, jak ukazují nedávné poměrně vysoké nálezy obsahu T2 a HT2 toxinů v semenech ostropestřce (Boško a kol., 2022).

3. Lisování a hodnocení kvality získaných olejů

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 plodů, 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-methylfuranu. 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 střižných 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 prostoupěna systémem pórů, kanálků 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 olej dále rafinovat

(pokud je používán při smažení a fritování), neboť musí být plně sensoricky neutrální z hlediska chuti i vůně. Na obr. 9 je shrnuto obecné schéma získávání rostlinných olejů (Filip, 2009).



Obr. 9: Aktuální schéma získávání rostlinných olejů dle olejnatosti vstupních semen a bobů

Výsledkem technologického vývoje jsou dvě inovativní uspořádání při získávání rostlinných olejů. Klíčovým rozdílem je způsob technologické aplikace pomocného činidla (např. ethanolu, superkritický CO₂ apod.). Patentovaný proces „EthaNa“ je založen na mechanickém čištění řepkového semene loupáním a/nebo mletím s koncovkou v podobě přímé rozpouštědlové extrakce ethanolom. Druhý koncept předpokládá použití pomocného činidla (ethanol, superkritický CO₂) přímo při mechanické izolaci surových olejů na šnekových lisech, s výhodou se tak využije odpadního tepla při disipaci mechanické energie a vysokých tlaků v cedákové komoře. Představené technologické inovace však nenachází průmyslové využití.

Pro lepší přenositelnost výsledků získaných v laboratoři do průmyslové praxe je nezbytné definovat následující provozně-inženýrské parametry, které definují podmínky získávání oleje. Veškeré laboratorní experimenty byly provedeny na přístroji Komet CA59G (IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG, Germany, obr. 10). Otáčky hlavního pohonu byly regulovány frekvenčním měničem od 11 do 55 min⁻¹. Při lisování byly použity trysky o průměru 4 až 10 mm. Teplota oleje i výlisků byla měřena bezkontaktním přístrojem (Testo 845, Maneko). Průměr trysek a frekvence otáček šnekovice definuje hmotnostní průchodnost lisu, vratný tok materiálu, teplotu oleje i výlisků a množství prolisů. Objemová průchodnost lisu Q_v standardně vyjádřená v m³/s:

$$Q_v = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot l \cdot (1 - \varphi) \cdot \frac{n}{60} \quad (1)$$

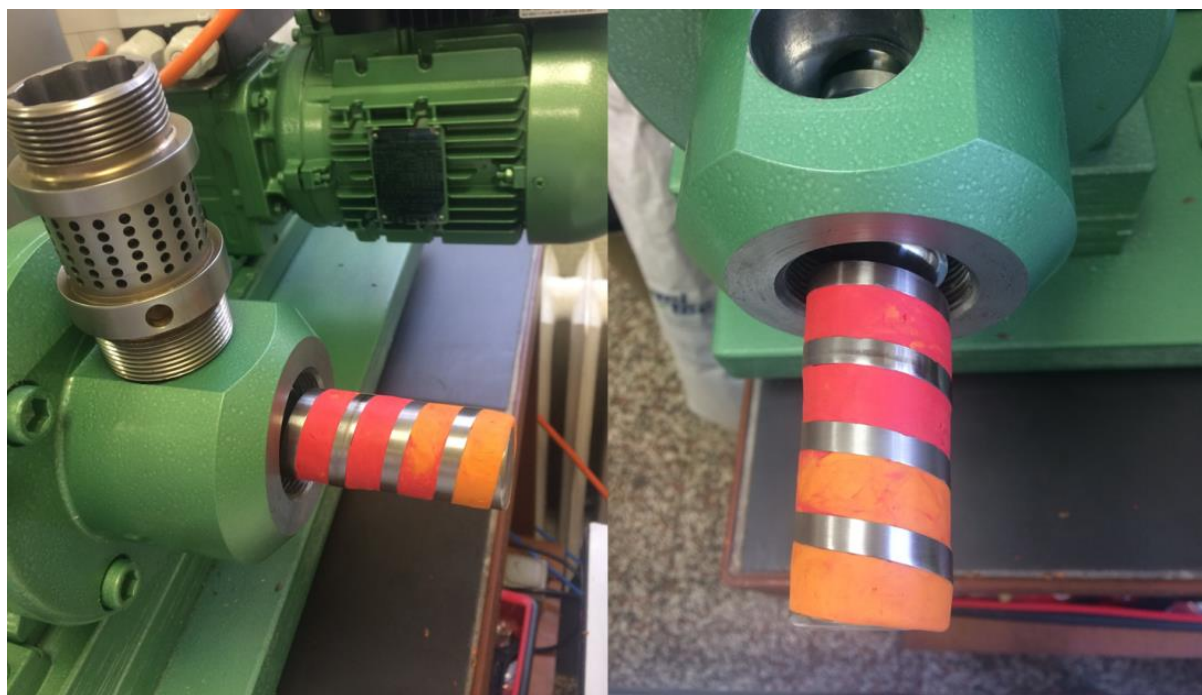
byla převedena na hmotnostní průchodnost lisu:

$$Q_m = 47,1 \cdot d_c^2 \cdot l \cdot n \cdot (1 - \varphi) \cdot \rho_s \cdot (1 - k_v) \quad (2),$$

kde d_c je průměr cedáku, l je délka závitu šnekovice, φ je koeficient plnění (objem závitu šnekovice dělený objemem cedákové komory), n je frekvence otáčení, ρ_s je sypná hmotnost kondicionovaných semen a k_v je koeficient vratného toku materiálu. Z výše uvedených vztahů lze vyjádřit koeficient vratného toku materiálu:

$$k_v = 1 - \frac{Q_m}{Q_{teoret}} \quad (3).$$

Koeficient plnění byl stanoven z poměru objemu závitu šnekovice/cedákové komory (obr. 10).



Obr. 10: Stanovení objemu závitu a objemu cedáku (přístroje Komet CA59G, IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG, Germany) schematicky (Foto: J. Kyselka)

3.1. Skladování, úprava semen před lisováním

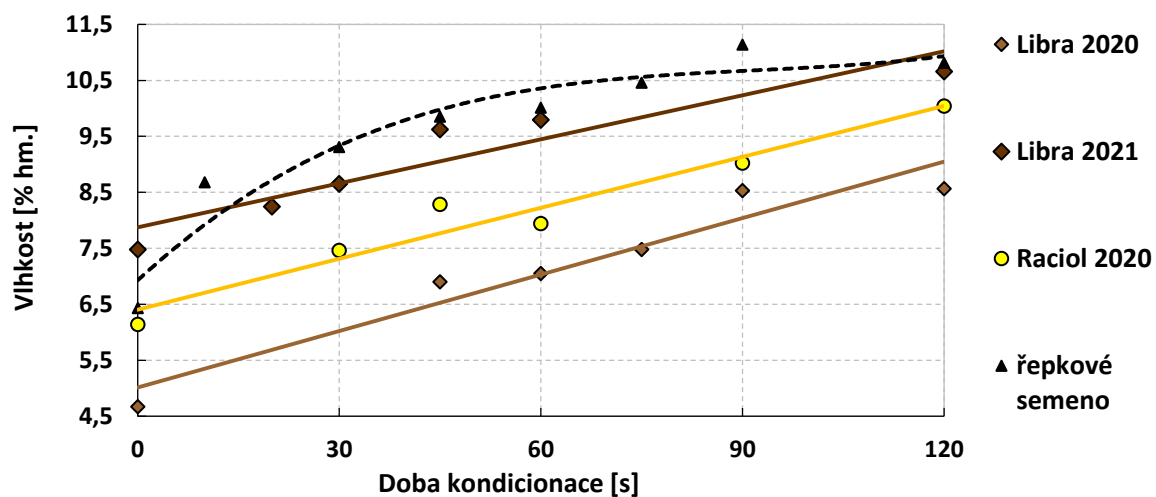
Lisování řepkového či slunečnicového oleje na kontinuálních šnekových lisech v tukovém průmyslu je rutinním technologickým procesem, zatímco mechanické získávání surového lněného, konopného, tykvového a ostropestřcového oleje pro potřeby malých zpracovatelů je nutné optimalizovat. V první fázi je nutné aplikovat předúpravné operace, které vedou

k narušení pletiv a buněčných stěn semen. Vložování lněných semen nebo odstranění mukózní vrstvy se ukázalo jako neefektivní, neboť se snížil výtěžek oleje, množství prolisů a teplota lněných produktů se naopak skokově zvýšila, což souvisí s vyšší disipací mechanické energie. Nejdůležitější jednotkovou operací je tudíž tzv. kondicionace, při které dochází ke kondenzaci syté vodní páry na povrchu materiálu. Množství kondenzované syté páry ve lněných/konopných/ostropestřcových semenech lze úspěšně kalibrovat použitím horizontálního či vertikálního klimatizéru (kondicionéru). Obsah vody v původních lněných (5,5–6,0 % hm.) i konopných (6,1–7,1 % hm.) semenech je příliš nízký pro potřeby laboratorního/průmyslového lisování. Ostropestřec mariánský je v porovnání s ostatními olejninami snadno lisovatelný v širokém rozmezí obsahu vlhkosti.



Obr. 11: Laboratorní kondicionace provedená na průmyslovém výrobníku Stephan UM/SK5, semena byla kondicionována přímým vstřikem páry (1,5–2,0 bar) (Foto: J. Kyselka)

Laboratorní kondicionace a její optimalizace byla provedena na průmyslovém výrobníku Stephan UM/SK5, semena byla kondicionována přímým vstřikem páry (1,5–2 bar) po dobu 10–120 s za současného míchání materiálu (obr. 11). Mukózní vrstva lnu setého vytvářela hydrofilní gel. Průběh kondicionace v závislosti na době stripování přímé páry bylo možné popsat lineární závislostí (obr. 12), směrnice přímk byly téměř identické (0,026 až 0,034). Pro srovnání je uveden průběh laboratorní kondicionace řepky olejky jako průmyslového standardu. Len s obsahem vlhkosti pod 6 % hm. byl prakticky nelisovatelný. Lněné a konopné výlisky s různým obsahem vlhkosti (6–13 % hm.) jsou prezentovány na obrázcích 13, 14. S vyšší vlhkostí roste riziko kontaminace potenciálně patogenními mikroorganismy, zejména plísněmi, kvasinkami či koliformními bakteriemi.



Obr. 12: Průběh kondicionace lnu setého a řepky olejky v závislosti na době stripování přímé páry (1,5–2,0 bar)



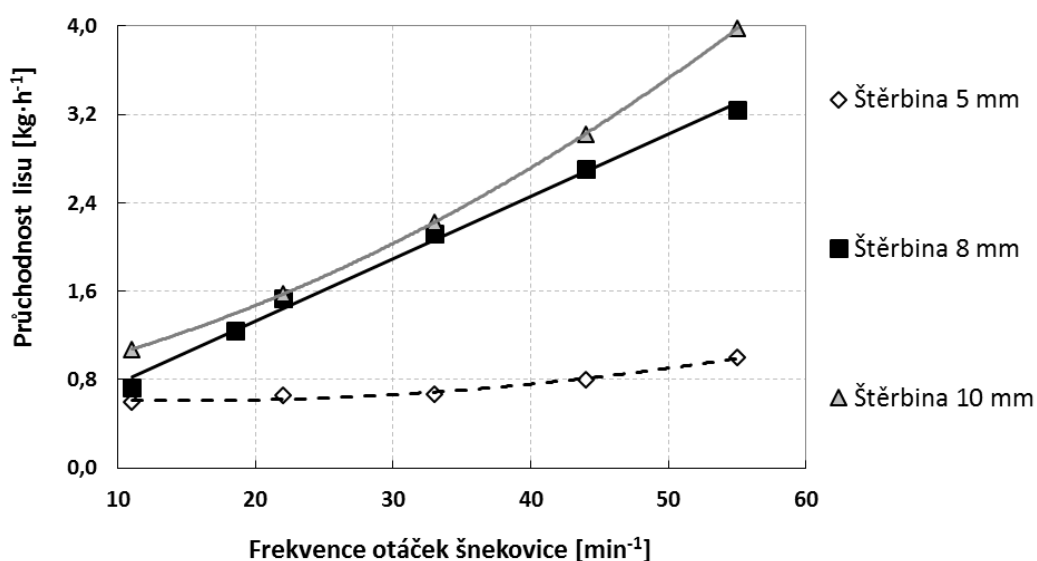
Obr. 13: Struktura výlisků lnu setého (odrůda Libra) ze sklizně 2021 po lisování na ústrojí s 10 mm tryskou (Zdroj: J. Kyselka)



Obr. 14: Struktura výlisků konopí setého (odrůda Finola) ze sklizně 2020 po lisování na ústrojí s 10 mm tryskou (Foto: J. Kyselka)

3.2. Specifické odlišnosti při lisování semen lnu setého, konopí setého, tykve olejné a ostropestřce mariánského

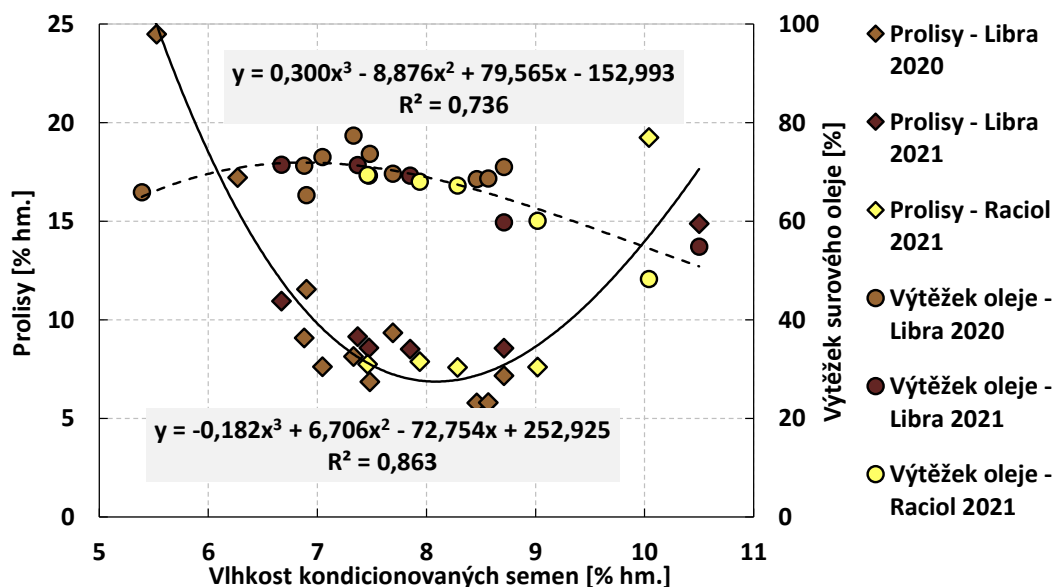
Lisování řepkového či slunečnicového oleje na kontinuálních šnekových lisech v tukovém průmyslu je rutinním technologickým procesem, zatímco mechanické získávání surového lněného, konopného, ostropestřcového či dýňového (tykvového) oleje pro potřeby malých a středně velkých zpracovatelů je nutné optimalizovat. Mezi klíčové provozně-inženýrské parametry při šnekovém lisování řadíme výtěžek surového oleje, hmotnostní průchodnost olejnatého materiálu cedřákovou komorou, obsah prolisů vlivem vratného toku materiálu a v neposlední řadě také teplotu surového oleje i výlisků na výstupu z lisovacího ústrojí. Tyto parametry mají nemalý praktický význam pro průmyslové zpracovatele olejnin, neboť obsah prolisů a distribuce velikosti suspendovaných částic v surovém oleji ovlivňují rychlost filtrace, provozní tlak a zanášení plachetek/filtrační tkaniny deskového filtru. Teplota oleje na výstupu z cedřákové komory definuje, zda byl produkt získán lisováním za studena (do 50 °C dle Codex alimentarius) či za horka. Hmotnostní průchodnost materiálu zařízením určuje kapacitu zpracovatelského závodu a v neposlední řadě souvisí s disipací mechanické energie, tedy i teplotou vystupujících produktů. Zpracovatelé olejnin disponující šnekovým lisem mají několik stupňů volnosti, kterými mohou nepřímo ovlivnit kvalitu surového oleje i výlisků. V první řadě se jedná o velikost štěrbin na výstupu lisovacího ústrojí (pro lisy malé kapacity obvykle 4–10 mm) a frekvence otáček šnekovice (pro lisy malé kapacity obvykle 11 až 55 min⁻¹). Tyto klíčové parametry určují zpracovatelskou kapacitu závodu i tření uvnitř cedřákové komory díky účinku axiální a radiální tlakové složky. Na obr. 15 je zaznamenán vliv průměru trysek lisovacího ústrojí a frekvence otáček šnekovice na hmotnostní průchodnost semen lnu setého (odrůda



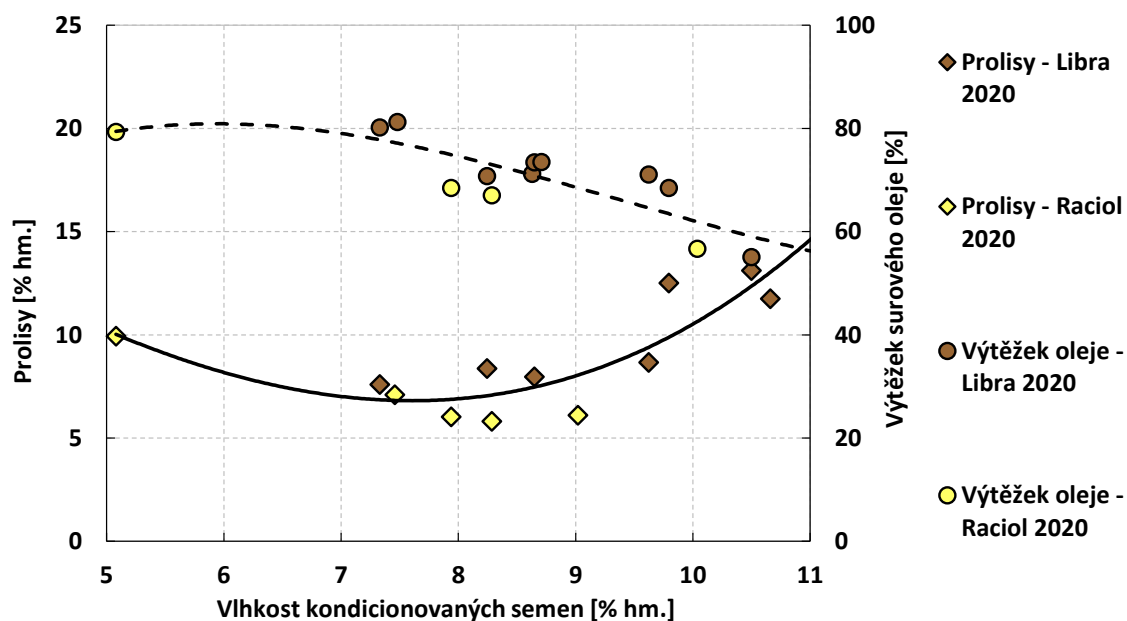
Obr. 15: Optimalizace hmotnostní průchodnosti semen lnu setého (Libra, vlhkost 8,71 % hm.) šnekovým lisem s různým průměrem trysek lisovacího ústrojí a frekvencí otáček šnekovice

Libra, vlhkost 8,71 % hm.). Z uvedeného grafu je patrné, že maximální průchodnosti přibližně 4 kg/h materiálu šnekovým lisem bylo dosaženo při použití 10 mm trysky. Logicky však stoupá teplota oleje i výlisků.

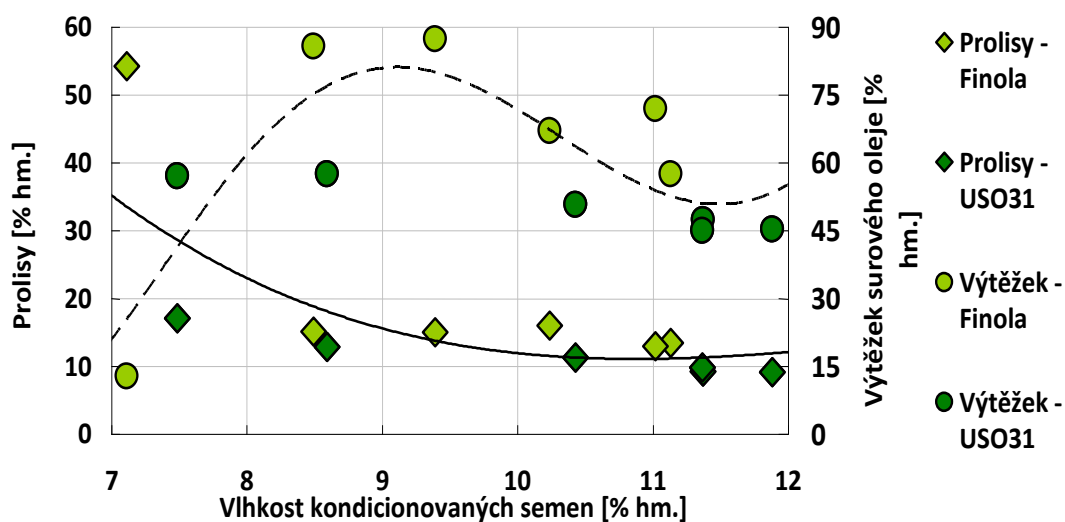
Výroba lisovaných a za studena lisovaných rostlinných olejů je vždy určitým kompromisem mezi maximálním výtěžkem surového oleje a teplotou vystupujících produktů či množstvím suspendovaných prolisů. Do hry vstupuje ještě jeden zásadní parametr – vlhkost kondicionovaných semen. V kapitole 3.1. bylo uvedeno, že s ohledem na složení povrchových vrstev semen má největší vliv v případě lnu setého a konopí setého. Závislost obsahu prolisů a výtěžku surového lněného oleje na vlhkosti kondicionovaných semen (odrůdy Libra, Raciol; sklizeň 2020 a 2021) nebyla lineární. Řešením průběhu polynomické funkce a hledáním jejího maxima či minima lze definovat optimální procesní parametry (interval) laboratorního lisování. Výsledky jsou dle našich empirických zkušeností dobře přenositelné do průmyslového měřítka. Pokud je snahou výrobce dosažení co nejvyššího procentuálního výtěžku surového oleje, musí také zohlednit větší obsah prolisů v surovém oleji a naopak. Obrázky 16 a 17 ilustrují výše zmíněný trend při použití trysek na výstupu lisovacího ústrojí o různém průměru. Průběh lisování lnu setého závisel na vlhkosti kondicionovaných semen (vlhkost vstupních semen však může záviset na odrůdě). Jednalo se tudíž o zásadní provozně-inženýrský parametr. V případě kondicionovaných semen lnu setého lze za optimální vlhkost považovat 7–8 % hm., v technologii je dosaženo maximálního výtěžku surového lněného oleje (68–77 %) a současně nejnižšího obsahu prolisů (5–11 % hm.). V případě konopí setého je dosaženo technologického optima při vlhkosti kondicionovaného materiálu 8,5–9,5 % hm. (obr. 18), i



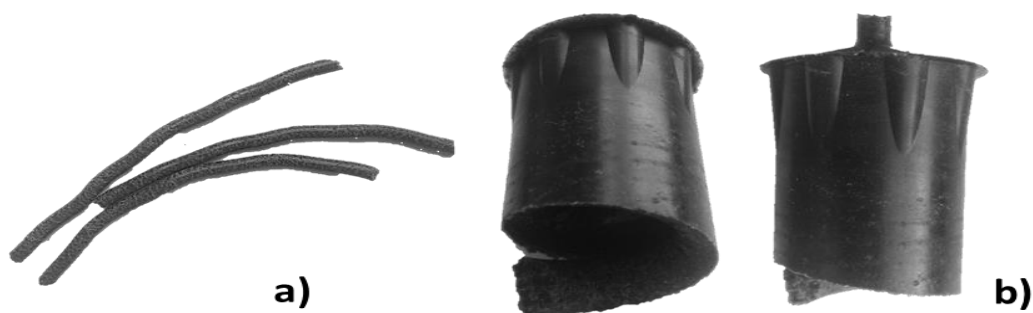
Obr. 16: Vliv vlhkosti kondicionovaných semen lnu setého (odrůdy Libra, Raciol; sklizeň 2020 a 2021) na výtěžek surového oleje a obsah prolisů při použití trysky o průměru 10 mm na výstupu z lisovacího ústrojí (zařízení Komet CA59G, IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG)



Obr. 17: Vliv vlhkosti kondicionovaných semen lnu setého (odrůdy Libra a Raciol; sklizeň 2020) na výtěžek surového oleje a obsah prolisů při použití trysky o průměru 8 mm na výstupu z lisovacího ústrojí (zařízení Komet CA59G, IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG)



Obr. 18: Vliv vlhkosti kondicionovaných semen konopí setého (odrůdy Finola, USO31; sklizeň 2020) na výtěžek surového oleje a obsah prolisů při použití trysky o průměru 10 mm na výstupu z lisovacího ústrojí (zařízení Komet CA59G, IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG)



Obr. 19: Typické výlisky lnu po šnekovém lisování (a), „zapečený“ materiál (len Libra, vlhkost 4,5 % hm.) na výstupu lisovacího ústrojí (b)

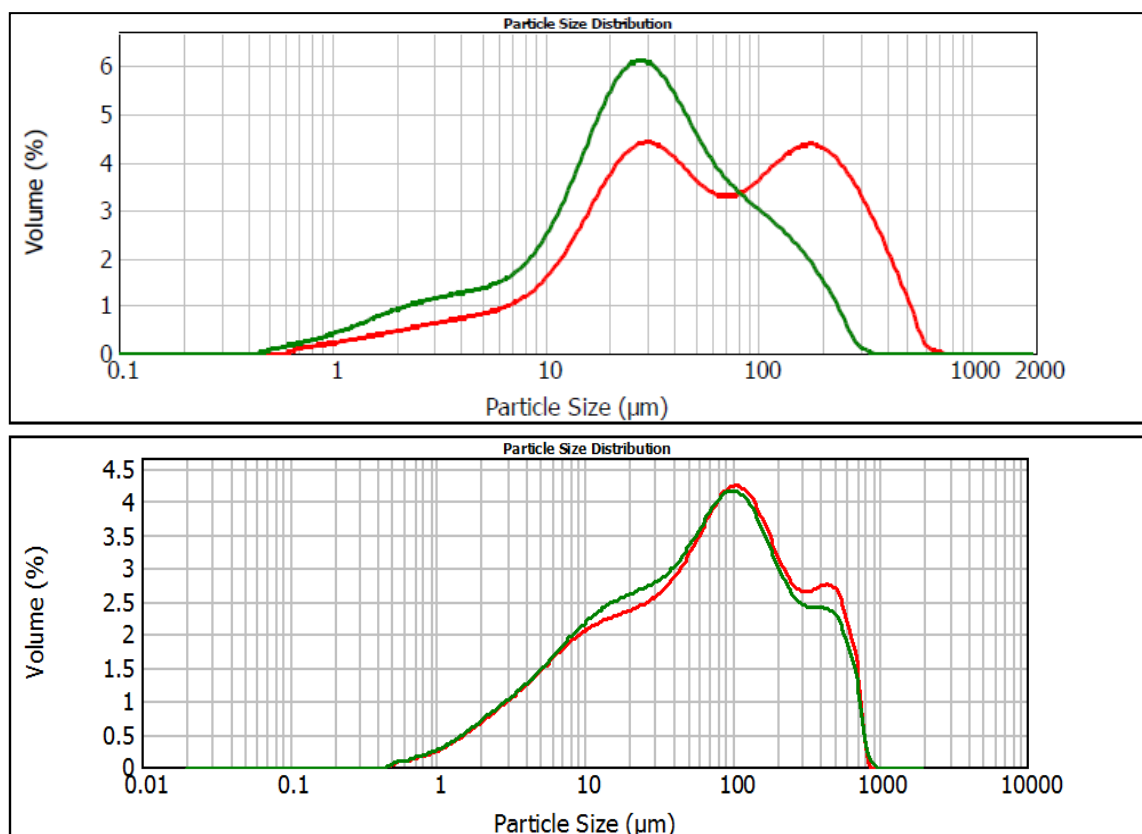
přesto byl obsah prolisů v surovém konopném oleji téměř dvojnásobný oproti lněnému oleji (9–16 % hm.). To klade zvýšené nároky na deskovou filtraci před stáčením oleje do spotřebitelských obalů. Velmi nízká vlhkost olejnatého materiálu vede ke „spečení“ vystupujících výlisků vlivem rostoucího tlaku a teploty (obr. 19), průchodnost lisu se snižuje či zcela zamezí. Vzrůstající tlak šnekovice na materiál v cedřákové komoře může vést až k prasknutí klínového řemene na hřídeli.

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 na 13,9 % hm. Za kritickou vlhkost výlisků a extrakčních šrotů považujeme 15 % hm., poté hrozí rozvoj růstu mikroorganismů včetně mykotoxigenních hub (např. *A. flavus*).

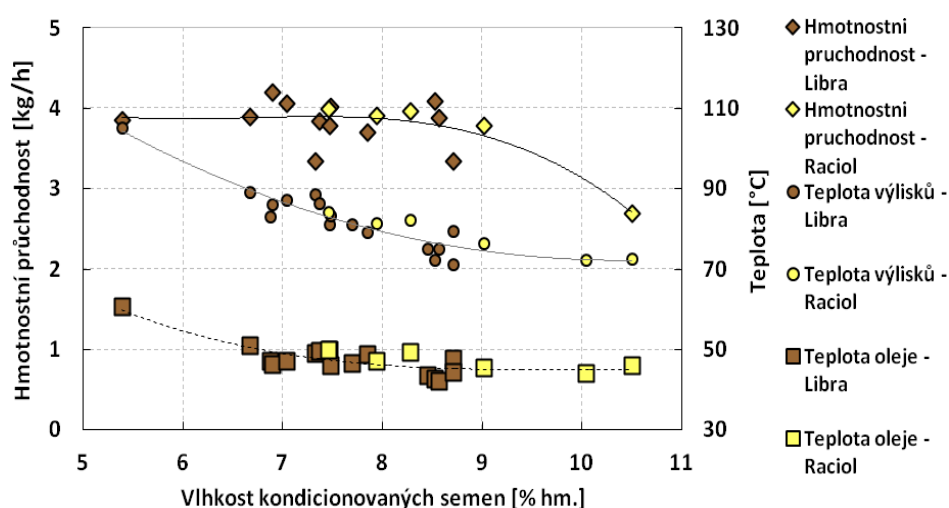
Čerstvě izolované rostlinné oleje obsahují suspendované částice – prolisy. Velcí průmysloví výrobci k jejich separaci využívají usazovaky a Amafiltry. Na obr. 20 dole je znázorněna distribuce velikosti částic řepkových prolisů (kapacita zpracovatele $\approx$ 1500 t/d). Distribuce velikosti částic prolisů definuje průběh průmyslové filtrace. Užší distribuci velikosti částic vykazovaly prolisy suspendované v oleji získaného na laboratorním zařízení (4 kg/h), současně byla posunuta celá distribuce velikosti částic k nižším hodnotám. Tento fakt zřejmě ovlivní naplňování filtračního koláče. Výsledky jsou patrné z obr. 20 nahoře.

Z provozně-inženýrského hlediska je důležitým parametrem množství částic menších než 10 μm , protože mohou procházet rukávem filtru/plachetkou. Průmyslový vzorek je proto horší.

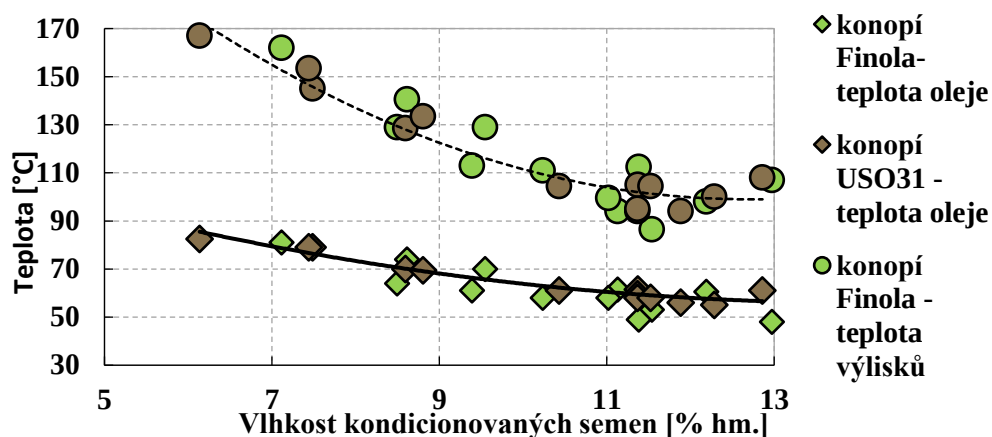
Disipace mechanické energie při šnekovém lisování je přímo úměrná vlhkosti kondicionovaných semen lnu setého (obr. 21) i konopí setého (obr. 22). S klesající vlhkostí olejnatého materiálu se zvyšuje teplota obou vystupujících produktů. V případě konopného oleje je relativně obtížné docílit lisování za studena, neboť vystupující výlisky obsahují kritické množství vlhkosti a z hlediska mikrobiologické jakosti nejsou dlouhodobě údržné.



Obr. 20: Distribuce velikosti částic mezi prolisy ze surového lněného oleje před deskovou filtrací (horní obrázek) a lisovaného řepkového oleji izolovaném v závodu s kapacitou 1500 t/den před průmyslovým usazováním a filtrací na Amafiltru (spodní obrázek)



Obr. 21: Vliv vlhkosti kondicionovaných semen lnu setého (odrůdy Libra, Raciol; sklizeň 2020) na hmotnostní průchodnost materiálu a teplotu lněných produktů při použití trysky o průměru 10 mm na výstupu z lisovacího ústrojí (zařízení Komet CA59G, IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG)



Obr. 22: Vliv vlhkosti kondicionovaných semen konopí setého (odrůdy Finola, USO31; sklizeň 2020) na teplotu konopných produktů při použití trysky o průměru 10 mm na výstupu z lisovacího ústrojí (zařízení Komet CA59G, IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG)

Pro průmyslové zpracovatele je velice obtížné zpracování lnu setého, neboť bez předúpravných operací je v porovnání s konopnými semeny či nažkami ostropestřce prakticky nelisovatelný. Shromážděné poznatky lze sumarizovat formou přehledné tabulky 6. Laboratorní lisování bylo na našem pracovišti provedeno po 12hodinové relaxaci materiálu s upraveným obsahem vlhkosti. K lisování lněného oleje byl vybrán šnekový lis Komet CA59G (IBG Monforts Oekotec GmbH & Co.KG, Germany), který svou konstrukcí odpovídá tzv. dolisu. Bylo prokázáno, že průběh lisování nezávisel na konkrétní odrůdě, ale na vlhkosti kondicionovaných semen. Jednalo se o zásadní provozně-inženýrský parametr. Maximálního výtěžku surového lněného oleje a nejmenšího obsahu prolisů bylo dosaženo při lisování kondicionovaných semen s obsahem vody 7–8 hm. % (tab. 6). Hodinový výkon vykazoval

Tabulka 6: Vliv vlhkosti na sledované procesní parametry: lisování lněných semen s 10 mm tryskou na lisovacím ústrojí (poplatné pro odrůdy Libra, Recital, Agram, Raciol, Agriol, Amon)

Vlhkost [hm. %]	Výtěžek oleje [%]	Prolisy v oleji [%]	Teplota oleje [°C]	Teplota výlisků [°C]	Průchodnost lisu [kg·h ⁻¹]	Vratný tok k _v
5–6	65,9	24,5	60,5	105,0	3,9	0,74
6–7	71,3–71,5	9,1–17,2	46,2–51,1	83,0–89,2	3,9–4,2	0,72–0,74
7–8	68,0–77,4	6,9–9,3	45,9–49,8	79,2–88,5	3,7–4,1	0,73–0,76
8–9	59,8–71,0	4,8–8,6	42,6–49,2	71,0–82,1	3,3–4,1	0,73–0,78
9–10	60,1	7,6	45,5	76,5	3,8	0,75
10–11	48,3–54,9	14,9–19,3	43,9–46,0	72,1–72,5	2,7	0,82

maximální hodnoty, ale teplota oleje ojediněle přesahovala hranici 50 °C, tudíž by se dle Codex alimentarius nejednalo o lisování za studena. S ohledem na kvalitu oleje bylo nutné brát v potaz

snížení celkového výtěžku, navýšení hm. % prolisů v surovém oleji a snížení hodinového výkonu, aby bylo dosaženo nižší teploty výlisků a surového oleje před filtrací.

Pro představu uvádíme v tabulce 7 výsledky autorského kolektivu Aladić a kol., kteří se zabývali lisování konopného oleje (Aladić a kol., 2014). Jejich výstupy jsou v souladu s našimi výsledky. Získávání dýňového (tykvového) oleje se značně liší od zavedených průmyslových postupů. Nejlepších výsledků je dosaženo tradičními metodami, které kombinují mletí tykvových semen, vysolení materiálu a pražení vzniklé pasty při teplotě 100–140 °C po dobu

Tabulka 7: Vliv šnekového lisování na obsah reziduálního oleje v konopných výliscích a teplotu oleje při lisování za studena (Aladić a kol., 2014)

Velikost štěrby lisovacího ústrojí	Frekvence [min ⁻¹]	Teplota oleje [°C]	Reziduální olej ve výliscích [% hm.]
12 mm	20	42	10,42
12 mm	30	42	13,34
12 mm	40	44	14,16
9 mm	20	43	10,52
9 mm	30	43	12,32
9 mm	40	43	13,71
6 mm	20	45	9,96
6 mm	30	49	10,60
6 mm	40	48	12,10

30 až 60 minut. Zvolený teplotní interval lze považovat za bezpečný, protože při něm nevznikají genotoxické polycyklické aromatické uhlovodíky (Potočník, Košir, 2017). Zároveň byla zaznamenána tvorba žádoucích produktů Maillardovy reakce a Streckerovy degradace aminokyselin původem z dýňových semen. Mletím semen dochází k narušení pletiv, zatímco při vysolování dýňové pasty za zvýšené teploty jsou narušeny nepropustné buněčné stěny. Závěrečné pražení způsobuje denaturaci proteinů a snižuje vlhkost materiálu před lisování na hydraulických lisech (výroba tradiční Štýrského dýňového oleje) či na šnekových lisech.

V důsledku pražení byl pozorován pokles obsahu vody z původních 6,00 % hm. na konečných 1,44–4,65 % hm. Obsah vlhkosti pod 2,31 % hm. lze považovat za kritický, protože hmotnostní průchodnost materiálu cedákovou komorou se výrazně snižuje na 4,17–4,24 kg/h a výtěžnost získatelného dýňového oleje rovněž klesá na pouhých 32,0–32,6 % (tab. 8). Obsah vlhkosti mimo optimální interval ovlivňuje celkovou hospodárnost procesu a výrazně jej zpomaluje. Hydrolytická a oxidační stabilita čerstvých dýňových olejů byla sledována stanovením čísla kyselosti, peroxidového čísla a indukční periody při 120 °C na přístroji Rancimat. Množství alkylhydroperoxidů a volných mastných kyselin bylo relativně nezávislé na zvolené teplotě pražení, jak je patrné z tabulky 9. Zvýšená teplota při pražení však měla

pozitivní vliv na stabilitu dýňových olejů při skladování, neboť významně prodloužila jejich indukční periodu z 8,51 h (praženo při 110 °C, 30 min) na 14,38 h (praženo při 140 °C, 30 min).

Tabulka 8: Vliv předúpravných operací na kvalitu dýňového oleje

Teplota při pražení dýňových semen (po dobu 30 minut)	110 °C	120 °C	130 °C	140 °C
Vlhkost pražených semen [% hm.]	4,65 ± 0,51	2,31 ± 0,37	1,55 ± 0,13	1,44 ± 0,05
Hmotnostní průchodnost [kg/h]	6,40 ± 0,23	5,05 ± 0,45	4,17 ± 0,34	4,24 ± 0,51
Výtěžek oleje [%]	71,0 ± 3,8	57,4 ± 5,0	32,6 ± 4,2	32,0 ± 3,5
Teplota surového oleje [°C]	55,5 ± 0,5	64,5 ± 0,5	65,0 ± 1,0	65,5 ± 0,5
Teplota výlisků [°C]	80,0 ± 1,0	82,5 ± 0,5	89,0 ± 1,0	92,0 ± 1,0

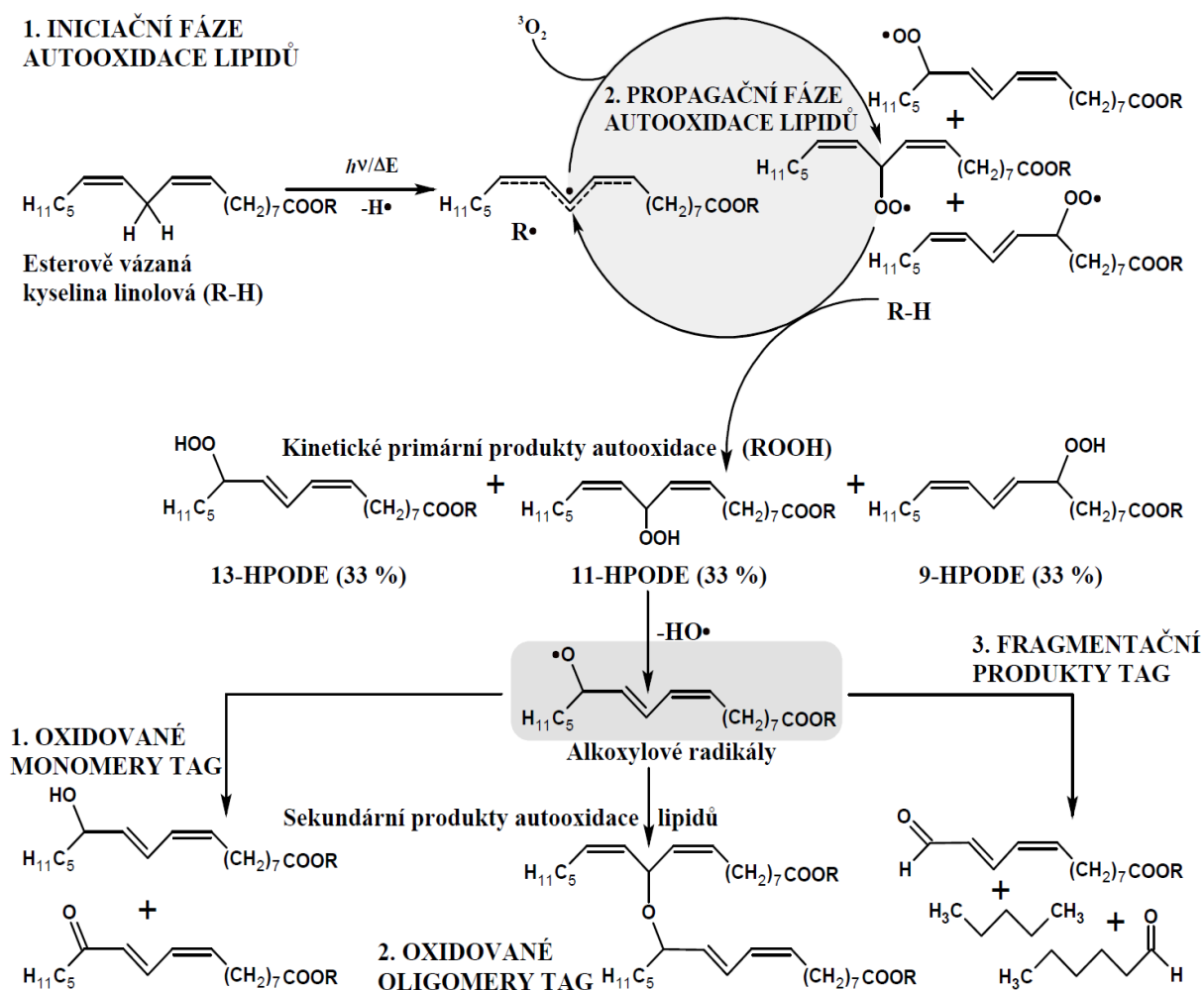
3.3. Možnosti ovlivnění oxidační stability surových rostlinných olejů

Autooxidace je pravděpodobně nejdůležitější reakcí lipidů, která se uplatňuje při zpracování i skladování potravin. Při mechanickém získávání rostlinných olejů lze minimalizovat autooxidační změny snížením parciálního tlaku kyslíku, zkrácením doby zdržení při vysokoteplotním namáhání, aplikací ochranné inertní atmosféry či denaturací lipoxygenáz. I přesto se jedná o fenomén, který definuje datum spotřeby finálních výrobků a řada oxidovaných lipidů (*n*-oxokyseliny, oxidované oligomery mastných kyselin, tokoferochinony etc.) v surových i plně rafinovaných olejích definitivně zůstává. Základní transformací propagačního stupně je tvorba primárních oxidačních produktů – alkylhydroperoxidů. Tím se propagují až tisíce dalších cyklů (obr. 23).

Alkoxylové radikály (RO•) mastných kyselin mohou poskytovat v následných reakcích tři skupiny sekundárních oxidačních produktů. Za klíčové reakční produkty lze považovat skupinu sloučenin s nižší molekulovou hmotností, protože ovlivňují senzorické vlastnosti a jsou nositeli typické žluklé chuti i vůně s nízkým podnětovým prahem (alkanaly $\approx 10^{-2}$ - 10^0 mg/kg; (*E*)-alk-2-enaly $\approx 10^{-2}$ - 10^0 mg/kg; (*E,E*)-alka-2,4-dienaly $\approx 10^{-2}$ - 10^{-1} mg/kg).

Antioxidanty představují důležité inhibitory autooxidace materiálů komerčního i biologického významu, zpomalují pokles nutriční i senzorické hodnoty (Pokorný, 2002; Schmidt, 2010). Tokochromanoly jsou nejdůležitějšími lipofilními antioxidanty v živých systémech i potravinových výrobcích. Jestliže jsou tokochromanoly zcela vyčerpány, systém dospěje do zlomového bodu – indukční periody, poté dochází ke zdánlivě exponenciálnímu růstu vznikajících alkylhydroperoxidů. Zmíněné parametry (PČ, anisidinové číslo, těkavé sekundární produkty autooxidace lipidů, indukční perioda, obsah tokoferolů apod.) lze považovat za klíčové indikátory kvality a údržnosti rostlinných olejů.

1. INICIAČNÍ FÁZE AUTOOXIDACE LIPIDŮ



Obr. 23 Tvorba primárních a sekundární produktů autooxidace kyseliny linolové

Získávání surového dýňového oleje ze semen tykve obecné (*Cucurbita pepo*) je nutné optimalizovat. Klíčovým parametrem je oxidační stabilita výrobků, které obsahují polynenasycené mastné kyseliny, tokoferoly, lipofilní pigmenty, produkty Maillardovy reakce a fytosteroly. Termostabilizace semen tykve je považována za klíčovou technologii při inaktivaci nežádoucích lipolytických enzymů, nepražená semena jsou na základě našich empirických znalostí prakticky nelisovatelná. Kyselina linolová uvolněná lipolýzou z triacylglycerolů je typickým nositelem hořké chuti („burning bitter off-taste“), za hraniční koncentraci se považuje 1 hm. % v MK. Termostabilizace významným způsobem prodlužuje indukční periodu surového dýňového oleje. Jedná se o pomyslný bod zlomu oleje či tuku, tedy bod, kdy byly zcela vyčerpány přítomné primární či sekundární antioxidanty a řetězové autooxidační reakci již v další peroxidaci (propagaci) nic nebrání. Z tohoto důvodu se jako zkušební teplota používá 120 °C. Akcelerovaná peroxidace vzorků je přenositelná do spotřebitelských podmínek (5 až 25 °C). Rychlost autooxidace je teplotně závislá v souladu s Arrheniovou rovnicí. Pokud je indukční perioda změřena při 2 různých teplotách, je možná

extrapolace dat právě do spotřebitelských podmínek a odhadnout tak minimální trvanlivost výrobku. Z tabulky 9 bylo patrné navýšení údržnost surových dýňových olejů (1,12 až 1,67krát).

Tabulka 9: Vliv teploty při termostabilizaci tykve obecné (odrůda Gleisdorfer) na jakost lisovaných olejů, zastoupení tokochromanolů a ostatních sloučenin s pro- či antioxidačními vlastnostmi

Dýňový olej lisovaný z pražených semen		110 °C	120 °C	130 °C	140 °C
Číslo kyselosti	[mg KOH/g]	1,15	1,55	1,88	1,58
Peroxidové číslo	[mekv.akt.O/kg]	4,42	4,32	4,69	3,68
Indukční perioda	[h]	7,27	9,12	8,32	8,64
Indukční perioda	[h]	8,51	10,24	13,91	14,38
Tokochromanoly	[mg/kg]	461,3	448,6	490,6	480,0
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

Dále byl sledován vliv vysokoteplotního namáhání tykvových semen na obsah přítomných alkylhydroperoxidů a volných mastných kyselin. Číslo kyselosti a peroxidové číslo bylo vlivem termostabilizace nepatrně zvýšeno, hranice definovaná v Codex alimentarius (15 mekv. akt. O/kg) však nebyla překročena. Vzhledem k tomu, že obsah celkových tokochromanolů byl prakticky nezávislý na podmínkách pražení, zůstává otázkou, jakým mechanismem je skutečně navýšena oxidační stabilita dýňových olejů. Pravděpodobně se jedná o synergický mechanismus účinku karotenoidů (zhášečů singletového kyslíku), tokochromanolů a přítomných fosfolipidů.

V konopných semenech po sklizni jsou vysoce aktivní lipázy či lipoxygenázy, proto je materiál nutné stabilizovat. V potravinářském průmyslu se často používají loupaná semena, která jsou zvláště hydrolyticky a oxidačně nestabilní, neboť došlo k jejich mechanickému narušení. Kvalitu oleje a výlisků definuje především kvalita vstupních semen. Nezralá nebo nevhodně skladovaná semena nemají ustálené enzymové aktivity lipáz, fosfolipáz a lipoxygenáz. Výsledkem jsou senzorické vady, zejména hořknutí (burning bitter off taste). Hořká chuť, která souvisí s uvolněnou kyselinou linolovou, je průkazná již při 1% obsahu volné kyseliny linolové. Řešením může být tzv. termostabilizace konopných semen či pražení.

Termostabilizací je dosaženo vyšší oxidační stability produktů, současně byla pozorována koagulace proteinů a tvorba senzory aktivních sloučenin při Maillardově reakci, Streckerově degradaci apod. Tyto sloučeniny jsou zodpovědné za žádoucí aroma oleje i výlisků. Při lisování původních/termostabilizovaného semen lnu i konopí setého (4 kg) byla výtěžnost nejvyšší po pražení při 130 °C. Teplota surového oleje na výstupu z cedřákové komory byla přímo úměrná tepelné úpravě lněných i konopných semen (Tab. 10 a 11). Termostabilizace zvýšila výtěžnost lisování, ale získané oleje již nelze považovat za studena lisované, neboť jejich teplota překročila 50 °C, což je v rozporu s Codex alimentarius. Ve všech případech nepatrně pokleslo číslo kyselosti, které odpovídalo míře lipolýzy triacylglycerolů na parciální estery glycerolu a volné mastné kyseliny. Také se zvýšilo peroxidové číslo a současně se významně snížila indukční perioda olejů, což je základní míra oxidační stability systému. Termostabilizace konopných i lněných semen negativně ovlivnila údržnost jedlých olejů, uvolněné sekundární oxidační produkty lipidů se negativně projeví na senzorycké kvalitě.

Tabulka 10: Vliv termostabilizace lnu setého (odráda Libra) na získávání surového oleje a jeho kvalitu

	Lněný olej		
	nepraženo	praženo při 100 °C	praženo při 130 °C
Vlhkost semen (% hm.)	12,40	8,43	7,45
Hmotností průchodnost (kg.h ⁻¹)	3,134	3,411	3,440
Výtěžek oleje (%)	53,29	79,02	87,83
Teplota oleje (°C)	50 – 51	68 – 70	70 – 75
IP oleje (h)	0,40	0,35	0,33
ČK (mg KOH.g ⁻¹)	0,62	0,58	0,59
Kyselost (% hm.)	0,31	0,29	0,30
PČ (mekv.akt.O ₂ .kg ⁻¹)	2,23	2,52	2,95

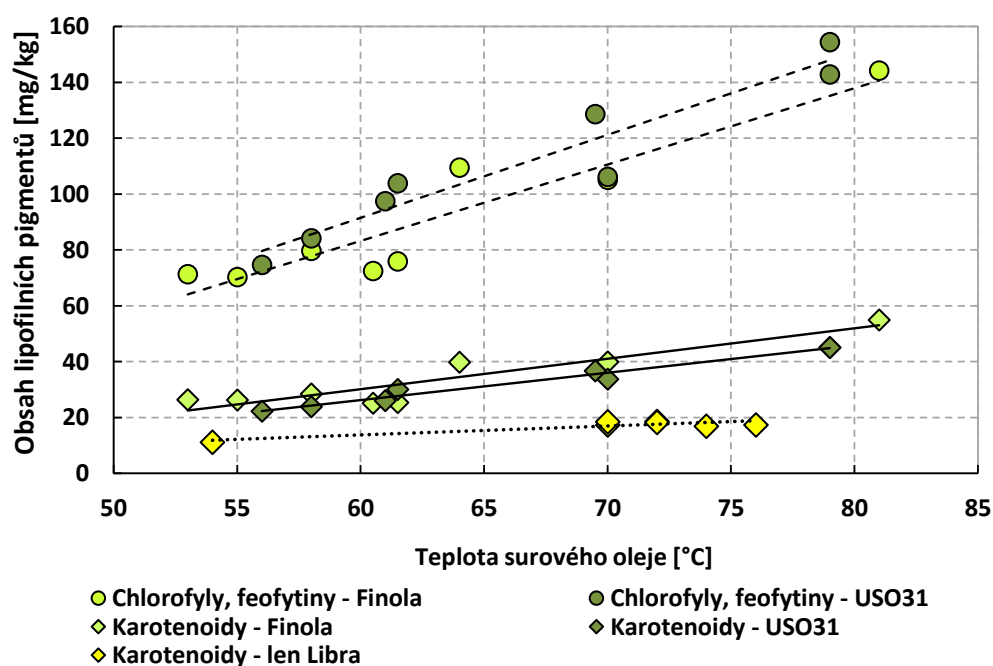
IP – Indukční perioda, ČK – číslo kyselosti, PČ – peroxidové číslo

Z uvedených výsledků (tab. 10 a 11) je patrné, že termostabilizace konopných a lněných semen nemá očekávaný vliv na kvalitu finálního surového oleje. Mnohem důležitější je vlhkost semen a teplota oleje na výstupu z cedřákové komory. S rostoucí teplotou v případě obou komodit lineárně vzrůstá obsah významných prooxidantů – lipofilních pigmentů (obr. 24). U konopného oleje se projevuje změnou intenzity zelené barvy surového oleje (obr. 25) a v neposlední řadě sníženou údržností výrobku poklesem indukční periody.

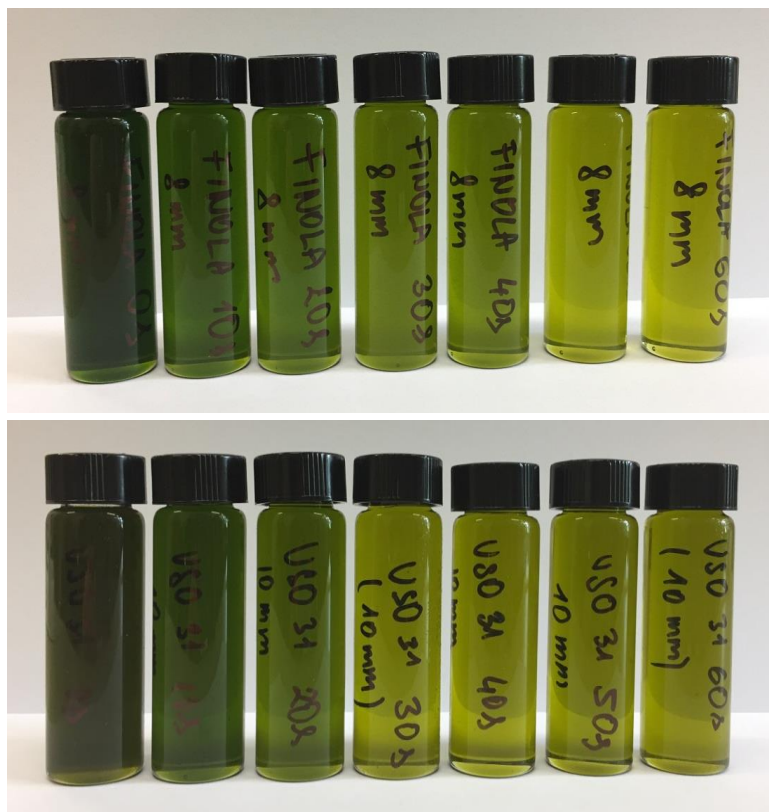
Tabulka 11: Vliv termostabilizace konopí setého (odrůda Finola) na získávání surového oleje a jeho kvalitu

	Konopný olej		
	nepraženo	praženo při 100 °C	praženo při 130 °C
Vlhkost semen (% hm.)	12,01	10,04	9,32
Hmotností průchodnost (kg.h ⁻¹)	5,340	3,390	3,538
Výtěžek oleje (%)	57,65	72,80	70,43
Teplota oleje (°C)	64 – 67	68 – 74	70 – 79
IP oleje (h)	2,45	2,00	2,22
ČK (mg KOH.g ⁻¹)	1,25	0,98	0,96
Kyselost (% hm.)	0,63	0,49	0,48
PČ (mekv.akt.O ₂ .kg ⁻¹)	0,74	4,65	4,50

IP – Indukční perioda, ČK – číslo kyselosti, PČ – peroxidové číslo



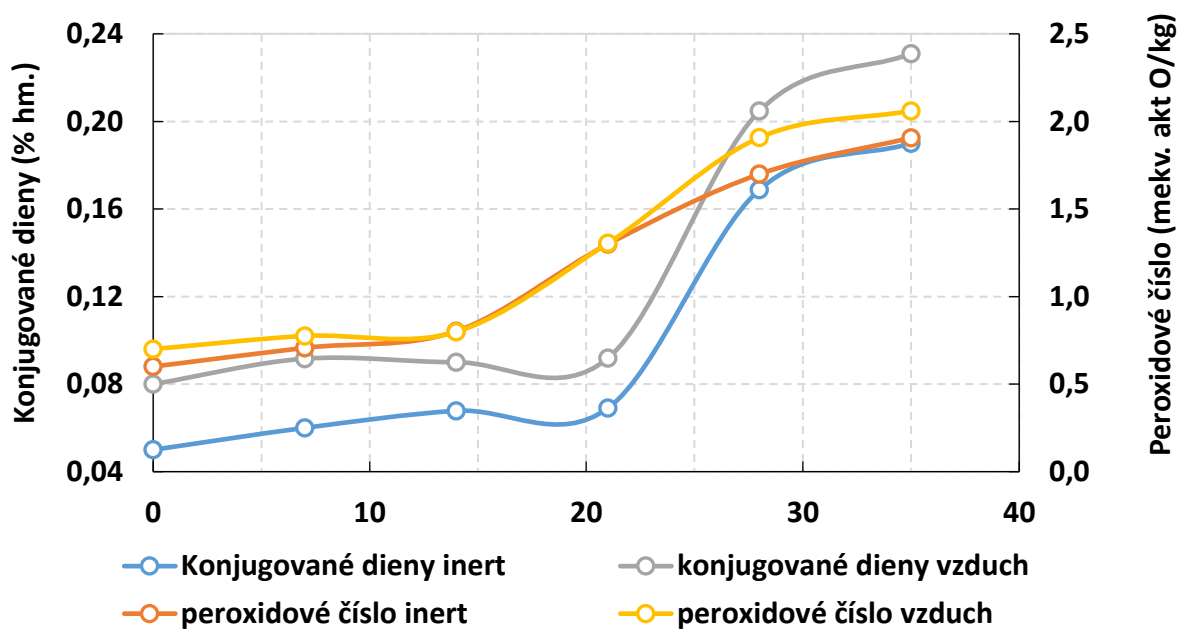
Obr. 24: Vliv disipace mechanické energie při šnekovém lisování na obsah lipofilních pigmentů v surovém konopném (odrůdy Finola, USO31; sklizeň 2020) a lněném (odrůda Libra, sklizeň 2020) oleji



Obr. 25: Vliv kondicionace a následné disipace mechanické energie při šnekovém lisování na barvu surového konopného (odrůdy Finola, USO31; sklizeň 2020) oleje (Foto: J. Kyselka)

Primárními produkty autooxidace lněného oleje, lněných výlisků či jejich frakcí jsou nestálé hydroperoxy mastných kyselin. Vznik hydroperoxidů kyseliny linolové a kyseliny α -linolenové je vždy doprovázen konjugací dvojných vazeb za vzniku tzv. konjugovaných dienů. Zvyšující se obsah hydroperoxidů (peroxidové číslo) je obvykle silně pozitivně korelován s rostoucím obsahem konjugovaných dienů (obr. 26). Peroxidové číslo lněného oleje lisovaného v prostředí argonu (obr. 27) bylo $0,59 \pm 0,01$ mekv. akt. O/kg, zatímco olej lisovaný „na vzduchu“ měl zvýšený obsah alkylhydroperoxidů $0,93 \pm 0,01$ mekv. akt. O/kg. Indukční perioda stabilnějšího oleje stanovená při 120 °C byla 1,4 hodiny a během 5 týdnů se prakticky nezměnila.

V případě 5týdenního skladovacího pokusu bylo prokázáno, že oleje lisované v inertní atmosféře argonu jsou stabilnější než oleje lisované bez použití ochranné atmosféry. I přesto lze říct, že lisování bylo v obou případech šetrné, neboť peroxidové číslo sledovaných olejů nepřesáhlo 2,1 mekv. akt. O/kg po 5 týdnech skladování. Komerční oleje lisované za studena malými a středně velkými zpracovateli mají běžně peroxidová čísla nad 2,5 mekv. akt. O/kg při plnění do spotřebitelských obalů. Obsah konjugovaných dienů byl velmi nízký (0,19 - 0,23 % hm.).



Obr. 26: Vzniku primárních oxidačních produktů autooxidace lipidů (P.Č., konjugované dieny) ve vzorcích lněných semen lisovaných s/bez použití ochranné atmosféry argonu



Obr. 27: Technologické provedení šnekového lisování v ochranné atmosféře argonu (Foto: J. Kyselka)

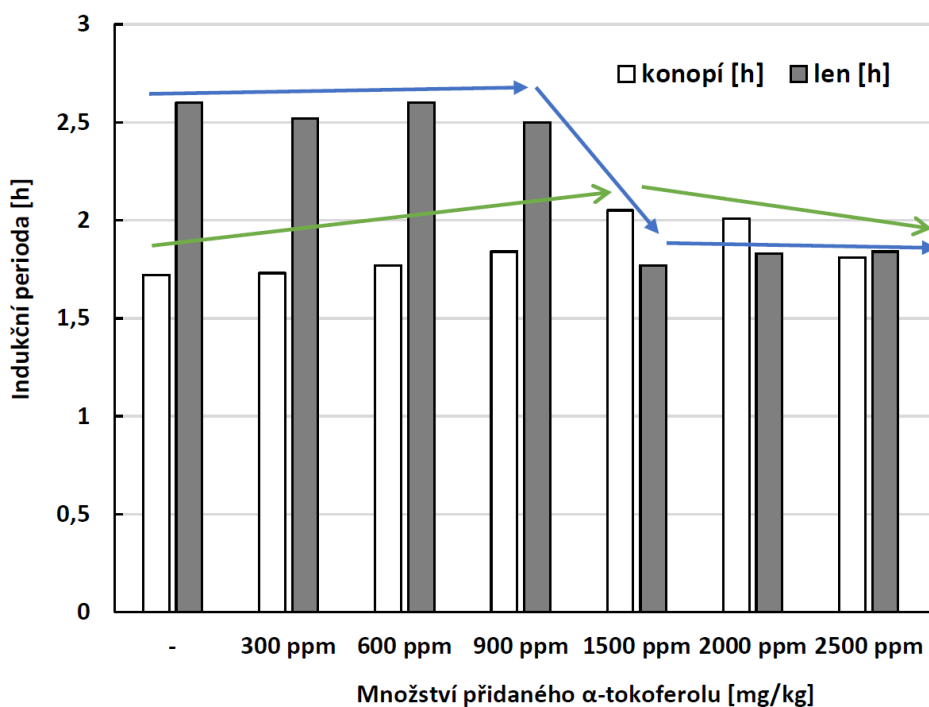
3.4. Balení a skladování vylisovaných olejů

Zpracovatelé konopných, lněných a tykvových semen či ostropestřcových nažek disponují lisovnami s menší kapacitou. Šnekové lisy, 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. lisy 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 µm). 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 oxidálně 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 olejem. 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 senzory 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. 28 je uveden vliv přídatku komerčního přírodního antioxidantu - α -tokoferolu (99%) na údržnost lněného (odrůda Libra) a konopného (odrůda Finola) oleje. 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 přidavku α -tokoferolu do konopného oleje). Pozor však na vyšší přídatky 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. S ohledem na

uvedené je vhodné stáčet nerafinované oleje do spotřebitelských obalů z tmavého skla o menším objemu (obr. 29).



Obr. 28: Vliv přídavku α -tokoferolu (99%) na údržnost lněného (odrůda Libra) a konopného (odrůda Finola) oleje



Obr. 29: Nerafinované, za studena lisované rostlinné oleje je třeba balit do vhodných spotřebitelských obalů, jako jsou láhve z tmavého skla o menším objemu (např. 250 ml) (Foto: M. Jarošová)

4. Výlisky olejnin a jejich zpracování na mouky a bílkovinné koncentráty

4.1. Bílkoviny semen olejnin

Bílkoviny rostlinných semen mají různé funkce, kvantitativně převažují zásobní bílkoviny jako rezervní zdroj dusíku. K dalším funkcím patří strukturní, regulační, katalytická, obranná a reakce na stres, transportní a řada jiných. Často jsou rostlinné bílkoviny klasifikovány podle rozpustnosti (dle práce Osborne, 1924) na: vodorozpustné albuminy, globuliny rozpustné ve slabých roztocích solí, prolaminy rozpustné ve vodných roztocích alkoholů a gluteliny rozpustné ve slabých roztocích zásad nebo kyselin (Mandal, Mandal, 2000; Chéreau a kol., 2016; Bárta a kol., 2021a).

Později se přistoupilo ke klasifikaci hlavních semenných bílkovin podle sedimentačního koeficientu. U olejnin a luskovin jsou obecně nejrozšířenější 7–12S globuliny, které jsou následované skupinou 2S albuminů. U olejnatých semen (resp. plodů) je nejrozšířenější bílkovinou 11S globulin, který má u jednotlivých druhů obdobnou strukturu (Shewry a kol., 1995; Chéreau a kol., 2016). Zásobní globulin 11S má v nativním stavu podobu hexameru s molekulovou hmotností (MW) 300 až 360 kDa, monomerní jednotky mají u většiny zástupců olejnin (a také luskovin) velmi podobnou stavbu. Monomer má MW 50–60 kDa a je složen z

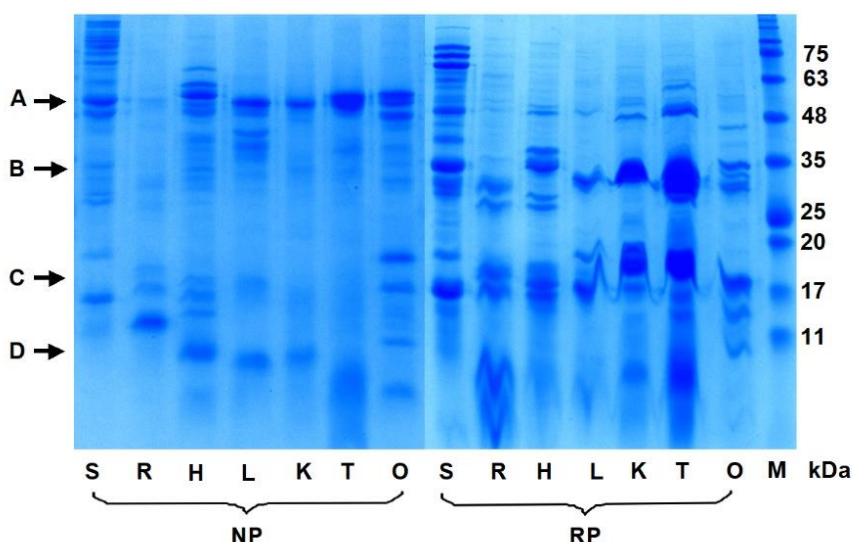
Tabulka 12: Přehled majoritních frakcí bílkovin a jejich relativní abundance v obsahu bílkovin semen vybraných druhů olejnin (Bárta a kol., 2021a)

druh	globulinová frakce		albuminová frakce		Reference
	specifikace	RAP %	specifikace	RAP %	
SL	glycinin (11S) – H β-conglycinin (7S) – T	90	albumin	10	Renkema (2001); Nishinari a kol. (2014)
ŘO	cruciferin (12S) – H	≈50	napin (2S)	20–40	Wanasundara a kol. (2016); Von Der Haar a kol. (2014)
SR	helianthinin (11S) – H	40–90	sunflower albumin	10–30	González-Pérez, Vereijken (2007)
LS	linin (11–12S) – H	70–85	conlinin	15–30	Wu a kol. (2019); Lan a kol. (2020)
KS	edestin (11S) – H	60–80	albumin	25	Wang, Xiong (2019)
TO	cucurbitin (11–12S) – H	x	albumin (2S)	x	Ozuna, León-Galván (2017); Bučko a kol. (2016)
OM	globulin	16,9	albumin	74,6	Li a kol. (2013)

Pozn.: SL – sója luštinatá, ŘO – řepka olejka, SR – slunečnice roční, LS – len setý, KS – konopí seté, TO – tykev olejná, OM – ostropestřec mariánský; RAP – relativní abundance v obsahu bílkovin; H – hexamer; T – trimer, x – není známo

kyselého (isoelektrický bod $pI < 7$) a bazického (isoelektrický bod $pI > 7$ nebo vyšší než pI kyselý podjednotky) řetězce, které jsou vzájemně spojeny disulfidovou vazbou. Kyselý polypeptid má $MW \approx 30\text{--}45$ kDa a bazický polypeptid má $MW \approx 20\text{--}30$ kDa (Shewry a kol., 1995; Mandal, Mandal, 2000; Chéreau a kol., 2016; Kotecka-Majchrzak a kol., 2020; Bárta a kol., 2021a). U některých druhů, např. u sóji a slunečnice, se vyskytují i disociované monomery 2–3S a trimery 7S (u sóji se tato bílkovina nazývá β -conglycinin) nebo naopak 15–18S aglomeráty hexamerů a trimerů (Nishinari a kol., 2014; Gonzáles-Pérez, Vereijken, 2007; Bárta a kol., 2021a). Albuminy, často prezentované jako 2S albuminy, představují u semen většiny druhů oproti globulinům menšinou frakci bílkovin, obvykle s MW 10–20 kDa (Bárta a kol., 2021a). Zásobní bílkoviny jsou v buňkách soustředěny do bílkovinných tělísek (protein bodies) a dále deponovány ve vakuolách (Mandal, Mandal, 2000).

Mezi jednotlivými druhy olejnin jsou specifické rozdíly, které jsou vyjádřeny v tabulce 12 a na obr. 30, na kterém je zaznamenán výstup elektroforetické separace semenných bílkovin



Obr. 30: Bílkovinné profily semen sledovaných druhů olejnin po analýze SDS-PAGE za neredukujících (NP) a redukujících (RP) podmínek extrakce (převzato z práce Bárta a kol. (2021a))

Vysvětlivky: S – sója, R – řepka, H – slunečnice, L – len, K – konopí, T – tykev, O – ostropestřec, M – molekulární bílkovinný standard (Blue Protein Ladder, Central European Biosystems); A – oblast výskytu globulinových monomerů, B – oblast výskytu kyselých polypeptidů globulinových monomerů (α - řetězců), C – oblast výskytu bazických polypeptidů globulinových monomerů (β - řetězců); D – oblast výskytu bílkovin albuminové frakce.

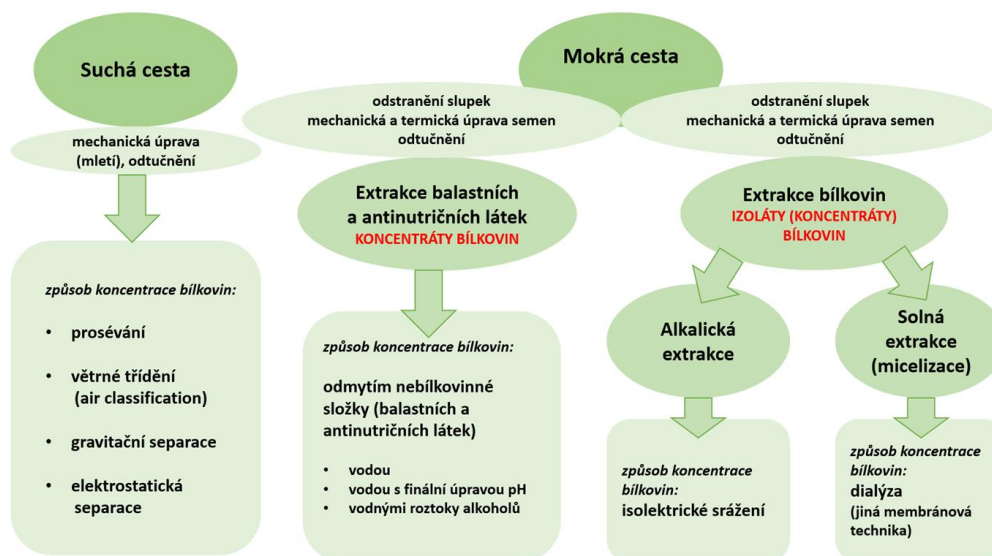
Poznámka: Extrakty vzorků bílkovin semenných výlisků olejnin byly analyzovány za redukujících (v přítomnosti 2-merkaptoetanolu) a neredukujících (bez přítomnosti 2-merkaptoetanolu) podmínek pomocí diskontinuální denaturační elektroforézy SDS-PAGE (Laemmli, 1970). Byl použit systém sestávající z 4% zaostřovacího gelu (pH 6,8) a 12% separačního (pH 8,8) gelu. Separované bílkoviny byly detekovány pomocí roztoku barviva Coomassie Brilliant Blue R-250.

sedmi druhů olejin pomocí denaturační polyakrylamidové elektroforézy (SDS-PAGE) v neredukujících a redukujících podmínkách (Bárta a kol., 2021a). Bílkoviny majoritní globulinové frakce jsou soustředěny v zónách A, B, C. Nedisociovaná monomerní jednotka hexameru (MW 50–60 kDa) je soustředěna v zóně A za neredukujících podmínek, naopak redukující podmínky způsobují disociaci monomerní jednotky na kyselý a bazický polypeptidový řetězec; kyselý řetězec je soustředěn v zóně B a bazický řetězec v zóně C. Zóna D představuje bílkoviny albuminové frakce.

4.2. Suchá a mokrá cesta zpracování semen na produkty s vyšším obsahem bílkovin

Při zpracování olejnatých semen vznikají jako hlavní produkt surové rostlinné oleje, které se dále zušlechťují často pomocí rafinace. Jako vedlejší produkt při zpracování olejnatých semen lisováním vznikají výlisky neboli pokrutiny, při získávání olejů pomocí extrakce organickým rozpouštědlem vznikají extrahované šroty. Obě formy zbytků semen mohou sloužit jako výhodný vstupní materiál pro získávání produktů s vyšším obsahem bílkovin, protože „odstraňováním“ tuku dochází k relativnímu zvyšování zastoupení bílkovin. Výlisky mají vyšší zastoupení zbytkového tuku (oleje), obvykle 7–12 % hm., extrahované šroty mívají obsah zbytkového tuku nejčastěji do 2 %. Obsah bílkovin ve vstupním materiálu se může pohybovat v poměrně širokém rozpětí obvykle od 20–60 % hm. Ze vstupního materiálu mohou být vytvářeny tři typy produktů podle úrovně obsahu bílkovin – mouky resp. bílkovinné mouky (obsah bílkovin <65 %), bílkovinné koncentráty (obsah bílkovin 65–90 %) a bílkovinné izoláty (>90 %). Často se ale toto členění v praxi úplně nedodrжуje a např. u konopí je termínem „konopný protein“ označován produkt, který obsahuje „jen“ kolem 50 % dusíkatých látek (Bárta a kol., 2021a).

Technologické postupy zpracování semen olejin vedoucí k tvorbě produktů s vyšším obsahem bílkovin jsou znázorněny na obr. 31. Podle povahy a sledu operací je možné mluvit o suché či mokré cestě. **Suchá cesta (SC)** je obecně jednodušší a ekonomicky výhodnější. SC zahrnuje zejména mechanické operace, jako jsou loupání semen (či plodů), různé způsoby mletí a prosévání, případně větrné třídění (je uplatňováno u semen s vyšším obsahem škrobu, tedy hlavně u zrn luskovin a obilnin). Zvyšování obsahu bílkovin v moukách či koncentrátech pomocí metod SC je možné proto, že zastoupení bílkovin v jednotlivých vrstvách pletiv semene (plodu) není homogenní, ale poměrně heterogenní. U semen akumulujících škrob hraje roli také uložení škrobu a zásobních bílkovin uvnitř buněk semenných pletiv a způsob fragmentace při mletí (desintegraci) (Pelgrom, 2015). Obalové vrstvy semen a plodů – osemení a oplodí – obsahují obecně méně bílkovin (hlavně zásobních) a více sacharidů (většinou se jedná o polysacharidy) než vnitřní části, kde převažují bílkoviny a tuk. Loupáním pomocí loupáček lze tyto vrstvy odstranit (poměrně dobře je odstraňováno oplodí, hůře osemení). Odstraňování obalových vrstev je důležité nejen z hlediska koncentrování bílkovin, ale též z důvodu odstraňování antinutričních látek, které zhoršují stravitelnost bílkovin a využitelnost živin nebo



Obr. 31: Schéma možností koncentrace semenných bílkovin suchou a mokrou cestou
Zdroj: Vytvořeno podle prací Pelgrom (2015); Hadnađev a kol. (2017); Murru, Calvo (2020); Bárta a kol. (2021a)

působí škodlivě na zdravotní stav konzumentů. Podobný efekt přináší prosévání výliskových mouk z neloupaných olejnatých semen pomocí sít s vhodnou velikostí ok. Vstupní materiál (výliskové mouky) však musí být předtím vhodně připraven pomocí mletí, aby měl heterogenní částicové složení (nejlépe částice v rozpětí 100–500 µm). Do suché cesty lze zařadit i fyzikální metody, např. gravitační či elektrostatické separace (Murru, Calvo, 2020).

Při uplatnění SC nedochází k „namočení“ výlisků, čímž odpadá energeticky náročné sušení. **Mokrý cesta (MC)** je obecně účinnější, vede k dosažení vyšší koncentrace bílkovin ve finálních produktech a používá se proto hlavně pro přípravu bílkovinných koncentrátů nebo izolátů. Na druhou stranu je mokrá cesta obecně technologicky i ekonomicky náročnější – součástí zpracovatelského procesu je nevyhnutelné sušení finálních produktů. Vhodné je výhody obou základních cest kombinovat. Vstupním materiálem pro MC by měl být materiál s co nejvyšší počáteční hodnotou obsahu bílkovin, např. frakce výliskové mouky s vyšším obsahem bílkovin. MC zahrnuje dva základní směry, které se liší podle toho, co je výhodnější extrahovat. V případě, že je cílovým produktem koncentrát s obsahem bílkovin v rozpětí zhruba 50–80 % a obsah bílkovin je u vstupního materiálu dostatečně vysoký (např. 35–50 %), pak je obvykle postačující pomocí extrakce odstranit (vyluhovat) část balastních látek jako jsou ve vodě rozpustné minerální látky, sacharidy a ostatní organické látky. Důležitým předpokladem při tomto procesu je udržet bílkoviny v nerozpustném stavu. Je proto důležité znát informace o rozpustnosti bílkovin zpracovávaného materiálu. U většiny semen olejnin je v tomto ohledu podobná situace – většinou převažují globuliny (jak již bylo zmíněné v kapitole 4.1), které jsou rozpustné v alkalickém prostředí nebo v slabších solných roztocích, případně za kombinace obou těchto možností. Druhou (minoritní) skupinou jsou albuminy, které jsou rozpustné ve

vodě. Frakce rozpustné v jiných rozpouštědlech jako jsou prolaminy (vodné roztoky alkoholů) a gluteliny (slabé roztoky zásad nebo kyselin), typické pro zrna obilnin, nejsou v semenech zastoupeny nebo pouze v nevýznamném množství. Zároveň jde o to, aby extrakční činidlo bylo zdravotně nezávadné a levné. Logicky se nabízí jako základní volba voda. Ta ale může kromě balastních látek extrahovat část bílkovin (hlavně ze skupiny albuminů). Možným řešením je xproto úprava reakce směsi vstupního materiálu a vody na hodnotu pH, které odpovídá hodnotám isoelektrických bodů (pI) majoritních bílkovin, neboť v tomto prostředí mají bílkoviny nejnížší rozpustnost. Většinově zastoupené bílkoviny mají hodnotu pI ≈ 5 , takže by úprava reakce směsi spočívala v přidavku vhodné kyseliny (např. HCl) na hodnotu pH ≈ 5 . Popisováno je ale také použití vodných roztoků alkoholů (Rodrigues a kol., 2012), což by vyžadovalo zpětnou destilaci použitého alkoholu.

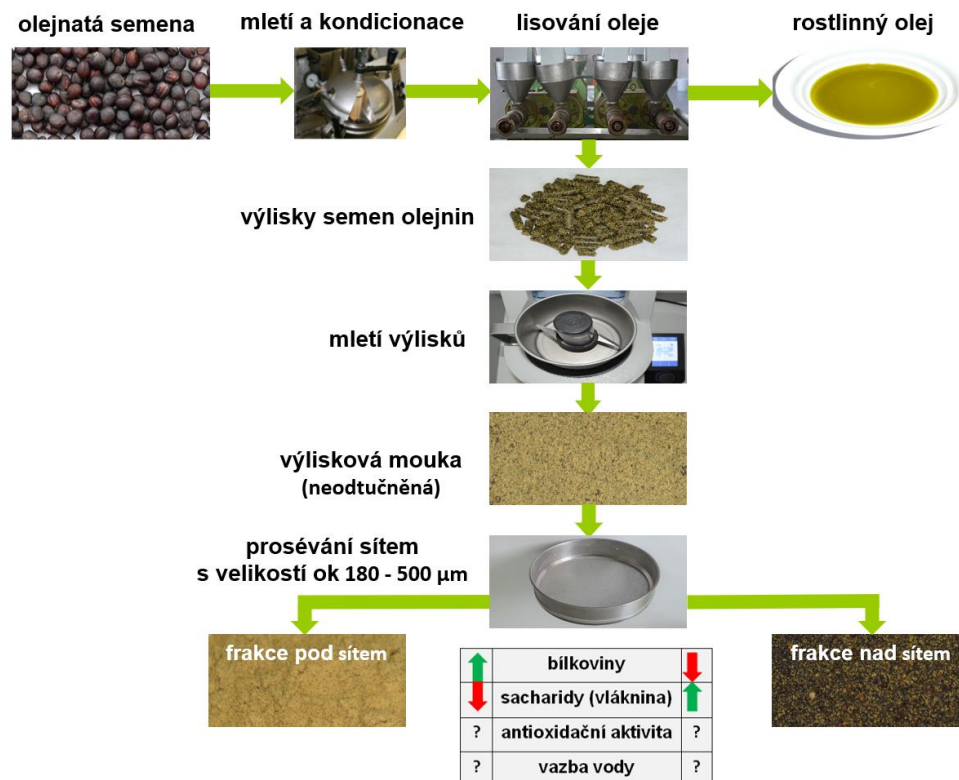
V případě, že má mít cílový produkt co nejvyšší obsah bílkovin a zároveň má mít co nejnížší obsah balastních látek (včetně antinutričních faktorů), pak je vhodnější extrahovat bílkoviny. Nejběžněji uváděnou cestou je kombinace alkalické extrakce bílkovin a jejich následná isoelektrické precipitace (srážení). Alkalická extrakce v rozmezí pH 8–10 výrazně zvyšuje rozpustnost zásobních bílkovin (globulinů), protože je toto prostředí vzdálené hodnotám isoelektrických bodů těchto bílkovin. Lze provést úpravou pH směsi vstupního materiálu a vody přidavkem NaOH. Bílkoviny jsou proto převedeny do roztoku, následuje odstředění, kdy se oddělí nerozpustný podíl směsi od supernatantu s rozpuštěnými bílkovinami. Ze supernatantu jsou pak bílkoviny vysráženy pomocí úpravy reakce na hodnotu pH, která odpovídá hodnotám jejich isoelektrických bodů (v kyselé oblasti). Po následném odstředění a odstranění tekutého podílu, může být bílkovinná sraženina (pelet), pro co možno nejúplnější odstranění balastních látek a zvýšení obsahu bílkovin, ještě promyta (i několikrát) vodou či vodou s úpravou pH na hodnotu předchozího okyselení (užitého při srážení). Po finálním odstředění je vhodné, před vlastním sušením, promytou (i nepromytou) bílkovinnou sraženinu rozpustit (rozmíchat) ve vodě a upravit reakci na pH 7. Sušení je vhodné provést šetrným způsobem lyofilizací nebo sprejovým sušením. V případě sprejového sušení je úprava reakce na pH 7 nutností, protože by mohlo dojít k ucpání trysky sprejové sušárny v důsledku vysrážení bílkovin (kombinace podmínek teploty sušení a kyselého pH, které odpovídá hodnotám pI sušených bílkovin). Přestože je tento způsob koncentrace bílkovin uváděn jako jeden z nejvýznamnějších, má několik nevýhod, resp. rizikových bodů.

Druhý způsob, jak extrahovat bílkoviny ze vstupního materiálu může být uskutečněn pomocí ředěného roztoku chloridu sodného v rozsahu 0,1–1,2 mol/L, obvykle $\approx 0,5$ mol/L (Hadnađev a kol., 2017). Jde v podstatě o „vsolování“ bílkovin a je využíváno faktu, že až na výjimky většina zásobních bílkovin semen olejnin patří mezi globuliny, které jsou podle Osbornova schématu rozpustné ve slabých roztocích solí (Mandal, Mandal, 2000). Výsledek tohoto způsobu „solubilizace“ bude kromě solného roztoku závislý na mnoha faktorech, mimo jiné jde o jemnost mletí vstupní mouky, poměr mezi moukou a rozpouštědlem (w/v), dobu extrakce, počet opakování extrakce atd. Bílkoviny převedené do solného „roztoku“ je možné

následně koncentrovat pomocí membránových technik, např. dialýzy. Při dialýze přes membránu s vhodným mezním limitem molekulové hmotnosti (MWCO), dochází k odstranění solí a ostatních „malých“ resp. nebílkovinných molekul z roztoku, na což globuliny reagují vysrážením, zatímco minoritní albuminy zůstávají v rozpuštěné. Odstředěním této vzniklé směsi a následnou lyofilizací supernatantu a peletu lze od sebe oddělit albuminovou (supernatant) a globulinovou (pelet) frakci bílkovin, což lze považovat za výhodu tohoto postupu. Nicméně výtěžky tohoto postupu bývají poměrně nízké.

4.3. Zpracování výlisků olejnin pomocí mletí a prosévání na bílkovinné mouky (koncentráty)

Nejefektivnější a technologicky nejjednodušší způsob zvýšení obsahu bílkovin v produktech odvozených z výlisků semen olejnin je prosévání vhodným způsobem dezintegrované (namleté) výliskové mouky přes síto o vhodné velikosti ok. Cílem prosévání je získat frakci s vyšším obsahem bílkovin (až na výjimky v rozmezí 30–50 %), které lze označit jako bílkovinné mouky (nebo i za bílkovinné koncentráty). Obecně je proces získávání bílkovinných mouk znázorněn na obr. 32. Semenné výlisky po lisování oleje je potřeba nejprve namlít tak, aby vznikla směs, kdy obalové vrstvy semen (osemení, případně oplodí) budou mít větší velikost částic než vnitřní část semene. Následně je vzniklá, částicově heterogenní, výlisková mouka (VM) proseta na prosévacím zařízení se sítem (či síty) s různou velikostí ok



Obr. 32: Schematické znázornění produkce frakcí výliskových mouk z olejnatých semen (upraveno podle Bárta a kol. 2021b)

(zpravidla v rozpětí 180–500 μm). V návaznosti na optimalizaci při lisování (kapitola 3.2.), bylo nutné provést taktéž optimalizaci podmínek zpracování semenných výlisků na bílkovinné mouky.

Pro dezintegraci výlisků byl zvolen nožový typ mlýnu, který je pro zpracování olejnatých semen obecně doporučován jako vhodný. Konkrétně byl použit nožový mlýn Grindomix GM 200 (Retsch, Německo), viz obr. 33. Jako vhodné se ukázalo mletí výlisků (s hmotností vsádky výlisků do 500 g) po dobu 2 minut s frekvencí 3000 otáček za minutu. Následně byl dezintegrován výliskový materiál aplikován na síťovací stroj AS 200 Basic (Retsch, Německo) (obr. 34). Jako optimální byla zvolena doba prosévání 10 minut a frekvence 100 kmitů za minutu (s hmotností vsádky výliskové mouky do 3000 g). Pro hodnocení vlivu prosévání mouk na obsah bílkovin a ostatních složek v získaných velikostních frakcích mouk byla zvolena 4 síta s různou velikostí ok – 1000 μm , 710 μm , 500 μm a 315 μm . Proséváním výliskových mouk lnu, konopí a ostropestřce tak vzniklo 5 velikostních frakcí mouk: F1 (nad 1000 μm), F2 (710–1000 μm), F3 (500–710 μm), F4 (315–500 μm), F5 (pod 315 μm). U výliskové mouky ze semen tykve se, s ohledem na vysoký obsah zbytkového tuku, podařilo získat pouze 2 frakce (F2 a F3). Zásadní problém při síťování výliskových mouk je obsah zbytkového tuku. Čím je jeho obsah



a) Nožový mlýn Grindomix GM 200 (Retsch, Německo)



b) Detail mlecí komory a nože mlýnu Grindomix GM 200 (Retsch, Německo)

Zdroj fotografie:

<https://www.retsch.cz/images/e3739172482df5b7c957ffee5af08fb5/1200x/max/alpha/1200x850px-gm200-1.jpg>

Foto: J. Bárta

Obr. 33: Příklad mlýnu typově vhodného pro mletí výlisků olejnatých semen



a)

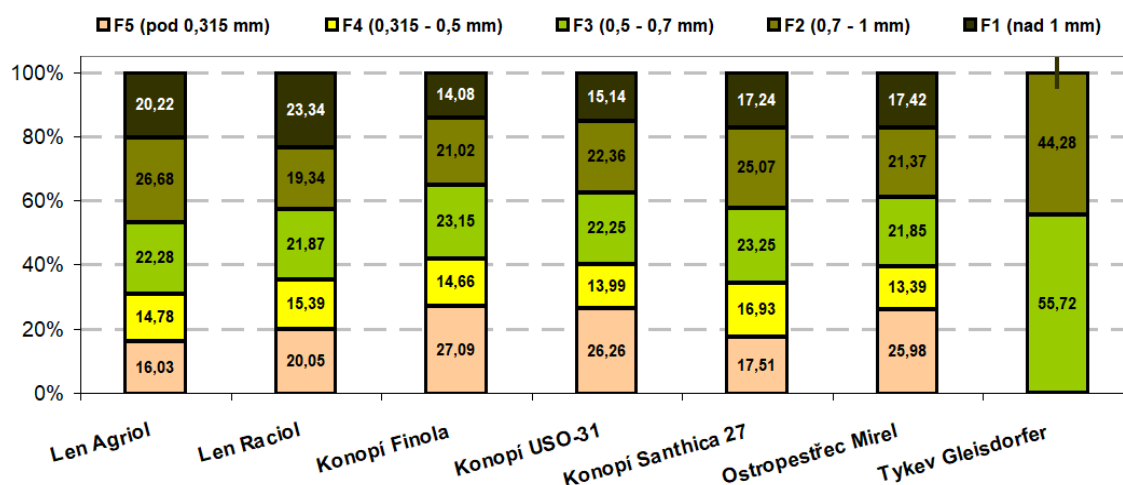


b)

Obr. 34: Sítovací stroj AS 200 Basic od firmy Retsch, Německo **(a)** a detail kalibrovaných sít od firmy Preciselekt s.r.o. **(b)** (Foto: J. Kyselka)

vyšší, tím se zvyšuje lepidlost mouk a prosévání je obtížnější. Částečným opatřením vedoucím ke snížení lepidlosti je vychlazení proséváního materiálu v termostatu na 5°C (přes noc). Vlhkost byla optimalizována před vlastním šnekovým lisováním (kapitola 3.1.).

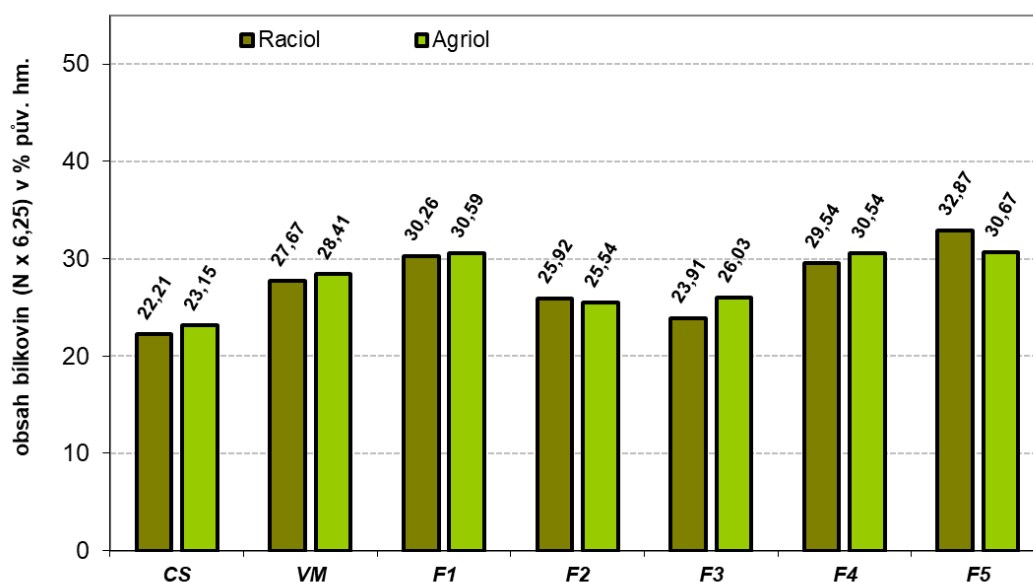
Relativní výtěžnost zmíněných velikostních frakcí pro jednotlivé hodnocené materiály je znázorněna na obr. 35. U obou odrůd lnu byla distribuce částic do jednotlivých frakcí víceméně podobná. U konopí měly odrůdy Finola a Uso-31 největší podíl (přes 26 %) ve frakci F5 (pod 0,315 mm), zatímco odrůda Santhica 27 měla v této na bílkoviny nejbohatší frakci „jen“ 17,5 %. Výsledek naznačuje, že odrůdy Finola a Uso-31 jsou zřejmě vhodnější pro získávání frakcí



Obr. 35: Relativní výtěžek velikostních frakcí výliskové mouky (v % rel.) po zpracování na sítovacím stroji AS 200 Basic.

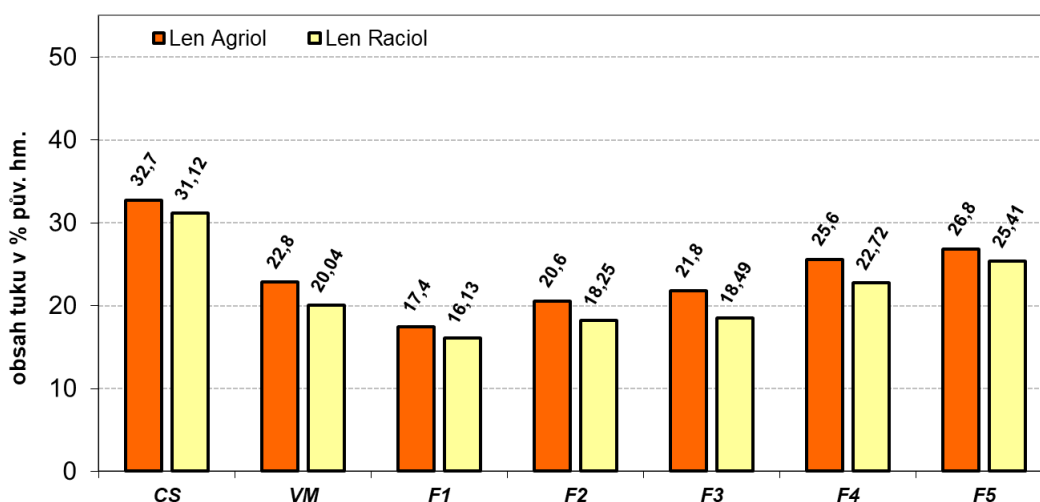
s vyšším obsahem bílkovin, což mimochodem potvrzují i zjištěné hodnoty obsahu bílkovin v jednotlivých velikostních frakcích, prezentované na obr. 38. U ostropestřce byl zjištěn také největší podíl frakce F5, téměř 26 %. Výliskovou mouku tykve se povedlo frakcionovat jen na dvě frakce (F2 a F3), v důsledku vyššího obsahu zbytkového tuku, jež způsoboval při prosévání potíže se zalepováním ok sít s menším rozměrem.

Vliv frakcionace lněné výliskové mouky na obsah bílkovin je vyjádřen na obr. 36. Nefrakcionovaná výlisková mouka měla obsah bílkovin u obou odrůd kolem 28 %. U lněné výliskové mouky se koncentrační efekt v obsahu bílkovin směrem k nejmenší velikostní frakci F5 ukázal jako neúčinný, protože zvýšení obsahu bílkovin nebylo nalezeno jen u frakce F5, ale také u frakce F1 (frakce s částicemi nad 1000 μm). Velikostní frakcionace částic výliskové mouky ovlivnila distribuci zbytkového tuku výliskové mouky. Jak ukazuje obr. 37, u obou odrůd se ukázal postupný plynulý nárůst obsahu (zbytkového) tuku směrem k frakci s nejmenšími částicemi (F5).



Popis frakcí: CS – celé semeno, VM – výlisková mouka (nesítovaná), F1 – frakce VM nad 1000 μm , F2 – frakce VM 700–1000 μm , F3 – frakce VM 500–700 μm , F4 – frakce VM 315–500 μm , F5 – frakce VM pod 315 μm .

Obr. 36: Efekt odrůdy a frakcionace na obsah bílkovin ve lněné výliskové mouce a jejích velikostních frakcích

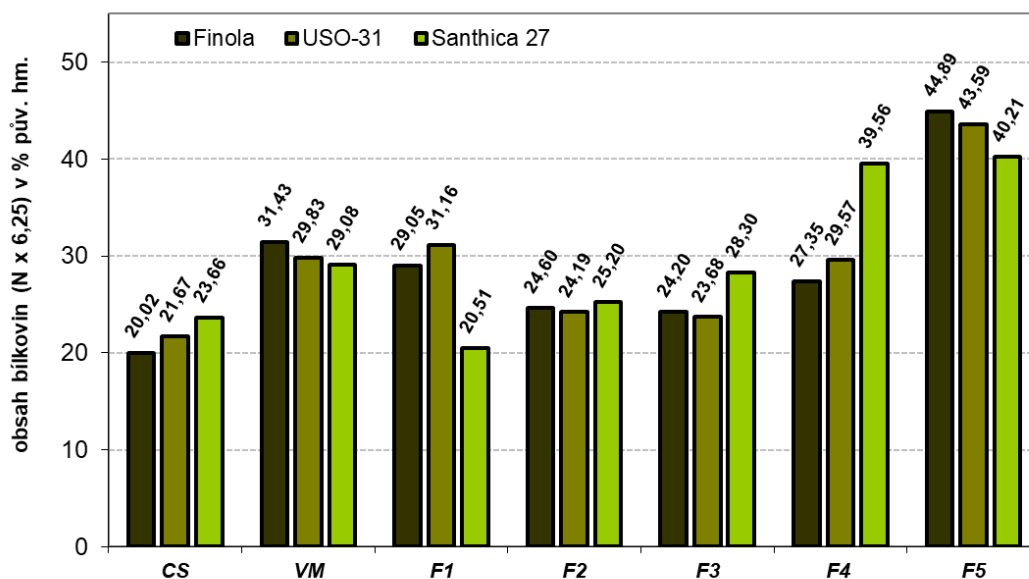


Popis frakcí: CS – celé semeno, VM – výlisková mouka (nesítovaná), F1 – frakce VM nad 1000 µm, F2 – frakce VM 700–1000 µm, F3 – frakce VM 500–700 µm, F4 – frakce VM 315–500 µm, F5 – frakce VM pod 315 µm.

Obr. 37: Efekt odrůdy a frakcionace na obsah tuku ve lněné výliskové mouce a jejích velikostních frakcích

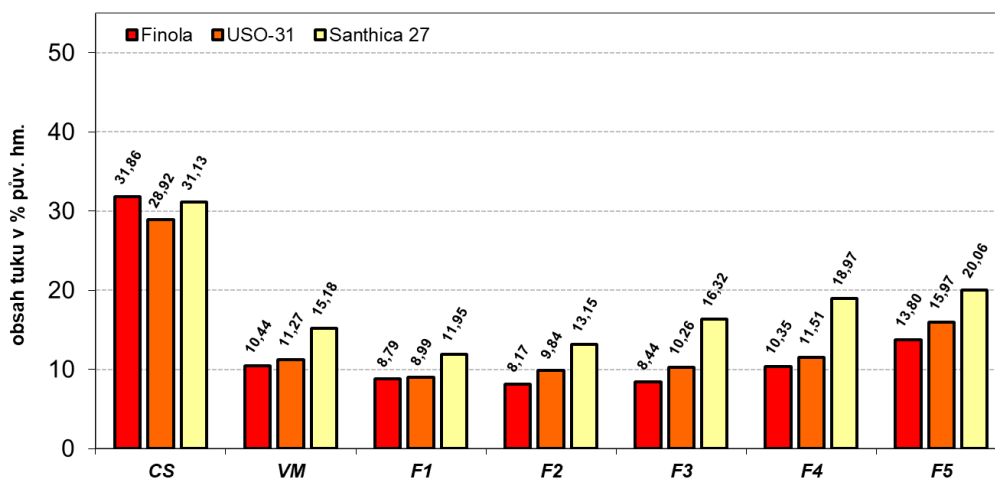
U konopné výliskové mouky, se efekt frakcionace (prosévání) na postupnou koncentraci bílkovin ve směru k frakci s velikostně nejmenšími částicemi ukázal jako podstatně účinnější. Jak ukazuje obr. 38, tak výchozí nefrakcionovaná konopná výlisková mouka měla u všech tří odrůd obsah bílkovin kolem 30 %, avšak všechny odrůdové frakce F5 (s nejmenšími částicemi) měly obsah bílkovin přes 40 %. U odrůdy Finola měla frakce F5 obsah bílkovin téměř 45 % původní hmoty a při přepočtu na sušinu šlo o hodnotu 48,9 %, což je v podstatě hodnota obsahu bílkovin v současné době komerčně nabízených koncentrátů konopných bílkovin. Co se týče interakce vlivu odrůdy a frakcionace, tak z obr. 38 je patrné, že odrůdy Finola a Uso-31 měly vzájemně podobný trend hodnot obsahu bílkovin v jednotlivých frakcích, a zároveň odlišný od trendu u odrůdy Santhica 27. Jde zejména o rozdílný obsah bílkovin u frakce F1 – u odrůd Finola a Uso-31 zůstává na úrovni obsahu bílkovin nefrakcionované výliskové mouky (kolem 30 %), zatímco u odrůdy Santhica 27 je obsah bílkovin ve frakci F1 výrazně nižší (20,51 %). Patrně lze tuto skutečnost vysvětlit odrůdovou odlišností v anatomii vrstev pletiv konopné nažky v reakci na podmínky mletí, v jejímž důsledku dochází k odlišné distribuci obsahu bílkovin v získaných velikostních frakcích mouk.

Distribuce zbytkového tuku v jednotlivých frakcích konopné výliskové mouky je vyjádřena na obr. 39. U odrůd Uso-31 a Sathica 27 je patrný pozvolný plynulý nárůst obsahu tuku ve směru od frakce F1 k frakci F5. U odrůdy Finola mají frakce F1 až F3 obsah tuku mezi 8–9 %, až od frakce F4 obsah tuku roste.



Popis frakcí: CS – celé semeno, VM – výlisková mouka (nesítovaná), F1 – frakce VM nad 1000 μm , F2 – frakce VM 700–1000 μm , F3 – frakce VM 500–700 μm , F4 – frakce VM 315–500 μm , F5 – frakce VM pod 315 μm .

Obr. 38: Efekt odrůdy a frakcionace na obsah bílkovin v konopné výliskové mouce a jejích velikostních frakcích

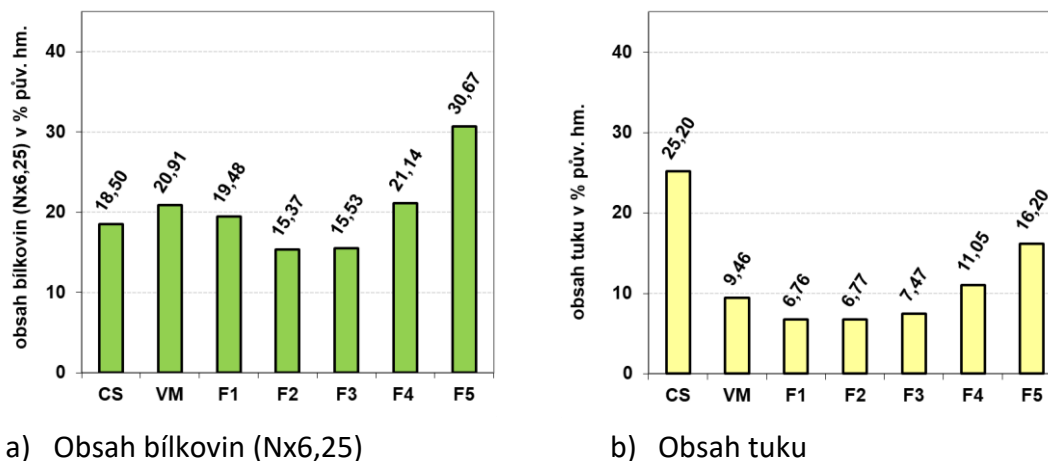


Popis frakcí: CS – celé semeno, VM – výlisková mouka (nesítovaná), F1 – frakce VM nad 1000 μm , F2 – frakce VM 700–1000 μm , F3 – frakce VM 500–700 μm , F4 – frakce VM 315–500 μm , F5 – frakce VM pod 315 μm .

Obr. 39: Efekt odrůdy a frakcionace na obsah bílkovin v konopné výliskové mouce a jejích velikostních frakcích

Velikostní frakcionace výliskové mouky ostropestřce mariánského (odrůda Mirel) ukázala výrazný efekt na získání frakcí s rozdílným zastoupením bílkovin a zbytkového tuku. Zatímco

původní výlisková mouka měla obsah bílkovin téměř 21 % a obsah tuku 9,5 %, tak proséváním se podařilo získat frakce s výrazněji rozdílným složením. Např. nejjemnější frakce (F5) obsahovala přes 30 % bílkovin a 16 % tuku, zatímco frakce F2 a F3 měly „jen“ kolem 15 % bílkovin a kolem 7 % zbytkového tuku (obr. 40).

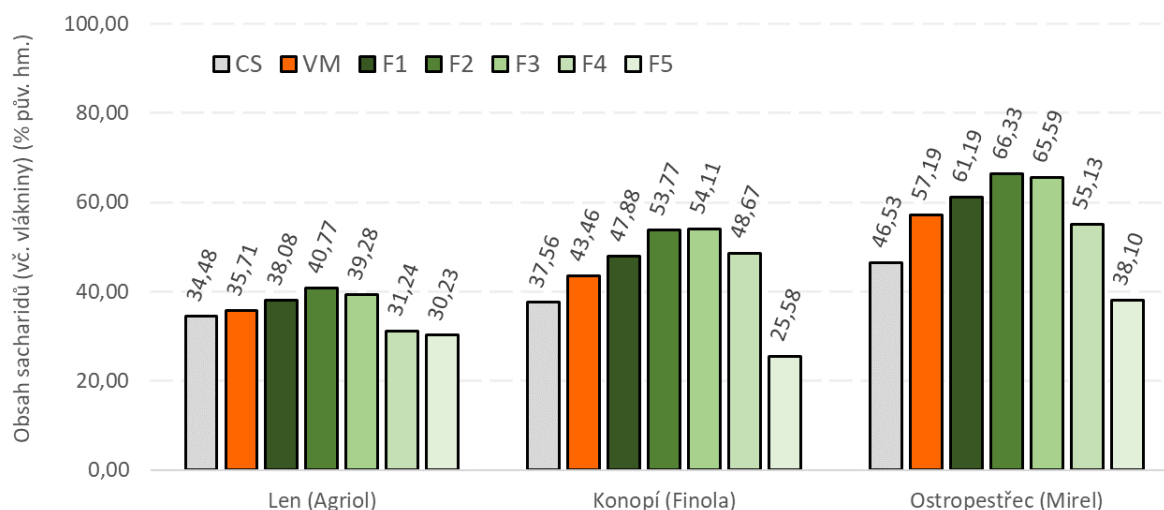


Popis frakcí: CS – celé semeno, VM – výlisková mouka (nesítovaná), F1 – frakce VM nad 1000 μm , F2 – frakce VM 700–1000 μm , F3 – frakce VM 500–700 μm , F4 – frakce VM 315–500 μm , F5 – frakce VM pod 315 μm .

Obr. 40: Efekt frakcionace na obsah bílkovin (a) a tuku (b) ve velikostních frakcích výliskové mouky ostropestřce mariánského (odrůda Mirel)

To může mít velký praktický význam v uplatnění jednotlivých frakcí pro přípravu potravinářských výrobků nebo pro další zpracování. Přestože je téma kapitoly 4 zaměřené na bílkoviny a zvyšování jejich koncentrace, je potřebné připomenout, že třetí významnou složku (často množstevně nejvýznamnější) představuje komplex sacharidů zahrnující i jednotlivé formy vlákniny. Na obr. 41 je prezentován obsah sacharidů (zahrnující vlákninu) u modelových odrůd Inu (Agriol), konopí (Finola) a ostropestřce (Mirel) pro velikostní frakce F1 až F5. Prezentované výsledky ukazují, že kromě frakcí bohatých na bílkoviny a zbytkový tuk, je možné získat i frakce bohaté na sacharidy a vlákninu.

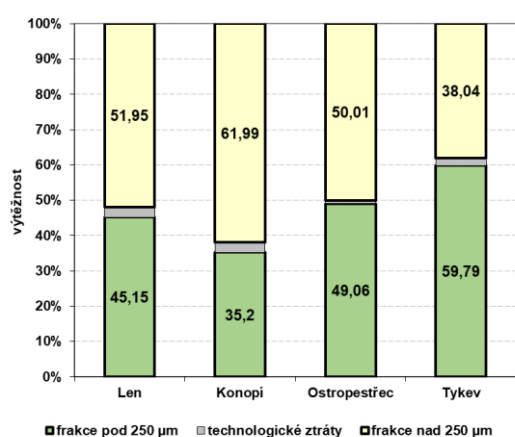
Kromě postupné frakcionace dezintegrované výliskové mouky na sadě čtyř sít s rozdílnou velikostí ok za vzniku 5 velikostních frakcí byl paralelně proveden další experiment, který využíval prosévání výliskové mouky přes síto o velikosti ok 250 μm . Výlisky pro přípravu výliskové mouky byly získány z provozního lisování semen 8 olejnin „za studena“ (do 50°C) v rámci komerční produkce olejů. Kromě čtyř druhů minoritních olejnin (olejný len, konopí, ostropestřec, tykev olejná) byly získány výlisky dalších druhů (řepka, slunečnice, mák, světlice), které byly v experimentu použity jako kontrolní soubor. Výlisková mouka byla získána v laboratorních podmínkách dezintegrací výlísků pomocí již zmíněného nožového mlýnu Grindomix GM 200 (10 000 ot./min., 1 min.). Následně bylo provedeno prosévání výliskové



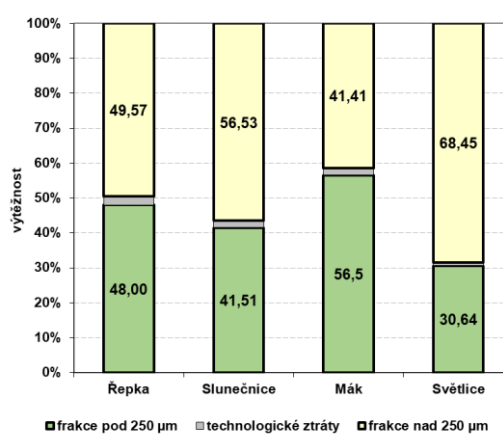
Obr. 41: Efekt frakcionace výliskové mouky na obsah sacharidů vč. vlákniny v původní hmotě semen (%) lnu (cv. Agriol), konopí (cv. Finola) a ostropestřce (cv. Mirel)

Pozn.: Obsah sacharidů zjištěn dopočtem do 100 %, po započtení obsahu bílkovin ($N \times 6,25$), obsahu tuku, obsahu popelovin a obsahu vody.

mouky přes kalibrované síto s velikostí ok 250 μm , čímž vznikly 2 frakce – nad a pod sítem 250 μm . Výťažnost získaných frakcí výliskové mouky pro obě skupiny olejnin je vyjádřena na obr. 42. Výťažnost frakce pod 250 μm , která je bohatší na bílkoviny se mezi jednotlivými druhy lišila a celkově představovala rozpětí 30,64 (světlice) – 59,79 (tykev) %. Rozhodujícím parametrem pro úspěšnost procesu prosévání však je získat frakce s co nejvýraznějším rozdílem v obsahu bílkovin. Ten měly mezi sebou největší frakce získané z výliskové mouky konopí setého (26,86 %) a světlice barvířské (25,91 %), jak ukazují obr. 43 a 44.

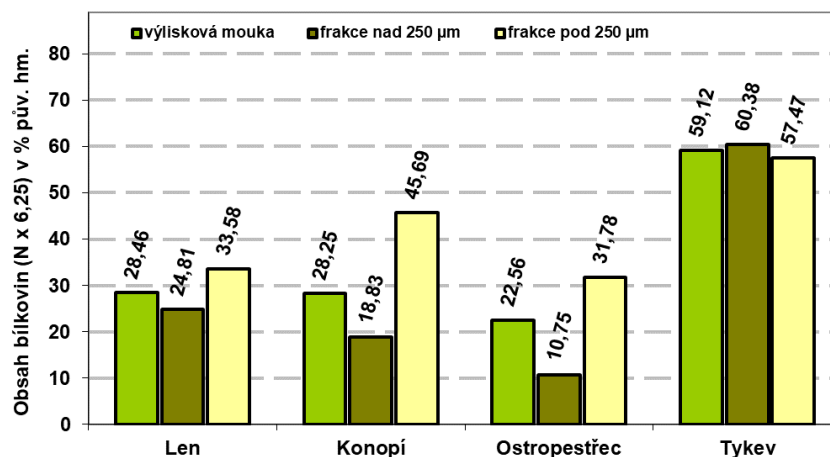


a) minoritní olejnin



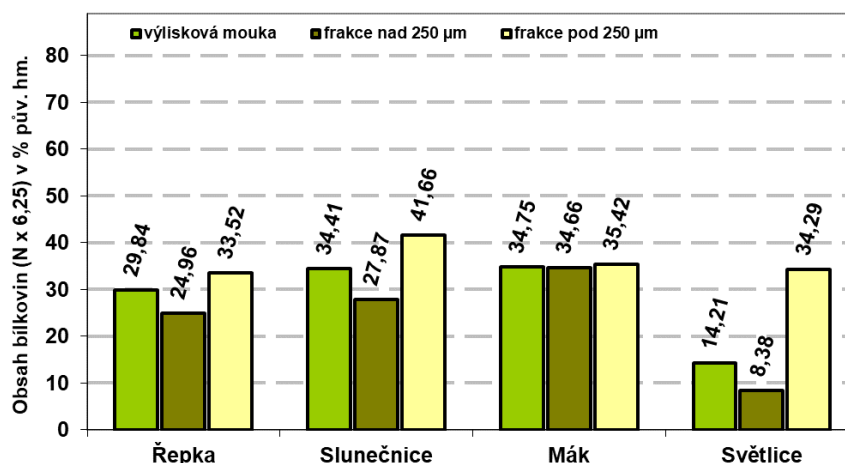
b) kontrolní skupina olejnin

Obr. 42: Výťažnost frakcí výliskové mouky nad a pod sítem s velikostí ok 250 μm



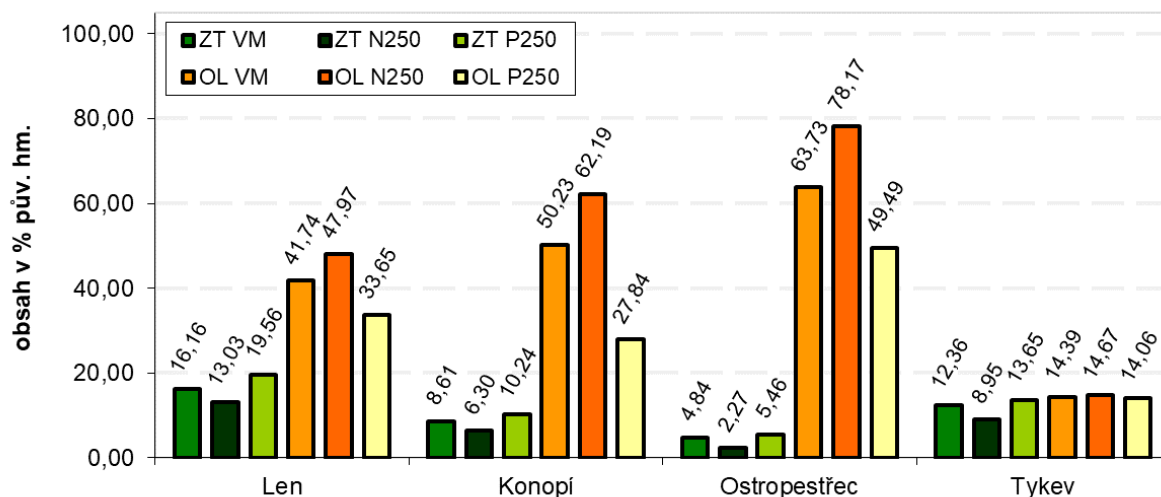
Obr. 43 Efekt prosévání sítem s velikostí ok 250 µm na obsah bílkovin v získaných frakcích výliskové mouky odvozené ze semen lnu, konopí, ostropestřce a tykve

Naopak jako málo efektivní se prosévání sítem o velikosti ok 250 µm ukázalo u výliskové mouky tykve olejné a máku setého, neboť obě získané velikostní frakce výliskových mouk mají velmi podobný obsah bílkovin.



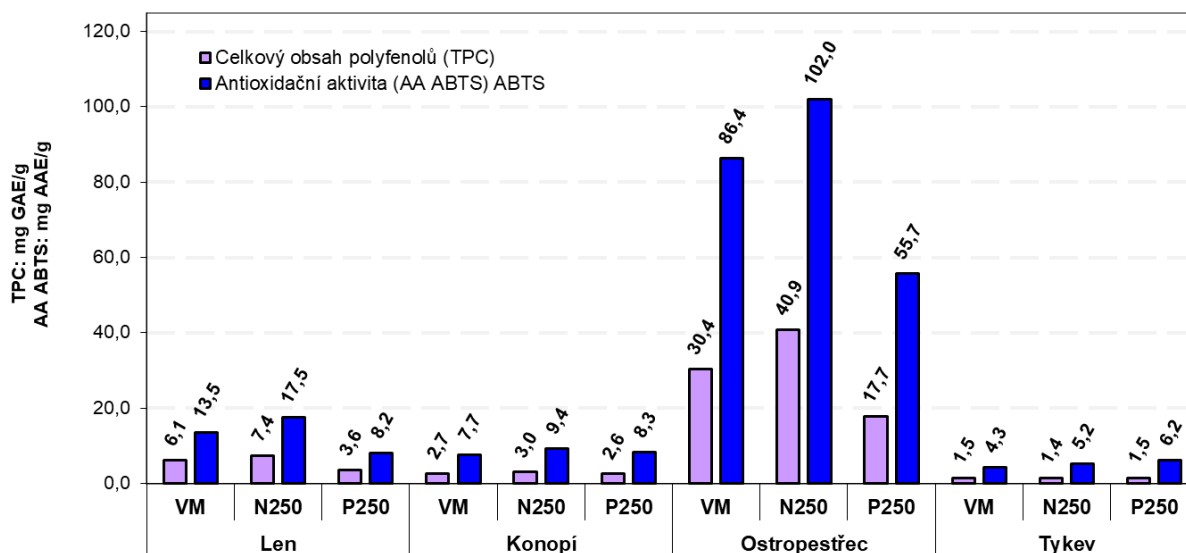
Obr. 44: Efekt prosévání sítem s velikostí ok 250 µm na obsah bílkovin v získaných frakcích výliskové mouky odvozené ze semen řepky, slunečnice, máku a světlíce (kontrolní skupina)

Obsah zbytkového tuku byl obecně u získaných frakcí čtyř minoritních druhů na podobné úrovni jako u výše prezentovaného experimentu s frakcionací na 5 velikostních frakcí. Len měl obecně hladinu zbytkového tuku nejvyšší, naopak materiály z ostropestřce měly obsah tuku nejnižší. U všech druhů se potvrdilo (obr. 45), že jemnější frakce výliskové mouky (pod 250 µm) měla vyšší obsah tuku než frakce hrubší (nad 250 µm). Naopak hrubší frakce měla vyšší obsah celkových sacharidů (OL), hlavně díky vláknině. Nejvyšší obsahy celkových sacharidů tak měla frakce nad 250 µm u ostropestřce a konopí zřejmě díky přítomnosti oplodí.



Obr. 45: Distribuce obsahu zbytkového tuku (ZT) a ostatních organických látek (OL) (bez tuku a dusíkatých látek) ve výliskové mouce (VM) a jejích velikostních frakcích (N250 – frakce výliskové mouky nad sítím s oky 250 μm ; P250 – frakce výliskové mouky pod sítím s oky 250 μm) u čtyř minoritních druhů olejnin

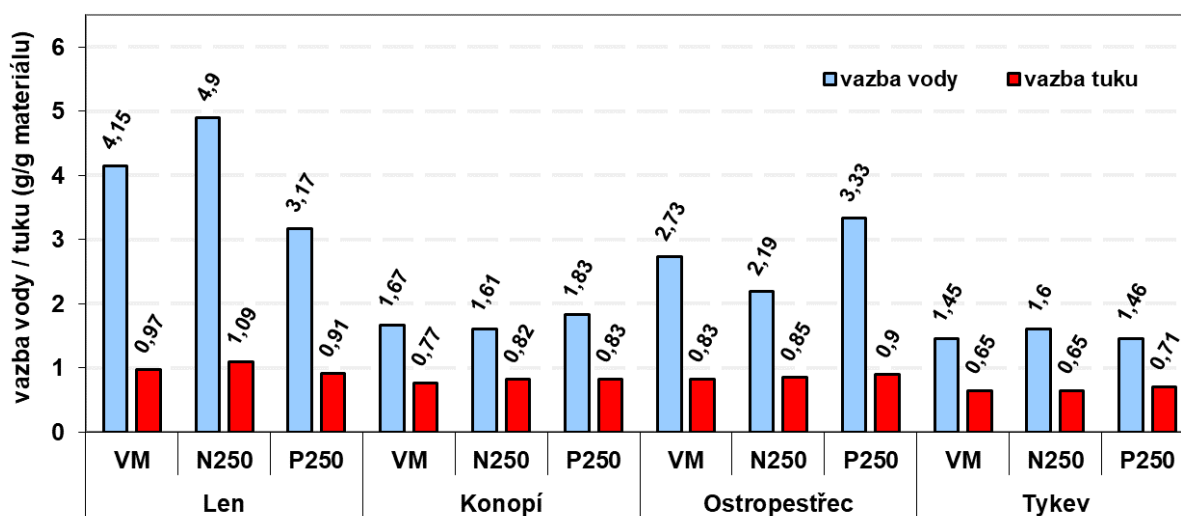
Kromě hlavních obsahových látek je ve výliscích obsažena také řada minoritních přírodních látek. K nejvýznamnějším takovým látkám patří polyfenoly, které mimo jiné disponují antioxidační aktivitou. Na obr. 46 je znázorněn obsah celkových polyfenolů a s ním související antioxidační aktivita vůči radikálu ABTS u sledovaných druhů olejnin. Výrazně



Obr. 46: Rozdíly v obsahu celkových polyfenolů a v antioxidační aktivitě mezi výliskovou moukou a jejími frakcemi u čtyř druhů olejnin (GAE – ekvivalent gallové kyseliny, AAE – ekvivalent askorbové kyseliny)

nejvyšších hodnot obou parametrů vykazovala výlisková mouka a frakce získané z ostropestřce mariánského díky obsahu komplexu flavonolignanů (silybin A, silybin B, isosilybin A, isosilybin B, silychristin, silydianin) a jednoho flavonoidu (taxifolin), jež jsou dohromady známé jako silymarin resp. silymarinový komplex (Tajmohammadi a kol., 2018; Abenavoli a kol., 2018; Kotecka-Majchrzak a kol., 2020). U tří druhů (len, konopí, ostropestřec) je patrné, že hrubší frakce výliskové mouky obsahuje více polyfenolů než jemnější frakce (u lnu a ostropestřce jde o více než dvojnásobný rozdíl). U tykve průkazné rozdíly nebyly nalezeny. Antioxidační aktivita u výliskových mouk a jejich frakcí více méně kopírovala pro jednotlivé druhy stejný trend, jaký vykázal obsah celkových polyfenolů.

Z hlediska uplatnění výliskových mouk a jejich frakcí v potravinářských výrobcích (zejména pekařských a masných) je velmi důležitá schopnost poutání vody a tuku. Jak ukazuje obr. 47, výliskové mouky a jejich frakce jsou schopny velmi dobře poutat vodu. Výrazně vyšší schopnost vazby vody má zejména len (3–4 g/g), především díky obsahu vlákniny. Vyšší schopnost oproti zbývajícím druhům (konopí, tykev) vykazuje také ostropestřec (2–3 g/g). Pro srovnání u pšeničných mouk je uváděna vazba vody 0,60–0,62 g (Traynham a kol., 2007). Raikos a kol. (2014) uvádějí ve své práci vazbu vody u pšeničné mouky přibližně kolem 0,7–0,8 g/g a u konopné mouky kolem 1,6 g/g, což zhruba odpovídá našemu zjištění. Hodnoty vazby tuku mají v porovnání s vazbou vody u výliskových mouk a jejich frakcí nižší hodnoty 0,65–1,09 g/g (obr. 47).



Obr. 47: Rozdíly ve vazbě vody a tuku mezi výliskovou moukou a jejími frakcemi u čtyř druhů olejnin

Z prezentovaných výsledků lze shrnout, že výliskové mouky a jejich frakce lze poměrně snadno připravit. Pro přípravu ve větším (poloprovozním) měřítku je možné využít např. vibrační třídiče s různými typy sít, jak prezentuje obr. 48.



a) Vibrační třídič S49-600-3S s možností osazení třemi sítý o průměru 600 mm



b) Síta z nerezové oceli o průměru 600 mm s oky 160, 315 nebo 485 μm

Obr. 48 Zařízení na prosévání výliskových mouk připravených z výlísků semen olejnin
(Foto: Z. Krejčová)

Finální jemnost výliskové mouky či jejích jednotlivých frakcí, pro vhodnější distribuci v potravinářském výrobku, lze upravit pomocí finálního mletí na vhodném typu mlýnu. Jako vhodný typ se osvědčil planetový (kulový) mlýn. Na obr. 49 je prezentován finální efekt úpravy jemnosti částic frakce výliskové mouky o velikosti částic (po prosévání) v rozmezí 500–700 μm pomocí planetového mlýnu Pulverisette 6 (Fritsch, Německo) za podmínek mletí 570 ot./min. po dobu 3 minut.

vstupní materiál: mouka složená z velikostní frakce částic 0,5 – 0,7 mm

LEN

KONOPI

OSTROPESTŘEC

mletí na kulovém mlýnu:
570 ot./min.
3 min.



Obr. 49: Efekt finální úpravy velikostní frakce výliskové mouky 500 – 700 μm pomocí mletí na planetovém mlýnu (Zdroj fotografií: J. Bárta)

4.4. Technologické postupy zpracování semen minoritních olejnin na bílkovinné produkty

Prosévání jako efektivní způsob zvyšování obsahu bílkovin ve výliskových produktech má své limity, stejně jako suchá cesta obecně. Bez výrazného snížení obsahu tuku lze jen stěží zvýšit obsah bílkovin nad 65 % (Bárta a kol., 2021a). V kapitolách 3.2. a 4.3. byly popsány možnosti lisování olejů „za studena“ a hodnoty obsahů zbytkového tuku ve výliscích pro vybrané minoritní druhy olejnin, jež jsou předmětem této metodiky. V této kapitole budou probrány technologické postupy pro přípravu produktů s vyšším obsahem bílkovin (koncentráty, izoláty). Situaci nelze pro jednotlivé typy výlisků zobecnit, protože druhové zvláštnosti vstupního materiálu vyžadují specifický přístup. I z tohoto důvodu je problematické popsat zde zcela konkrétní případy. Prezentovaná technologická schémata byla laboratorně ověřena a optimalizována v rámci realizovaných aktivit a činností výzkumného projektu QK 1910302.

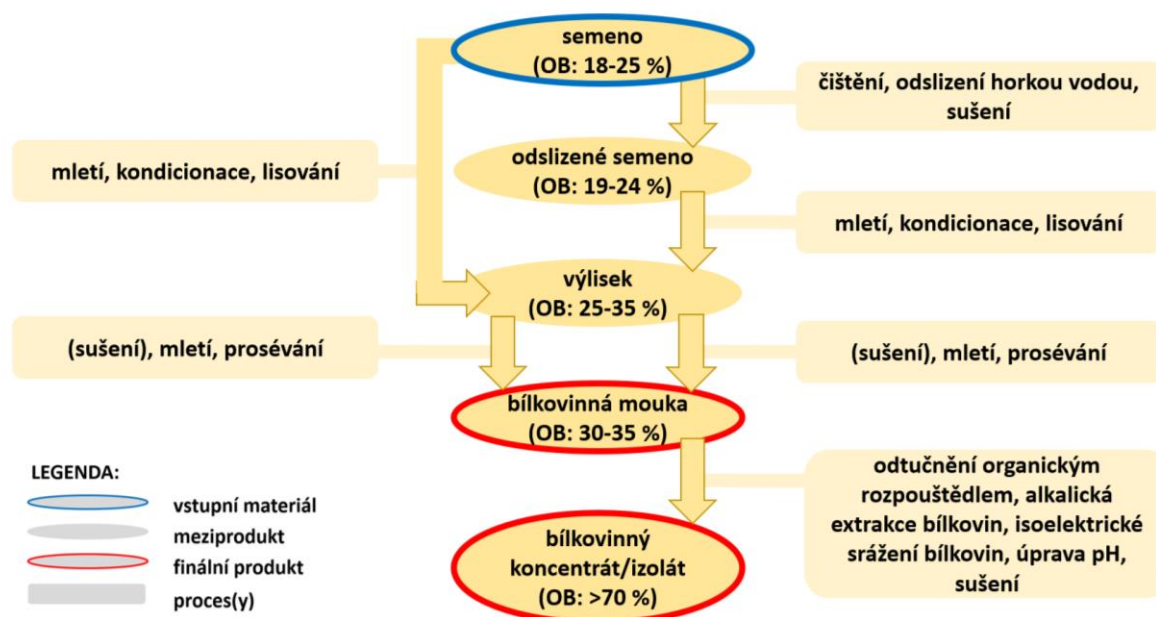
Len

Lněné semeno jako vstupní materiál, představuje z pohledu zpracování na bílkovinné produkty obtížnou surovinu, protože obsahuje ve svých povrchových vrstvách osemení přibližně 8–13 % hmotnosti semene rozpustných slizů (soluble flaxseed gum, SFG), které se při kontaktu semen s vodou začínají vylučovat na jejich povrchu nebo přecházejí do vodného roztoku (Liu a kol., 2016; Hašková, 2021). To velmi výrazně ovlivňuje procesy v rámci „mokrých“ cest získávání koncentrátů či izolátů lněných bílkovin, protože uvolňující se slizy zvyšují viskozitu vodných roztoků. Řešením je buď odstranění osemení nebo extrakce SFG vodou před vlastním lisováním oleje (Kaushik a kol., 2016). Výťažnost extrakce SFG vodou ovlivňuje teplota, nejvyšší výtěžky jsou dosahovány při teplotě vody od 90 °C (Kaushik a kol., 2017). Nicméně je třeba počítat, že ani extrakce horkou vodou nezajistí úplné odstranění SFG ze semen. Navíc předchozí výsledky ukázaly, že extrakce SFG ze semen může snižovat výtěžnost oleje v následujícím šnekovém lisování až o 10 %.

Možnosti zpracování lněného semene na produkty s vyšším obsahem bílkovin jsou znázorněny na obr. 50. Podle schématu mohou vzniknout dva produkty, buďto bílkovinná mouka s obsahem SFG, které je docíleno proséváním vstupní výliskové mouky přes síta s průměrem ok 250 nebo 315 μm nebo vznikne obdobná bílkovinná mouka připravená z „odslizených“ semen, která je dále podrobena extrakci bílkovin lněných semen v alkalickém prostředí a následujícímu vysrážení vyextrahovaných bílkovin v isoelektrickém bodě při pH 5.

Detailní postup produkce koncentráту lněných bílkovin:

- 1. Odslizení semen:** Provést smíchání semen a vody v poměru 1:7 (w/v), zahřát směs na 50 °C a míchat 1 h, scedit semena přes síto, opakovat celý sled 2x, následně provést teplovzdušné usušení semen při 50 °C
- 2. Lisování oleje z usušených semen:** Vylisovat olej pomocí šnekového lisu, viz kapitola 3.2. (zbytkový tuk 6-8 %).
- 3. Mletí výlisků a prosévání:** Výlisky pomlít na nožovém mlýnu (3000 ot./min., 2 min), získanou výliskovou mouku z odslizených semen prosít přes síto s velikostní ok 250 µm, jemnou frakci (propad) odtučnit pomocí organického rozpouštědla (např. pomocí n-hexanu), po odpaření rozpouštědla použít odtučenou jemnou frakci pro následující krok
- 4. Extrakce a srážení bílkovin:** Smíchat odtučenou jemnou frakci výliskové mouky s vodou v poměru 1:10 (v/w), míchat 30 minut, upravit reakci pomocí NaOH na pH 8.5, míchat 30 minut, následně provést centrifugaci (4500 ot./min., 10 min., 20 °C), supernatant zachytit pro další použití, provést re-extrakci sedimentu pomocí vody (20 % objemu použitého na extrakci), promíchat sediment s vodou, provést centrifugaci (4500 ot./min., 10 min., 20 °C), zachytit supernatant a přidat k původnímu supernatantu (re-extrakci 2x opakovat). Provést srážení bílkovin úpravou reakce supernatantu na pH 4.5 pomocí HCl, následně provést centrifugaci (4500 ot./min., 10 min., 20 °C), supernatant odstranit, sediment rozpustit ve vodě (10 % objemu použitého na extrakci) a upravit reakci na pH 7.0 pomocí NaOH.
- 5. Sušení bílkovinného koncentrátu:** pomocí lyofilizace nebo pomocí sprejového sušení



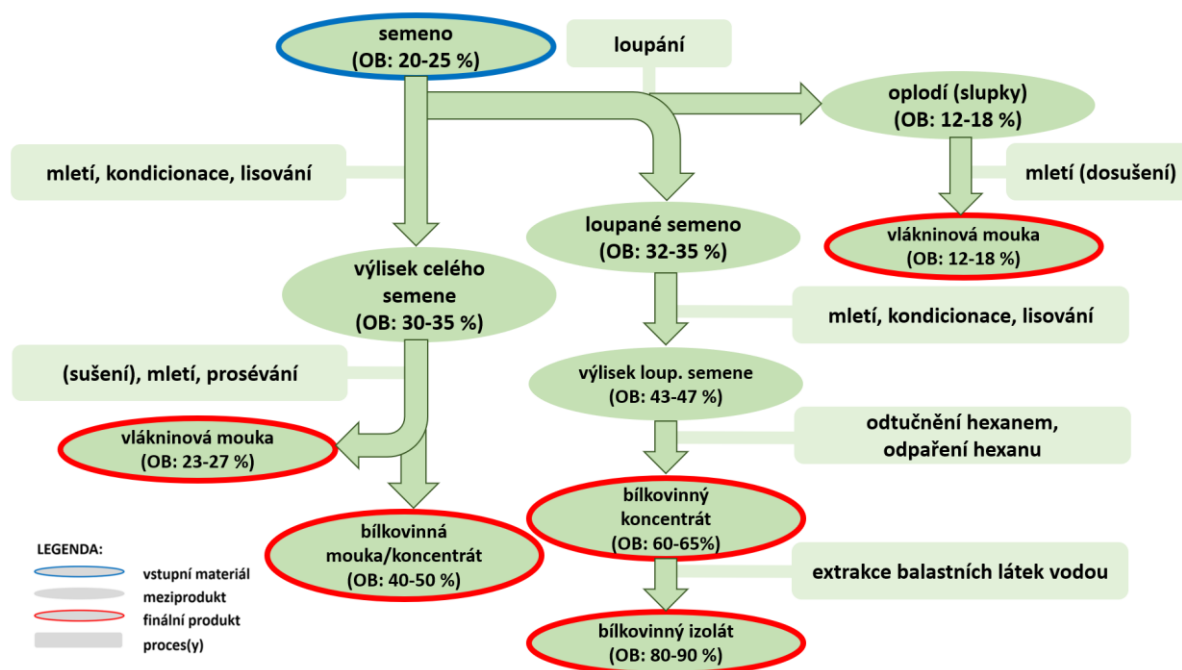
Obr. 50: Zpracování lněného semene na bílkovinnou mouku a bílkovinný koncentrát (OB – obsah bílkovin)

Konopí

Semeno, resp. nažka konopí je poměrně dobře zpracovatelný materiál, a i v jeho případě lze při zpracování postupovat více způsoby, z nichž dva jsou prezentovány na obr. 51.

První způsob zpracování konopných semen reprezentuje opět již zmíněnou suchou cestu, která je založena na použití neloupaných semen, lisování oleje obvyklým způsobem, zpracování výlisků mletím do podoby výliskové mouky (obsah bílkovin 30–35 %) a následné získání frakcí nad a pod sítím 250 nebo 315 μm . Tím vznikne vlákninová mouka s obsahem bílkovin 23–27 % a bílkovinná mouka, resp. v současné době komerčně nabízený bílkovinný koncentrát s obsahem bílkovin 40–50 %.

Druhý způsob využívá výhody, že se u konopné nažky dá poměrně snadno loupáním na vhodném typu loupáčky odstranit slupka, resp. oplodí, které má nižší obsah bílkovin (12–18 %) a může být po usušení a namletí použito jako vlákninová mouka (viz obr. 51). Tím se získá oloupané semeno, které má obvykle obsah bílkovin v rozpětí 32–35 %. Následně proběhne lisování oleje, které však je (při použití klasických šnekových lisů) problematické, neboť je možné tímto způsobem získat jen část oleje (zhruba 50 %). Výlisky z oloupaného semene proto mají vysoký obsah tuku (15–20 %) a musí být následně podrobeny extrakci tuku organickým rozpouštědlem (např. technickým hexanem), aby došlo ke snížení obsahu tuku pod 2 %. Tyto odtučňovací kroky mají zásadní dopady na zvyšování obsahu bílkovin, protože ve výliscích



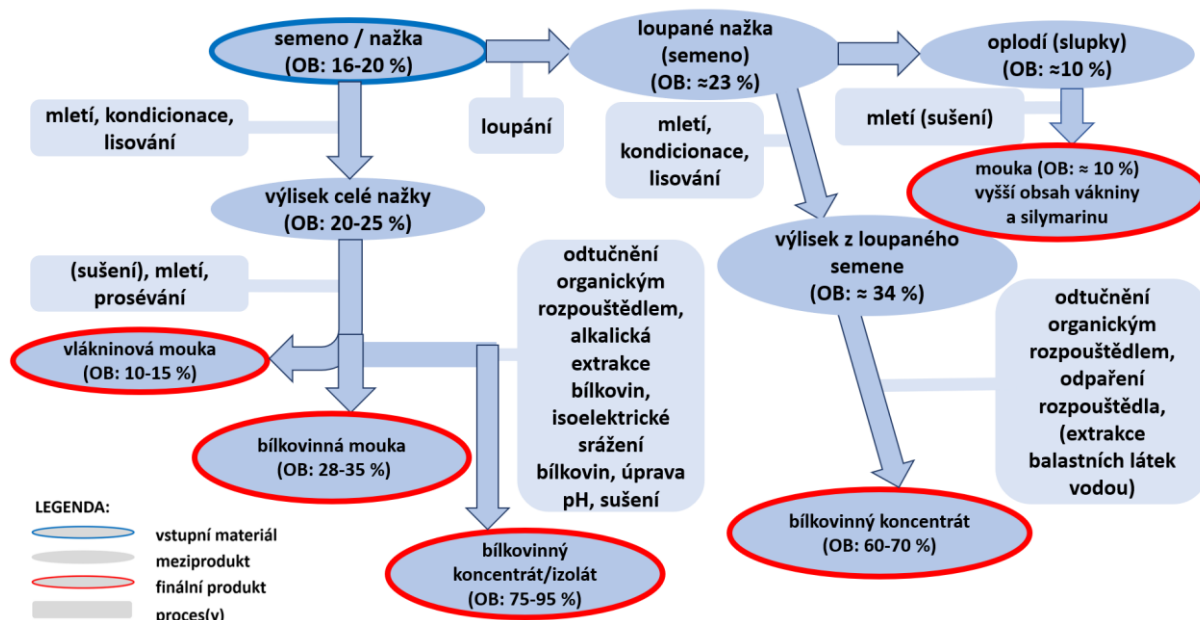
Obr. 51: Zpracování konopných výlisků na bílkovinné mouky, koncentráty a ostatní produkty s rozdílným obsahem bílkovin (OB)

z loupaných semen je 43–47 % bílkovin a po provedení extrakce zbývajících tuku organickým rozpouštědlem a následném odpaření rozpouštědla se obsah bílkovin zvýší na 60–65 %. Tento produkt již může být sám o sobě finálním produktem nebo může být podroben vyluhování části balastních látek (rozpuštěné popeloviny, sacharidy a ostatní organické látky) prostřednictvím vody či vody s upravenou reakcí na pH 5. Vyluhování balastních látek vodou může zvýšit obsah bílkovin na 80 % v sušině a výluh vodou s upravenou reakcí na pH 5 dokonce přes 87 % v sušině.

Ostropestřec

Obdobným způsobem jako konopné semeno mohou být zpracovány nažky (semena) ostropestřce (viz obr. 52). Odstranění oplodí (slupek), které obsahují výrazně méně bílkovin než vlastní semeno, může výrazně přispět v navýšení obsahu bílkovin v získaném produktu. Nažky ostropestřce jsou však dle našich zkušeností hůře loupateľné, což má za následek jejich neúplné oloupaní (podle kvality loupání až 50 % nemusí být zcela oloupano). I přesto lze, jak znázorňuje schéma na obr. 52, tímto způsobem docílit získání bílkovinného koncentrátu o obsahu bílkovin v rozsahu 60–70 %. Navíc lze získat i další produkt – mouku s vysokým obsahem vlákniny a silymarinového komplexu.

Zpracování celých neloupaných ostropestřcových nažek pomocí obvyklých úprav před lisováním a vlastního lisování vede k získání výlisků, jež mohou být následně podrobeny mletí za vzniku výliskové mouky. Ta je prostřednictvím prosetí na sítích o doporučené velikosti ok



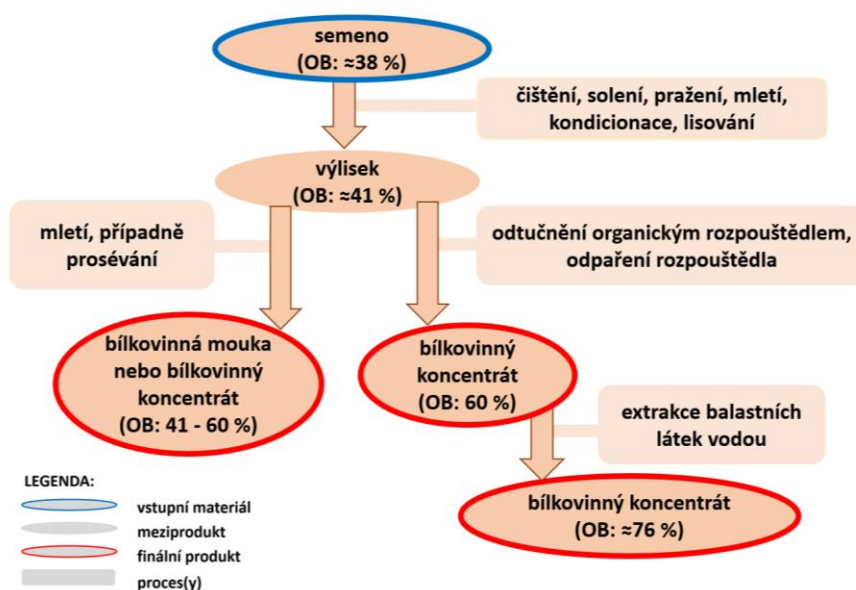
Obr. 52: Zpracování nažek ostropestřce na bílkovinné mouky, koncentráty a ostatní produkty s rozdílným obsahem bílkovin (OB)

(250 nebo 315 μm) zpracována na jemnější a hrubší frakci – tzn. na bílkovinnou (obsah bílkovin 28–35 %) a vlákninovou (obsah bílkovin 10–15 %) mouku. Bílkovinná mouka může být podle již popsaného postupu (u lnu) zpracována na produkty s vyšším obsahem bílkovin. Po odstranění zbytkového tuku mohou být (pomocí alkalické extrakce či kombinací alkalické extrakce a kyselého srážení) získány bílkovinné produkty s obsahem bílkovin až 90 %.

Tykev

Semena tykve olejné (bezslupké) mají oproti semenům předchozích tří druhů odlišné parametry. Jde o pravá semena, která mají jen poměrně tenkou vrstvu osemení. Navýšení obsahu bílkovin v získaných produktech bude záviset zejména na výtěžku při izolaci oleje a obsahu zbytkového tuku. Tuk ze semen tykve se obecně hůře uvolňuje, přestože vlastní semena obsahují 40–50 % tuku. Výtěžek závisí na způsobu přípravy semen před lisováním a vlastním způsobu lisování. Jak bylo zmíněno v kapitole 3.2., semena tykve se před lisováním solí a praží za různých teplot. Pro lisování solených a pražených semen se používají pístové (hydraulické) lisy, lisování na šnekových lisech má nižší výtěžnost.

Postupy zpracování semen tykve olejné na bílkovinné produkty jsou znázorněny na obr. 53. Jak již bylo řečeno, největší význam má úroveň výtěžku mechanické extrakce oleje a dále pak obsah bílkovin a tuku ve vstupních semenech. Obsah tuku a bílkovin se může výrazně lišit podle odrůdy a kvality pěstitelských podmínek. Při nižším obsahu tuku se zvyšuje obsah bílkovin. V případě, že se docílí pomocí úprav semen (solení, pražení) a vlastním lisováním vysokého výtěžku oleje a ve výliscích tak zůstává nízký obsah zbytkového tuku, může obsah



Obr. 53: Zpracování semen tykve olejné na bílkovinné produkty s rozdílným obsahem bílkovin (OB)

bílkovin ve výliskové mouce dosáhnout až 60 %, což je v podstatě úroveň obsahu bílkovin u bílkovinných koncentrátů. Při nižší účinnosti lisování se pohybuje obsah bílkovin kolem 40 % a produkt lze považovat spíše za bílkovinnou mouku. Alternativní cestu zpracování představuje dodatečné odtučnění pomocí organického rozpouštědla, při kterém lze získat také bílkovinný koncentrát o obsahu bílkovin 60 %. Obsah bílkovin může být ještě navýšen promytím takto získaného bílkovinného koncentráту vodou, čímž lze obsah bílkovin zvýšit až na 76 %. V literatuře je uváděn způsob, kdy lze, z odtučněné výliskové mouky tykve olejné pomocí výše popsané kombinace alkalické extrakce bílkovin a jejich isoelektrického srážení, získat bílkovinný izolát s obsahem bílkovin až 94 % (Bučko a kol., 2015).

4.5. Balení a skladování výlisků, výliskových mouk a koncentrátů

Výlisky olejnin, výliskové mouky a případně bílkovinné koncentráty obsahují významný podíl zbytkového tuku, který se může pohybovat ve výrazně rozdílném intervalu. Množství zbytkového tuku závisí především na druhu olejnin a na postupu lisování.

Při běžném lisování za přístupu vzduchu (bez použití ochranné atmosféry argonu či dusíku při kondicionaci a lisování) jsou pletiva semen a z nich uvolňující se tuk vystavovány styku s běžnou atmosférou a na získaný olej a výlisky se zbytkovým tukem působí dopady vzdušného kyslíku vedoucí k oxidaci mastných kyselin. Jak již bylo řečeno v kapitole 3, nejnáchylnější je situace u konopí a lnu pro jejich poměrně vysoké zastoupení polynenasycených mastných kyselin v tuku. Postupně tak dochází k degradaci získaných produktů a zhoršování jejich sensorických vlastností. Úkolem balení a skladování je tyto nežádoucí procesy výrazně zpomalit a tím umožnit jejich použitelnost. Obaly a způsob skladování by tak měly, pokud možno, co nejvíce chránit produkt před kyslíkem, světlem, vlhkem a vyšší teplotou.

Pro výlisky olejnatých semen či z výlisků připravené mouky a koncentráty, zejména při vyšším obsahu zbytkového tuku, je vhodný způsob balení bez přístupu vzduchu vakuováním (obr. 54) např. balení do vícevrstevných sáčků nebo fólií z PA/PE (polyamid/polyethylen) nebo s využitím ochranné atmosféry do sáčků typu „Doypack“ (vyráběn z více vrstev, např. PET/AL/PE), u kterých může být po otevření pro opětovné uzavření využit ZIP uzávěr (viz obr. 55).

Vlastní skladování by mělo probíhat v chladu, v temnu a suchu, po otevření obalu pouze v chladničce (do 5 °C) po omezenou dobu.



a) Balení výlisků externí vakuovou balíčkou Maxxo (Foto: E. Jarošová)



b) Balení konopné mouky (Foto: Z. Krejčová)

Obr. 54: Ukázka vakuového balení výlisků externí vakuovou balíčkou Maxxo a balení konopné mouky společnosti HEMP PRODUCTION CZ s.r.o.



Balení konopného proteinu 50 % ve společnosti HEMP PRODUCTION do sáčků typu „Doypack“.

Foto: Z. Krejčová

Komerčně dostupný sáček „Doypack“ se ZIP uzávěrem je vyroben ze 3 vrstev PET/AL/PE.

Zdroj: https://obalylevne.cz/doypack-zip-stribrny?var=petalpe.1000ml.&gclid=EAlaIQobChMImI S-8PSy_AIVGMJ3Ch3r2wjLEAYYASABEgJAI_D_BwE (On-line: 20. 12. 2022)

Obr. 55: Sáčky typu „Doypack“ a jejich využití pro balení výliskových mouk a bílkovinných koncentrátů

5. Možnosti využití výliskových bílkovinných produktů v potravinářských aplikacích

Výliskové mouky, jejich frakce bohaté na bílkoviny, vlákninu a biologicky aktivní látky i samotné bílkovinné koncentráty či izoláty disponují množstvím funkčních vlastností a mohou tak být využity v řadě potravinářských aplikací či přímo ve výrobcích. Jde o vlastnosti, jako jsou schopnost poutat vodu a tuk, viskoelastické vlastnosti, schopnost vytvářet gely, pěny, emulze apod. Jednotlivé typy výliskových produktů tak mohou být v potravinářských výrobcích využity jako plnidla, prostředky zlepšující strukturu, konzistenci, vlhkost, chuťové a aromatické vlastnosti, ale také jako prostředky, které finální potravinářský výrobek obohacují o danou skupinu nutričně či zdravotně významných složek.

Tabulka 13: Literárně prezentované možnosti využití bílkovinných produktů jako surovin do potravinářských výrobků (Bárta a kol., 2021a)

Skupina výrobků	KS	LS	OM	ŘO	SL	SR	TO
Pekařské výrobky	MKP	M	M	KI	MKI	MK	M
Masné výrobky	M			KI	MKIT	K	M
Mléčné výrobky	P		M	I	MKI		M
Kojenecká výživa a diety	MKIP				MKI	K	
Náhrada vajec				KI			H
Extrudované výrobky a tyčinky	M	M				K	
Dresinky, omáčky, polévky		M		IPH	KI		
Nápoje	MI			I	K		

SL – sója luštinatá, ŘO – řepka olejka, SR – slunečnice roční, LS – len setý, KS – konopí seté, TO – tykev olejná, OM – ostropestřec mariánský; M – mouky, K – bílkovinné koncentráty, I – bílkovinné izoláty, P – bílkoviny příslušného druhu obecně, H – hydrolyzát bílkovin příslušného druhu, T – texturované bílkoviny

KS: Wang and Xiong (2019); LS: Kaur a kol. (2018); OM: Bochkarev a kol. (2016); Jandlova a kol. (2018); ŘO: Wanasundara a kol. (2016); Day (2013); SL: Singh a kol. (2008); Day (2013); SR: Murru, Calvo (2020); Bio Technologies LLC; TO: Bochkarev a kol. (2016); Popovic a kol. (2013)

Jak přehledně ukazuje tabulka 13 využití výliskových produktů s vyšším obsahem bílkovin může být velmi pestré. Jde hlavně o uplatnění v pekařských výrobcích, dále v masných (mělněných) a mléčných produktech a v některých specifických aplikacích jako jsou speciální výživy, extrudované výrobky, využití jako náhrada vajec, příprava dresinků, omáček a nápojů.

V následujícím textu jsou uvedeny příklady uplatnění různých frakcí výliskových mouk v přípravě pekařských, pečivářenských a masných výrobků, které byly vytvořeny v rámci řešení výzkumného projektu QK 1910302.

5.1. Příklady pekařských a pečivářských výrobků

Příprava pšenično-žitného chleba s využitím výliskových mouk minoritních olejnin

Byly připraveny varianty pšenično-žitného chleba se substitucí 10 % směsné pšenično-žitné mouky (1:1) mouku lněnou, konopnou, ostropestřcovou a tykvovou. U lněné mouky byla vyzkoušena také substituce 5 % (vzhledem k specifickým vlastnostem mouky bylo předpokládáno zhoršení senzorických vlastností výrobku). Jako použitá alternativní mouka byla ve všech případech zvolena velikostní frakce výliskových mouk 500–710 µm.

V misce byla důkladně smíchána navážená množství mouk, soli a kmínu (variantní složení uvedeno v tabulce 14), následně byl vytvořen důlek a do něj bylo rozdrobeno 20 g droždí, ke

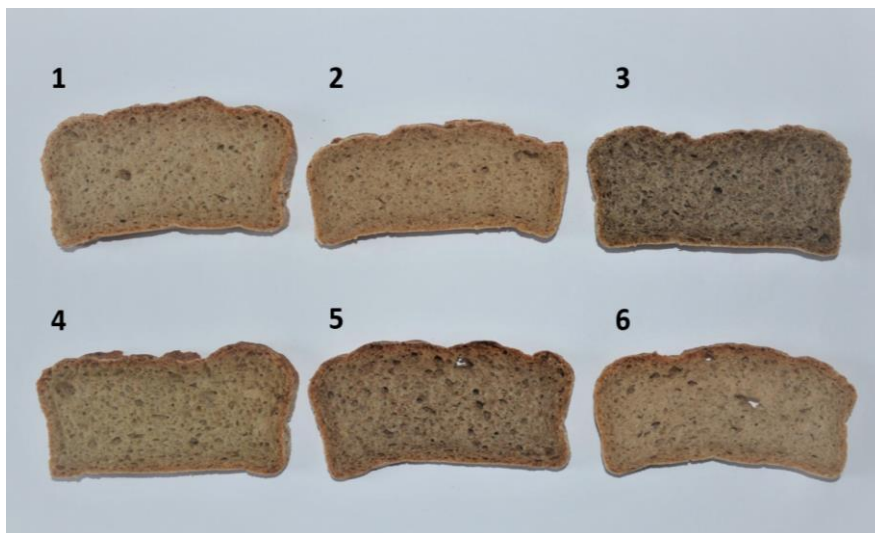
Tabulka 14: Zastoupení surovin pro přípravu těst jednotlivých variant chleba (v g).

složka	varianta					
	kontrola	len 5 %	len 10 %	konopí	tykev	ostropestřec
mouka pšeničná	150	142,5	135	135	135	135
mouka žitná	150	142,5	135	135	135	135
m. alternativní	0	15	30	30	30	30
sůl	5	5	5	5	5	5
kmín	3	3	3	3	3	3
droždí	20	20	20	20	20	20
cukr	2	2	2	2	2	2
olej	6	6	6	6	6	6
ocet	10	10	10	10	10	10
voda	230	230	230	230	230	230

Pozn.: Výliskové mouky představovaly velikostní frakce semenných výlisků olejného lnu, konopí setého, tykve olejně a ostropestře mariánského v rozpětí 500–700 µm.

kterému byl přidán cukr a 50 g teplé vody (35 °C). Po 20 minutách byl přidán zbytek vody (180 g), olej a ocet a vše bylo důkladně zhomogenizováno s využitím kuchyňského robota Bosch OptiMUM MUM9BX5S61 (funkce hnětení, 10 minut). Vzniklé těsto bylo následně převedeno do formy vymazané tencem tukem a vysypané hrubou moukou. Ve formě kynul chléb 60 minut pod plátěnou utěrkou při teplotě 25 °C. Následně byla forma s vykynutým vzorkem chleba vložena do trouby vyhřáté na 230 °C. Po uplynutí 10 minut byla teplota snížena na 190 °C a při této teplotě byl chléb dopékán dalších 40 minut (50 minut pečení celkem). Po vyjmutí formy se vzorkem chleba z trouby byl chléb vyklopen z formy a ponechán na roštu, aby vychladl. Postup probíhal u všech vzorků stejně.

Předpoklad zhoršené senzorické kvality chleba s přídavkem lněné mouky se potvrdil, a to zvláště u varianty s jejím vyšším zastoupením. Toto je patrné jak z obr. 56, kde je viditelná struktura jednotlivých variant, ale také z tabulky 15, kde jsou uvedena data senzorického hodnocení produkce. Jednou ze složek lněné mouky jsou tzv. slizy (*water soluble gum*), rozpustná vláknina s vysokou hodnotou vaznosti vody, což významným způsobem ovlivňuje funkční vlastnosti lněné mouky a pravděpodobně je tato komponenta důvodem sníženého objemu produkováného pečiva. V rámci senzorického hodnocení pečiva, byla varianta s přídavkem lněné mouky negativně hodnocena i z hlediska vzhledu chleba na řezu a objemu pečiva. Snížené zastoupení lněné mouky na 5 % výrazně zlepšilo přijatelnost chleba pro hodnotitele. Přídavek lněné mouky ale neovlivnil chuťové vnímání produktu – obě lněné varianty byly vyhodnoceny jako chuťově srovnatelné s kontrolou. Chuťové odchylky byly zaznamenány u variant s přídanou moukou z konopí a ostropestřce. Při použití konopné



Obr. 56: Pokusné pečení pšenično-žitného chleba s přídavkem mouk připravených z výlisků olejnin (Foto: J. Bárta)

Legenda: 1 – kontrolní varianta (bez přídavku výliskových mouk), 2 – varianta s přídavkem 10 % lněné mouky, 3 – varianta s přídavkem 10 % konopné mouky, 4 – varianta s přídavkem 10 % tykvvé mouky, 5 – varianta s přídavkem 10 % ostropestřcové mouky, 6 – varianta s přídavkem 5 % lněné mouky.

mouky byly hodnotiteli negativně hodnoceny i parametry týkající se barvy kůrky, střídy a celková struktura (soudržnost) produktu. Velmi pozitivně byla hodnotiteli přijata varianta využívající přídavku tykvvé mouky. Naopak chléb s přídavkem mouky z ostropestřce nebyl hodnotiteli přijat kladně a z hlediska celkových preferencí byl vyhodnocen jako nejméně přijatelný, a to zejména z důvodu pocitové “hrubosti” přidané komponenty ostropestřce. Je potřeba doplnit, že přidávaná frakce výliskové mouky 500–710 μm měla hrubší charakter, což patrně ovlivnilo výsledek senzorické analýzy a potvrzuje potřebu hrubší frakce výliskových mouk lépe homogenizovat pomocí finálního mletí (viz obr. 49).

Tabulka 15: Souhrn výsledků senzorického hodnocení (vyjádření v bodech 1-9)

charakteristika	varianta (náhrada 5 nebo 10 % pšenično-žitné mouky výliskovou moukou)					
	kontrola	len 5%	len 10 %	konopí 10 %	tykev 10 %	ostropestř. 10 %
vzhled na řezu	8,5 a	6,6 b	5,8 b	6,5 b	7,1 ab	6,6 b
barva střídy	8,7 a	8,1 ab	7,0 bc	5,0 d	6,1 cd	6,0 cd
barva kůrky	8,1 a	7,7 ab	8,1 a	6,9 b	7,6 ab	8,0 ab
vůně - odchylka	7,4 a	6,5 a	6,6 a	6,1 a	6,9 a	6,2 a
textura (soudržnost)	8,2 a	7,8 ab	7,9 ab	6,8 b	7,4 ab	6,8 b
objem (střídy)	6,1 a	4,6 b	4,0 b	6,2 a	5,8 a	5,9 a
vlhkost	5,4 a	4,0 b	4,1 b	3,9 b	4,5 ab	4,5 ab
chuť – chyba	6,1 a	5,2 abc	5,9 ab	4,7 bc	5,2 abc	4,4 c
celk. přijatelnost	8,4 a	6,7 bc	7,0 ab	5,4 c	6,3 bc	5,6 bc
preference	2,5 b	3,8 ab	3,3 ab	4,0 a	3,0 ab	4,4 a

Pozn.: zeleně zbarvené hodnoty značí maxima, červeně zbarvené hodnoty minima; rozdílná písmena za hodnotou indikují statisticky průkazný rozdíl mezi variantami v daném parametru na hladině významnosti $P < 0,05$ (Fisher LSD test)

Příprava pšenično-žitného chleba s různými frakcemi výliskové mouky ostropestře mariánského

Vzhledem k předpokládaným zdravotním benefitům výliskové mouky ostropestře mariánského bylo na tento pokus s pšenično-žitným chlebem navázáno dvěma testy:

test A se věnoval možnosti stupňované substituce (0, 5, 10, 15 a 20 %) pšenično-žitné směsi ostropestřcovou nesítovanou moukou; **test B** se věnoval substituci pšenično-žitné směsi frakcemi výliskové mouky po prosévání s variabilní zrnitostí (kontrola, nesítovaná výlisková mouka, frakce nad 710 μm , frakce 315–710 μm a frakce pod 315 μm). Všechny varianty ostropestřcové mouky byly před vlastním použitím do těst pomlety na planetovém mlýnu, aby bylo dosaženo jednotné jemné zrnitosti a eliminovaly se případné negativní vjemy hodnotitelů při senzorické analýze. Postup přípravy pokusných variant chleba a výsledné produkty jsou prezentovány na obrázku 57; receptura pro přípravu výrobků v tabulkách 16 a 17.

A: Příprava těsta



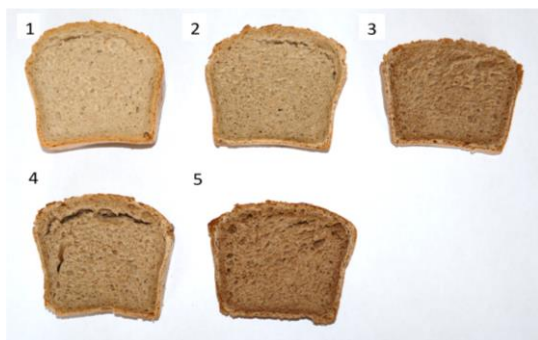
B: Pokusné bochníky - kynutí



C: Pokusné bochníky po upečení

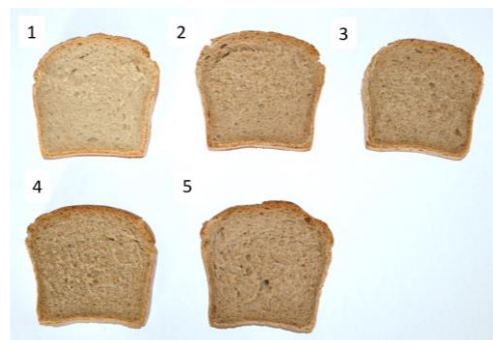


D: Pokus se stupňovanou substitucí



1 – kontrola, 2 – přidavek 5 %, 3 – přidavek 10 %, 4 – přidavek 15 %, 5 – přidavek 20 %

E: Pokus s velikostními frakcemi



1 – kontrola, 2 – mouka nesítovaná, 3 – přidavek frakce $>0,71$ mm, 4 – přidavek frakce $0,315 - 0,71$ mm, 5 – přidavek frakce $<0,315$ mm

Obr. 57: Příprava pšenično-žitného chleba s přidavkem mouky z výlisků ostropestřce mariánského (Foto: J. Bárta)

Tabulka 16: Recept na přípravu pšenično-žitného chleba – varianta: stupňovaná substituce základní směsi mouky nesítovanou výliskovou moukou ostropestřce mariánského

<i>složka</i>	<i>kontrola</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>	<i>20 %</i>
mouka – mix (50:50)	800	760	720	680	640
ostropestřec mouka	0	40	80	120	160
sůl	16	16	16	16	16
droždí	43	43	43	43	43
olej	20	20	20	20	20
ocet	40	40	40	40	40
voda	608	608	608	608	608

Tabulka 17: Recept na přípravu pšenično-žitného chleba – varianta: 10% substituce základní směsi mouky velikostními frakcemi výliskové mouky ostropestřce mariánského

<i>složka</i>	<i>kontrola</i>	<i>NS</i>	<i>F>710</i>	<i>F315–710</i>	<i>F<315</i>
mouka – mix (50:50)	800	720	720	720	720
ostropestřec mouka	0	80	80	80	80
sůl	16	16	16	16	16
droždí	43	43	43	43	43
olej	20	20	20	20	20
ocet	40	40	40	40	40
voda	608	608	608	608	608

Pozn.: NS – nesítovaná výlisková mouka; F>710 – velikostní frakce nad sítím s oky 710 µm, frakce F315–710 – velikostní frakce v intervalu 315 – 710 µm; F<315 velikostní frakce pod 315 µm.

Tabulka 18: Celková přijatelnost variant pšenično-žitného pro konzumenta dle stupnice (0 – nejnižší hodnocení, 100 – nejlepší hodnocení)

Test A – stupňovaná substituce nesítovanou výliskovou moukou		Test B – substituce 10 % velikostními frakcemi výliskové mouky	
varianty	celková přijatelnost	varianty	celková přijatelnost
kontrola	67,50	kontrola	66,86
přídavek 5 %	72,56	nesítovaná mouka	62,75
přídavek 10 %	63,62	frakce >0,71 mm	60,38
přídavek 15 %	53,06	frakce 0,315 – 0,71 mm	62,13
přídavek 20 %	45,62	frakce <0,315 mm	71,87

Získaná data u testu A dokládají snižující se přijatelnost vzorků chleba se zvyšujícím se zastoupením výliskové mouky ostropestřce, stejně tak bylo vysoké zastoupení výliskové mouky příčinou výrazných změn barvy a struktury výsledného produktu, jak dokládá obrázek 57d. Jako optimální se tak jeví přídavek výliskové mouky mezi 5–10 %. Přídavek na úrovni 5 % byl překvapivě hodnotiteli vyhodnocen i jako přijatelnější než kontrolní vzorek.

U testu B byla hodnotiteli vyhodnocena jako nejpřijatelnější varianta s přídavkem jemné frakce (pod 0,315 µm), překonala i samotnou kontrolu (tab. 18). Tato frakce obsahuje vysoký obsah bílkovin (kolem 30 %), má nižší obsah silymarinu než hrubá frakce (nad 710 µm), ale stále výrazně vyšší antioxidační kapacitu v porovnání s přínosy výliskových mouk z jiných druhů olejnin.

Příprava pšeničných bulek s využitím výliskových mouk minoritních olejnin

Další formou pečiva, u kterého byla testována možnost náhrady části pšeničné mouky výliskovou moukou všech čtyř olejnin, bylo běžné pečivo typu bulek (Uhlířová, 2021). Složení těsta v rámci jednotlivých variant pokusu je uvedeno v tabulce 19. Substituce pšeničné mouky výliskovými moukami byla jednotná u všech variant a činila 5 %. Výsledné produkty jsou prezentovány na obrázku 58. Vyprodukované pečivo bylo hodnoceno z hlediska senzorických vlastností (vzhled, barva kůrky, povrch, barva a vzhled střídky, vůně a chuť) i z pohledu změny obsahu celkových polyfenolů (TPC) a antioxidační aktivity, a tedy případného posunu zdravotního benefitu takto vyrobeného pečiva.

Tabulka 19: Receptura přípravy pečiva s přidavkem výliskových mouk minoritních olejnin

složení produktu (g)	kontrola	len	ostropestřec	konopí	tykev
výlisková mouka	0	25	25	25	25
mouka pšeničná	500	475	475	475	475
olej	15	15	15	15	15
cukr	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
sůl	10	10	10	10	10
koncentrát	10	10	10	10	10
sušené mléko	10	10	10	10	10
voda	300	300	300	300	300
droždí	20	20	20	20	20

Obr. 58: Pokusné pečení bulek s přidavkem mouk připravených z výlisků olejnin.



Legenda: 1 – kontrolní varianta (bez přidavku výliskových mouk), 2 – varianta s přidavkem lněné mouky, 3 – varianta s přidavkem ostropestřcové mouky, 4 – varianta s přidavkem konopné mouky, 5 – varianta s přidavkem tykvové mouky (Foto: L. Uhlířová)

U všech vzorků bulek došlo přidavkem výliskové mouky ke změně sensorických vlastností, jak vyjadřuje tabulka 20. S výjimkou hodnoceného parametru chuti bylo u všech ostatních sensorických parametrů zaznamenáno zhoršení vnímaných sensorických vlastností pečiva. U parametru chuti byla velmi pozitivně hodnocena varianta pečiva s přidavkem tykvové mouky, což pozitivně koreluje i se zjištěním u vzorků chleba z předchozího pokusu. Tykvová mouka disponuje specifickou chutí a vyšší slaností, což dodává produktům výraznější chuť, zároveň ale tato mouka do produktů vnáší typicky zelenou barvu, což může být hodnotiteli vnímáno i negativně. Toto se potvrdilo u parametru vzhledu a barvy střídky, kdy nejlépe byla kromě kontrolní varianty vnímána varianta s přidavkem lnu (použita výlisková mouka žlutosemenné odrůdy), a naopak varianta s přidavkem tykvové mouky je v těchto parametrech hodnotiteli vnímána jako nejvíce se lišící od standardu.

Z pohledu případných zdravotních benefitů byla pozornost soustředěna zejména na stanovení obsahu celkových polyfenolů a antioxidační aktivity produktů (viz tabulka 21). Dle předpokladu k významnému navýšení obsahu polyfenolových látek a s tím související antioxidační aktivity došlo u bulek, k jejichž výrobě byla použita výlisková mouka semen

Tabulka 20: Hodnocení sensorických vlastností bulek s přidavkem výliskové mouky

	kontrola	len	ostropestřec	konopí	tykev
ztráta hmotnosti upečením (%)	11,1	12,9	11,73	12,36	11,73
vzhled *	8,38	7,25	8,13	5,63	6,13
kůrka	8,75	8,50	7,50	5,13	6,63
střídka	9,00	9,00	7,75	6,75	5,88
vůně	9,00	9,00	8,00	7,50	7,13
chuť	5,13	4,63	4,88	5,13	8,00
celková přijatelnost	9,00	8,88	8,38	8,00	8,88

* hodnocení sensorických ukazatelů (vzhled, kůrka, střídka, vůně a chuť) je uvedeno jako bodové hodnocení od 1 (nejhorší) do 9 (nejlepší).

Tabulka 21: Změny obsahu polyfenolových látek a antioxidační aktivity bulek s přidavkem výliskové mouky

parametr	kontrola	len	ostropestřec	konopí	tykev
TPC (mg GAE/g suš.)	0,10	0,25	1,06	0,31	0,25
antioxidační aktivita (mg AAE /g suš.)	0,57	0,72	1,35	0,57	0,40

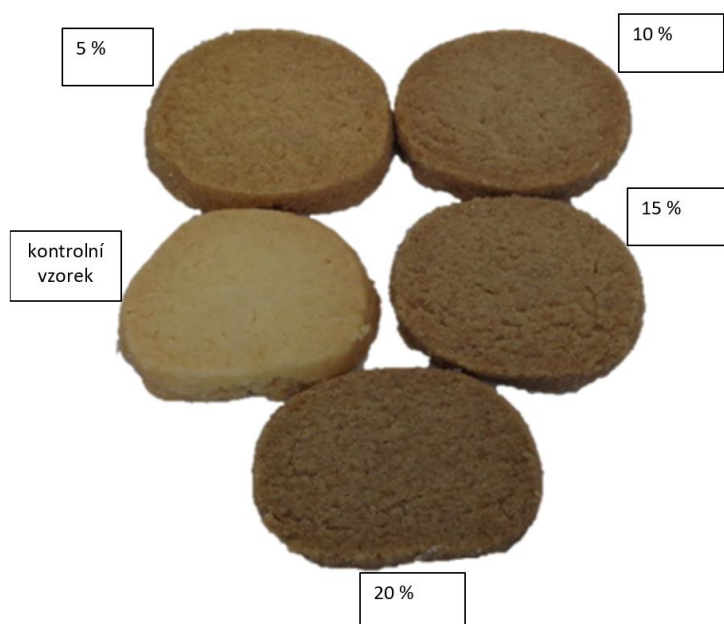
TPC – obsah celkových polyfenolových látek, GAE – ekvivalent gallové kyseliny mg/g suš., AAE – ekvivalent askorbové kyseliny mg/g suš.

ostropestřce mariánského. U této varianty byla antioxidační aktivita na úrovni 1,35 mg ekvivalentů askorbové kyseliny (AAE) mg/g suš., zatímco ostatní varianty se významně nelišily od kontrolní varianty bez výliskové mouky s výjimkou lněné mouky, kde taktéž došlo k mírnému navýšení antioxidační aktivity (0,75 mg AAE/g suš.).

Příprava máslových sušenek s využitím výliskové mouky ostropestřce mariánského

Máslové sušenky představovaly další variantu trvanlivého produktu, kde byla testována možnost využití přídatku výliskové mouky minoritních olejnin. V tomto případě byla pozornost soustředěna na potenciál mouky ostropestřce mariánského vzhledem k významným zdravotním benefitům této suroviny. Vedle kontrolní varianty s 0 % přídatkem zvolené mouky byly testovány varianty s přídatkem 5, 10, 15 a 20 % přídatku mouky ostropestřce mariánského.

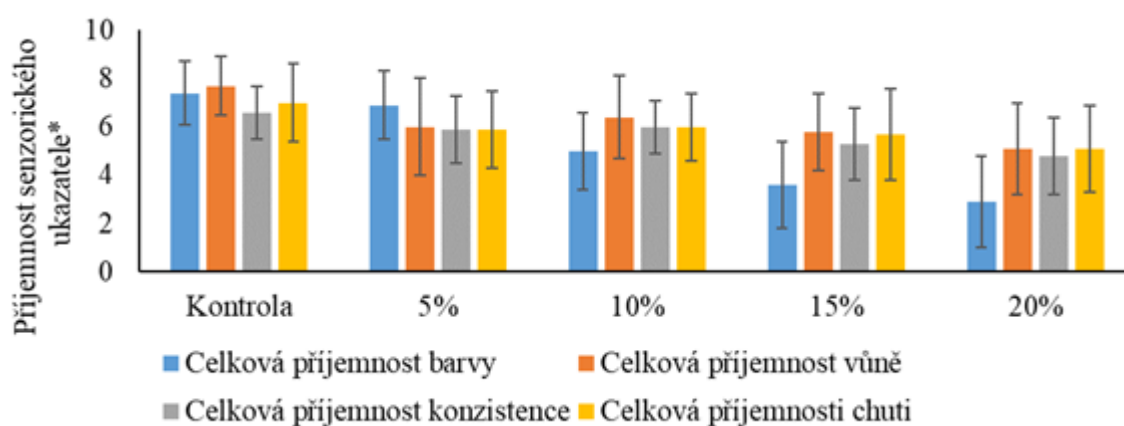
Výsledné produkty jsou uvedeny na obrázku 59 a nutriční parametry získaných výrobků jsou uvedeny v tabulce 22. Z uvedených dat vyplývá, že se stoupajícím podílem náhrady obilných mouk stoupá obsah dusíkatých látek, vlákniny i minerálních látek. Z hlediska sensorického hodnocení produkce (viz obrázek 60) lze konstatovat, sušenky s náhradou mouky z ostropestřce měly tmavší barvu a stejně tak byla přídatkem výliskové mouky ovlivněna i jejich vůně, chuť i textura. Konzumenty byly nejlépe hodnoceny sušenky kontrolní bez přídatku výliskové mouky, přesto i ostatní varianty výrobku byly stále pro konzumenty sensoricky přijatelné. Obecně lze konstatovat, že se zvyšujícím se přídatkem výliskové mouky dochází ke snížení sensorické přijatelnosti výrobku pro konzumenty, a to ve všech hodnocených aspektech (barva, chuť, vůně, textura). Toto zhoršení sensorických vlastností bylo statisticky významné ($p < 0,05$). Nejvýznamnější zhoršení bylo zaznamenáno u příjemnosti barvy, zejména u vzorků, které obsahovaly více než 10 % pokrutin a 10% přídatek výliskové mouky lze tedy chápat jako hraniční. U ostatních hodnocených deskriptorů také docházelo ke zhoršení příjemnosti, nicméně pokles nebyl tak výrazný. Vzorky s 5 % pokrutin byly pro konzumenty sensoricky přijatelné a odchylky oproti kontrolnímu vzorku byly konzumenty vnímány jako minimální. Dále bylo zjištěno, že kontrolní neobohacené vzorky byly oproti vzorkům s výliskovou moukou tvrdší ($p < 0,05$). Nejměkčí byly vzorky s 5 % výliskové mouky, nicméně se zvyšujícím se procentem přídatku mouky tvrdost opět stoupala, nedosáhla ale takové hodnoty jako u kontrolních sušenek. Z hlediska nutričních, sensorický i zdravotních benefitů lze tedy konstatovat, že 5% přídatek výliskové mouky ostropestřce se jeví jako optimální.



Obr 59: Zobrazení jednotlivých variant sušenek se vzestupným podílem mouky z ostropestřce mariánského jako náhrady obilných mouk (v %) (Foto: J. Kadlec)

Tabulka 22: Nutriční hodnoty (g/kg v sušině) u variant sušenek s náhradou obilných mouk výliskovou moukou ostropestřce mariánského

vzorek (% náhrady)	Původní sušina	Dusíkaté látky	Hrubá vláknina	Tuk	Popel	BNLV
kontrola (0 %)	964,1	64,5	3,2	281,7	3,1	647,5
vzorek (5 %)	961,9	73,9	6,6	283,5	4,8	631,2
vzorek (10 %)	963,3	74,4	8,5	283,4	6,5	627,2
vzorek (15 %)	964,0	74,5	12,8	285,3	8,6	618,8
vzorek (20 %)	963,8	82,5	13,4	286,6	10,8	606,7



Obr. 60: Vyhodnocení senzoricke analýzy (příjemnost ukazatele v bodech) sušenek s přidavkem výliskové mouky ostropestřce mariánského

Nižší tvrdost sušenek s přidavkem mouky z ostropestřce mariánského je pravděpodobně způsobena oslabením lepkové struktury těsta. Mouka z ostropestřce mariánského zvyšuje v těstě obsah vlákniny, což ovlivní vývin lepku a následně texturu hotových sušenek. Do určité míry se v tomto případě může uplatňovat i vliv tuku, kdy adekvátně se stoupajícím podílem mouky z ostropestřce, která vnáší olej s vyšším podílem nenasycených mastných kyselin, se snižoval podíl másla, kde jsou dominantní nasycené mastné kyseliny, což také mohlo přispět k nižší pocitové tvrdosti produktu.

Uplatnění výliskové mouky ostropestřce mariánského s variabilní zrnitostí pro přípravu bezlepkového chleba

Vzhledem k přirozené bezlepkové povaze výliskových mouk olejnin se jeví jako logické pokusit se tyto komponenty inkorporovat do bezlepkových výrobků. Vzhledem k významným zdravotním benefitům byla pro tento účel vybrána výlisková mouka ostropestřce mariánského s variabilitou týkající se velikostní frakcionace této mouky. Výše přidavku mouky byla jednotná, a to 10 %, jak je uvedeno v tab. 23, ale byly zvoleny varianty mouky ostropestřce o různé zrnitosti, a to velikostně od <0,315 µm do >0,71 µm a dále i nesítovaná frakce mouky. Výsledný produkt, bezlepkový chléb v rámci jednotlivých variant pokusu, je prezentován na obr. 61.

Tabulka 23: Receptura kontrolního chleba a chlebů s přidanou ostropestřcovou moukou

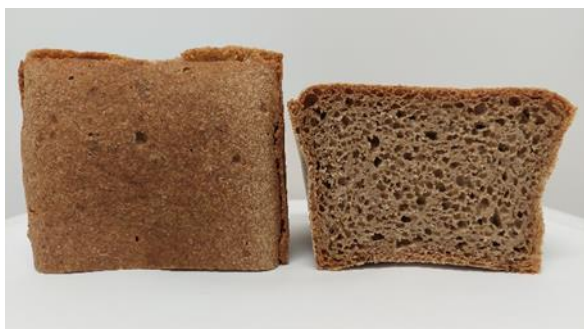
surovina	množství suroviny (%)	
	kontrolní chléb	varianta chleba s 10% přidavkem příslušné ostropestřcové mouky
čiroková mouka	23,20	20,88
kukuřičná mouka	11,60	10,44
kukuřičný škrob	5,80	5,22
bramborový škrob	5,80	5,22
tapiokový škrob	5,80	5,22
guarová mouka	0,52	0,47
mouka z ostropestřce	0	5,27
slunečnicový olej	2,32	2,32
sůl	0,81	0,81
sušené kvasnice	0,58	0,58
voda	43,56	43,56

*10 % bezlepkové směsi mouk bylo nahrazeno různými frakcemi výliskové mouky z ostropestřce mariánského: nesítovaná, hrubá, střední a jemná.

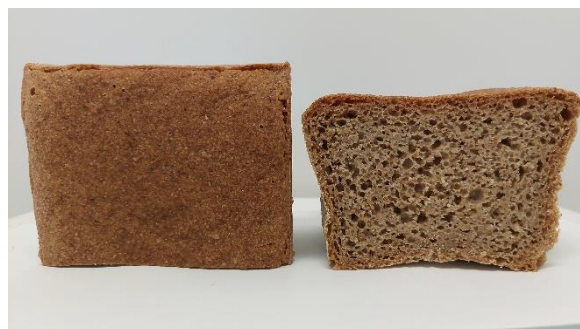
Obr. 61: Produkce bezlepkového chleba s obsahem výliskové mouky ostropestřce mariánského s variabilní zrnitostí (Foto: J. Bedrníček)



kontrola bez přídavku výliskové mouky



výlisková mouka bez sítování (10 %)



výlisková mouka hrubé zrnitosti (10 %)



výlisková mouka střední zrnitosti (10 %)



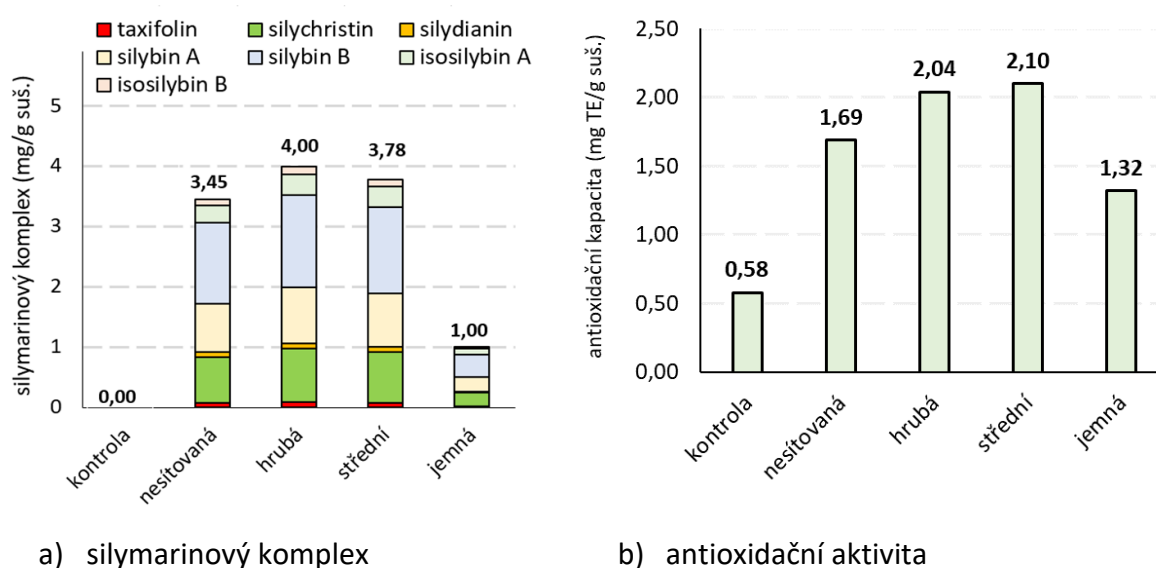
výlisková mouka jemné zrnitosti (10 %)

Přidávky frakcí ostropestřcové mouky do receptury významně změnily chemické složení bezlepkových chlebů. Přídavek frakcí významně zvýšil podíl bílkovin, vlákniny, lipidů, nerozpustné vlákniny a popelovin, naopak bezdusíkaté látky výtažkové, které jsou reprezentovány primárně škrobem, se o zhruba 6–8 % snížily. Tyto změny měly za následek i snížení energetické hodnoty chlebů. Z chlebů obohacených o ostropestřcové frakce se vyznačovaly nejvyšším obsahem bílkovin, lipidů i popelovin vzorky s jemnou frakcí. U těch byla naopak zastoupena nerozpustná vláknina v nejnižší míře. Opačný trend byl nalezen u chlebů s hrubou a střední frakcí. Změny v chemickém složení chlebů tedy odpovídaly přímo úměrně chemickému složení samotných frakcí z výliskové mouky.

Kontrolní bezlepková receptura neobsahovala žádné ingredience, které by obsahovaly silymarin, proto v kontrolních chlebech žádný nalezený nebyl, naopak všechny chleby s frakcemi z mouky z ostropestřecových výlísků silymarinový komplex obsahovaly (viz obr. 62a). Nejvyšší obsah silymarinu byl nalezen v chlebech s hrubou frakcí, o něco nižší koncentrace byla nalezena u chlebů se střední frakcí, dále pak u nesítované a nejnižší obsah byl zjištěn u vzorků

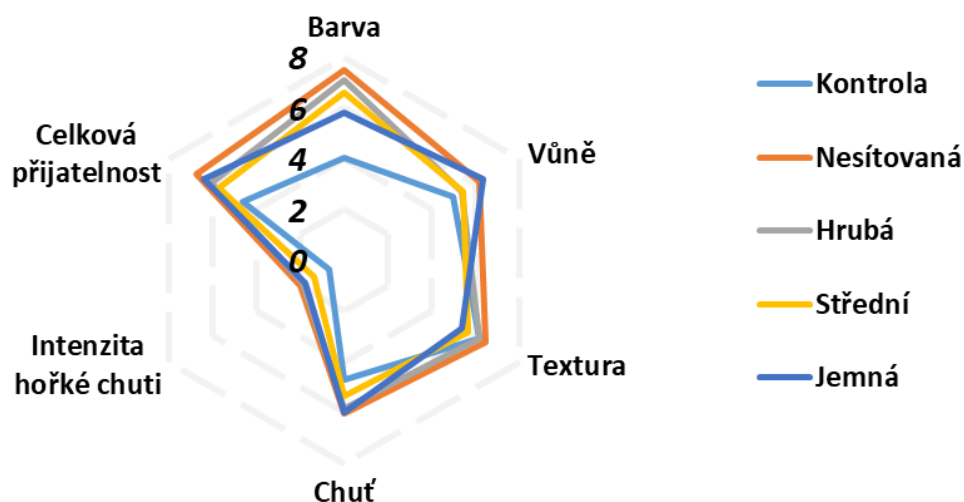
s jemnou frakcí. Pokud by bylo denně konzumováno 200 g chleba obohaceného o tyto frakce (nesítovanou, hrubou, střední a jemnou), pak by příjem silymarinu činil zhruba 436, 504, 480 nebo 126 mg, což jsou, vyjma jemné frakce, porovnatelné dávky s doporučenými denními dávkami, které se pohybují mezi 420 a 600 mg (většinou rozložených do 3 dávek).

Silymarin jako takový je primárně složený silybinem A a B, isosilybinem A a B, taxifolinem, silychristinem a silydianinem. Zastoupení jednotlivých flavonolignanů v silymarinovém komplexu stanoveného v chlebech reflektovalo složení samotných frakcí, které je specifické pro použitou odrůdu ostropestřce, v tomto případě Mirel. Obr. 62a dokládá, že nejdominantnější látkou v silymarinovém komplexu byl silybin B, dále zastoupení jednotlivých látek bylo v tomto pořadí silybin A, silychristin, isosilybin A, isosilybin B a taxifolin.



Obr. 62: Obsah silymarinového komplexu a zastoupení jeho složek (a) a antioxidační aktivita (b) vzorků chleba s obsahem a bez obsahu výliskové mouky ostropestřce

S obsahem silymarinu souvisela i antioxidační aktivita, protože je známo, že silymarin vykazuje antioxidační vlastnosti. Antioxidační aktivita byla nejvyšší u vzorků chlebů s hrubou a střední frakcí, dále pak s nesítovanou a jemnou frakcí (obr. 62b). Nejnižší antioxidační aktivita pak byla pochopitelně zjištěna u vzorků kontrolních, které silymarin neobsahovaly. Z toho je zřejmé, že mezi antioxidační aktivitou a obsahem silymarinu existuje velice významná korelační závislost ($r = 0,96$), tudíž antioxidační aktivita je tvořena primárně silymarinovým komplexem.



Obr. 63: Senzorické zhodnocení (pomocí bodové stupnice) kontrolního chleba a chlebů s přidanými frakcemi výliskové mouky ostropestřce.

U obohacených chlebů byla provedena senzorická analýza panelem 14 hodnotitelů, kteří u všech chlebů hodnotili příjemnost barvy, vůně, textury, chuti, dále intenzitu hořké chuti a celkovou přijatelnost. Z hodnocení vyplynulo, že přídavek frakcí měl pozitivní vliv na příjemnost všech deskriptorů (barva, vůně, chuť a textura) hodnocených chlebů (viz obr. 63). Oproti obohaceným chlebům nebyla u kontrolního vzorku zaznamenána hořká chuť, která je v případě pečiva většinou vnímána negativně. Nicméně intenzita hořké chuti byla natolik nepatrná, že i přes její přítomnost byly hodnocené vzorky lépe hodnocené v ostatních deskriptorech. Hořká chuť může být pravděpodobně způsobena přítomností silymarinového komplexu který, jak již bylo zmíněno, je tvořen flavonolignany, jež spadají do skupiny tzv. polyfenolů. Tyto sloučeniny mohou ve větší koncentraci dávat potravinám (rostlinného) původu nahořklou až natrpklou chuť, zajímavá byla změna barvy střídy i kůry, která byla u obohacených chlebů mnohem tmavší a napovídala by použití například celozrnné mouky. Takový produkt potom může u spotřebitele vyvolávat pocit, že jde o zdravější výrobek a může být pro něj proto více atraktivní.

Výsledky pokusu s přípravou bezlepkového chleba s přídavkem ostropestřcové mouky jsou detailně prezentovány v publikaci Bedrníček a kol. (2022).

5.2. Výrobek z mēlněného masa

Sekaná pečeně s přídavkem výliskových mouk lnu, konopí, ostropestřce a tykve

Jak již bylo vícekrát řečeno, výliskové mouky mají potenciál vnášet při svém využití do potravinářských produktů nové kvalitativní parametry (navýšení obsahu vlákniny, polyfenolových látek, antioxidační aktivity atd.). Z tohoto důvodu byl testován potenciál využití výliskových mouk čtyř hodnocených olejnin pro výrobu masných výrobků, konkrétně

se jednalo o využití výliskové mouky v produkci sekané pečeně z mletého vepřového masa. Ingredience použité pro přípravu vzorků sekané jsou uvedeny v tabulce 24. Pro přípravu variant sekané byly využity výliskové mouky lněné, konopné, mouky z výlisků ostropestřce a tykve olejné v množství 5 % přídatku (ve vztahu k hmotnosti masa) ve velikostní frakci 500–700 µm. Kontrolním systémem byly varianty sekané pečeně bez obsahu mouky a s obsahem pšeničné mouky. Po upečení byly panelem 26 hodnotitelů hodnoceny parametry: vzhled na řezu, vůně, textura, šťavnatost, chuť a celková přijatelnost pro konzumenta.

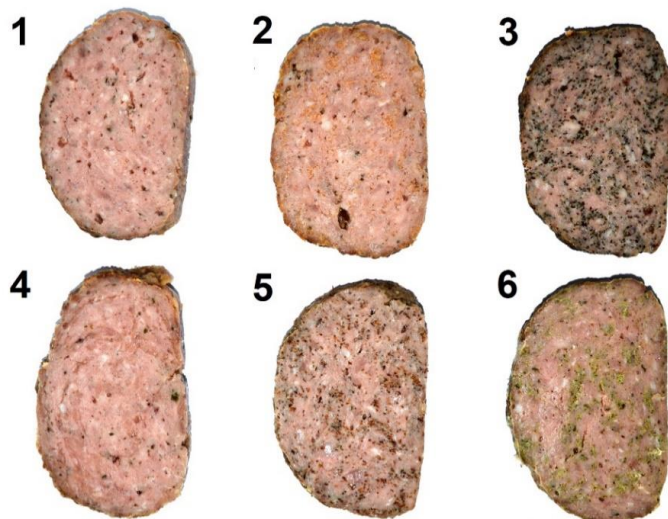
Tabulka 24: Ingredience použité pro přípravu vzorků sekané

Ingredience	Varianta masového produktu					
	CM	CMP	ML	MK	MO	MT
vepřová plec (g)	400	400	400	400	400	400
sůl (% HM)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
voda (% HM)	10	10	10	10	10	10
česnek (% HM)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
pepř černý (% HM)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
majoránka (% HM)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
pšeničná mouka hladká (% HM)	-	5	-	-	-	-
F 0.5-0.7 len (% HM)	-	-	5	-	-	-
F 0.5-0.7 konopí (% HM)	-	-	-	5	-	-
F 0.5-0.7 ostropestřec (% HM)	-	-	-	-	5	-
F 0.5-0.7 tykev (% HM)	-	-	-	-	-	5

Legenda: % HM - % z hmotnosti masa, CM – kontrola mleté maso, CMP – kontrola mleté maso a pšeničná mouka hladká, ML – mleté maso a frakce lněné mouky, MK – mleté maso a frakce konopné mouky, MO – mleté maso a mouka z ostropestřce, MT – mleté maso a mouka z tykve olejné.

Výsledky hodnocení jsou shrnuty v tabulce 25. Vzhled připravených výrobků na řezu je viditelný na obrázku 64. Na základě sensorického hodnocení panelem hodnotitelů byla jako nejvhlednější vyhodnocena kombinace masa s hladkou moukou, ale u dalších dvou variant přípravy sekané (varianta bez přídatku plnidla a varianta s přídatkem lněné mouky), nebyl nalezen průkazný rozdíl, a lze je tedy považovat za nadprůměrně vzhledné. Zhoršení vzhledu bylo zaznamenáno u varianty s přídatkem konopné mouky a tykve, což lze přičíst viditelnosti výrazně zbarvených částic na struktuře příčného řezu – v případě konopné mouky se jednalo o tmavé částice ve struktuře sekané, v případě použití tykvové mouky se jednalo o zelené „ostrůvky“ ve struktuře. Tyto nedostatky mohou být zlepšeny dodatečnou homogenizací použité mouky pomocí mletí na planetovém mlýnu (použitá velikostní frakce 500–700 µm má hrubší částicovou strukturu). V textuře jednotlivých variant nebyly nalezeny rozdíly. Co se týče

šťavnatosti, tak zde byly hůře hodnoceny varianty s přidavkem konopné a ostropestřcové mouky, mouky obou olejnin „doplácejí“ na přítomnost tvrdého oplodí, což způsobuje u výrobku při konzumaci pocit suššího sousta. Situaci lze určitě zlepšit již zmíněným dodatečným mletím vybrané frakce na planetovém mlýnu a také změnou použitého masa. Použitá plec je sušší, takže kombinace vepřové plece s vepřovým bokem by měla přinést zlepšení šťavnatosti.



Obr. 64: Příčné řezy jednotlivých variant masného výrobku sekaná (Foto: J. Bárta)

1 – kontrola (pouze maso), 2 – přidavek 5 % lněné mouky, 3 – přidavek 5 % konopné mouky, 4 – přidavek 5 % pšeničné mouky hladké, 5 – přidavek 5 % mouky ostropestřce mariánského, 6 – přidavek 5 % mouky tykve olejné.

Tabulka 25: Výsledky senzorického hodnocení vzorků sekané s přidavkem výliskových mouk (bodové hodnocení parametrů)

parametr	CM		CMP		ML		MK		MO		MT	
vzhled na řezu	6,77	ab	7,00	a	6,62	ab	4,85	cd	5,65	bc	4,00	d
vůně	5,35	ab	6,08	a	5,31	ab	4,69	b	5,69	a	5,35	ab
textura	6,58	a	6,35	a	6,00	a	6,50	a	6,50	a	6,04	a
šťavnatost	3,73	bc	4,58	a	4,46	a	2,88	d	3,12	cd	4,38	ab
chuť	4,42	bc	5,77	a	5,38	a	3,50	c	4,27	bc	5,72	a
celk. přijatelnost	5,96	a	7,08	a	6,35	a	3,85	b	4,28	b	6,20	a

Legenda: CM – kontrola mleté maso, CMP – kontrola mleté maso a pšeničná mouka hladká, ML – mleté maso a frakce lněné mouky, MK – mleté maso a frakce konopné mouky, MO – mleté maso a mouka z ostropestřce, MT – mleté maso a mouka z tykve olejné.

Rozdílná malá písmena za hodnotami indikují statisticky průkazný rozdíl mezi variantami (v řádku) na hladině významnosti $P < 0,05$ (Fisher LSD test).

V ukazatelích chutí a celková přijatelnost vynikly kromě kontroly s pšeničnou moukou varianty s lněnou a tykvovou moukou. Zajímavé jsou výsledky varianty s použitím mouky ostropestřce, kde navýšení antioxidační aktivity (díky silymarinovému komplexu) přináší zdravotní benefit. Tato varianta produktu byla hodnotiteli vyhodnocena jen jako mírně odlišná od chuti varianty obsahující pouze maso a zároveň chuťově lepší než varianta s konopnou moukou.

Závěrem lze shrnout, že výliskové mouky je možné využít jako obohacující alternativní komponenty pro různé typy potravinářských produktů. Komplexní sensorické hodnocení výrobku při použití výliskové mouky olejnin je dáno souhrou konkrétního typu výrobku a výliskové mouky, která byla použita, ale i použité velikostní frakce a procenta přídavku této komponenty. Z pohledu zdravotních benefitů se varianta různých typů výrobků s přidáním výliskové mouky ostropestřce mariánského jeví jako velmi perspektivní, neboť oproti ostatním variantám dochází ve finálním výrobku k významnému navýšení obsahu celkových polyfenolových látek a s tím související antioxidační aktivity.

6. Závěr

Minoritní olejnin v podobě olejného lnu, konopí setého, ostropestřce mariánského a tykve olejné jsou důležitou skupinou rostlin, která zcela jistě rozšiřuje variabilitu polních plodin pěstovaných v ČR. Snahou předložené certifikované metodiky bylo nabídnout uživatelům prostřednictvím prezentovaných postupů, metod, výsledků a informací možnost, jak dále zlepšit produkci olejů zmíněných minoritních olejnin a jak zhodnotit výlisky jako vedlejší produkty z lisování do podoby výliskových mouk, jejich frakcí a koncentrátů bílkovin, které by díky svým nutričním, funkčním a biologickým vlastnostem našly uplatnění při přípravě potravinářských výrobků se zdravotními benefity. Prezentované příklady modelových potravinářských výrobků ukazují, že takovéto uplatnění výliskových produktů je možné.

SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Certifikovaná metodika „Optimalizované postupy a metody zpracování semen vybraných minoritních olejnin na olej a zušlechtěné výrobky z výlisků“ je ve svém komplexním pojetí zpracování vybraných minoritních druhů olejnin (olejný len, konopí seté, ostropestřec mariánský, tykev olejná) zcela nová. Některé dílčí úseky, např. získávání kvalitního oleje ze semen lnu byly v minulosti částečně řešeny, ale v porovnání s rozsahem přinášených postupů a informací předkládanou metodikou se jedná jen o zlomkové části. Drtivá většina tématu předkládané metodiky nebyla u předmětných olejnin v tomto rozsahu dosud řešena.

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Certifikovaná metodika „Optimalizované postupy a metody zpracování semen vybraných minoritních olejnin na olej a zušlechtěné výrobky z výlisků“ bude uplatněna přes Svaz lnu a konopí, z. s., který sdružuje pěstitele a zpracovatele lnu, konopí a dalších minoritních olejnin v ČR. Metodika bude sloužit členům svazu i ostatním uživatelům jako zdroj informací, postupů a metod pro zefektivnění využití vlastní produkce olejnatých semen v podobě kvalitních olejů, výliskových mouk, jejich frakcí a koncentrátů bílkovin. Se Svazem lnu a konopí uzavřela Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, jako koordinátorské pracoviště řešeného výzkumného projektu č. QK1910302, Smlouvu o uplatnění této certifikované metodiky.

Certifikovaná metodika bude zveřejněna podle pravidel o uplatnění na webových stránkách www.agronavigator.cz, z kterých bude volně dostupná všem dalším potenciálním uživatelům a zájemcům.

Metodiku budou využívat také jednotliví uchazeči projektu č. QK1910302 pro své potřeby. Spolupracující podnik HEMP PRODUCTION CZ, s.r.o. bude postupy a poznatky využívat ve své provozní praxi, všechna tři univerzitní pracoviště ve výuce svých studentů a ostatních vzdělávacích aktivitách. Všechny výzkumné organizace uplatní poznatky zahrnuté v metodice v návazné výzkumné činnosti a poradenství.

EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předpokládané přínosy metodiky lze spatřovat v dostupnosti optimalizovaných postupů pro zefektivnění a zkvalitnění produkce olejů vybraných minoritních olejnin u jejich producentů v ČR. Vezmeme-li v úvahu, že se v roce 2020 v ČR vyprodukovalo 1583 t semen lnu a přibližně 280 t nažek konopí, 800 t nažek ostropestřce a 250 t semen tykve olejné, tak pokud by se na lisování olejů použila jen polovina semen (nažek) a z této poloviny by jen polovinu tvořily výlisky, pak by mohly být každoročně vytvořeny výliskové mouky a z nich odvozené produkty v celkovém množství až 715 t. Vezmeme-li v úvahu jako průměrnou cenu výliskové mouky 100 Kč/kg, pak by uvedené množství představovalo potenciální hodnotu 71,5

mil. Kč. Pokud by se povedlo pomocí této metodiky zapojit do potravinářského využití „jen“ 5 % pak by každoroční přínos mohl představovat hodnotu přes 3,5 mil. Kč.

Co se týče ekonomiky produkce přímo u zpracovatele, tak lze odhad ekonomického přínosu dělat jen velmi obtížně, protože neznáme konkrétní zadání. Nicméně pořízení tří hlavních přístrojových komponent pro zpracování semen minoritních olejnin v kategorii malého zpracovatelského podniku (výrobce)/farmáře – šnekový lis s filtrací oleje, nožový mlýn pro dezintegraci semen a získaných výlisků, prosévací (vibrační) stroj s příslušnými sítý – lze pořídit za zhruba 600–750 tis. Kč.

SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Abenavoli L., Izzo A. A., Milić N., Cicala C., Santini A., Capasso R. (2018): Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases. *Phytotherapy Research*, 32: 2202–2213.
- Aladić K., Jokic S., Moslavac T., Tomas S., Vidovic S., Vladić J., Šubarić S. (2014): Cold Pressing and Supercritical CO₂ Extraction of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed Oil. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 28: 481 - 490.
- Alonso-Esteban J. I., González-Fernández M. J., Fabrikov D., Torija-Isasa E., de C. Sánchez-Mata M., Guil-Guerrero J. L. (2020): Hemp (*Cannabis sativa* L.) Varieties: Fatty Acid Profiles and Upgrading of γ -Linolenic Acid-Containing Hemp Seed Oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122: 1900445.
- Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J. (2021a): Bílkoviny výlisků olejnin, jejich izolace a možnosti uplatnění. *Chemické Listy*, 115: 472–480.
- Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J., Smetana P., Kadlec J., Filip V., Kyselka J., Berčíková M., Zdráhal Z., Bjelková M., Kozak M. (2021b): Oilseed Cake Flour Composition, Functional Properties and Antioxidant Potential as Effects of Sieving and Species Differences. *Foods*, 10: 2766.
- Bio Technologies LLC (<http://www.bio-t.pro/>), on-line: 30. 11. 2022
- Bedrníček J., Lorenc F., Jarošová M., Bártová V., Smetana P., Kadlec J., Jirotková D., Kyselka J., Petrášková E., Bjelková M., Konvalina P., Hoang T. N., Bárta J. (2022): Milk Thistle Oilseed Cake Flour Fractions: A Source of Silymarin and Macronutrients for Gluten-Free Bread. *Antioxidants*, 11: 2022.
- Bochkarev M. S., Egorova E. Yu., Reznichenko I. Yu., V. M. Poznyakovskiy V. M. (2016): Reasons for the ways of using oilcakes in food industry. *Foods and Raw Materials* 4: 4-12.
- Boško R., Pernica M., Běláková S., Bjelková M., Pluháčková H. (2022): Determination of T-2 and HT-2 Toxins in Seed of Milk Thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertn.] Using Immunoaffinity Column by UPLC-MS/MS. *Toxins*, 14: 258.
- Bučko S., Katona J., Popović L., Vaštag Ž., Petrović L., Vučinić–Vasić M. (2015): Investigation on solubility, interfacial and emulsifying properties of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed protein isolate. *LWT - Food Science and Technology*, 64: 609–615.
- Bučko S. D., Katona J. M., Popović L. M., Vaštag Ž. G., Petrović L. B. (2016): Functional properties of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed protein isolate and hydrolysate. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 81: 35–46.
- Callaway J. C. (2004): Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140: 65–72.
- Chéreau D., Videcoq P., Ruffieux C., Pichon L., Motte J.-C., Belaid S., Ventureira J. Lopez M. (2016): Combination of existing and alternative technologies to promote oilseeds and pulses proteins in food applications. *Oilseed & fats Crops and Lipids*, 23: D406.

- Crimaldi M., Faugno S., Sannino M., Ardito L. (2017): Optimization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) oil mechanical extraction. *Chemical Engineering Transactions*, 58: 373 - 378.
- Day L. (2013): Proteins from land plants – potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science and Technology*, 32: 25–42.
- 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: 1935.
- Filip V. (2009): 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.
- Forsido S. F., Welelaw E., Belachew T., Hensel O. (2021): Effects of storage temperature and packaging material on physico-chemical, microbial and sensory properties and shelf life of extruded composite baby food flour. *Heliyon*, 7: e06821.
- González-Pérez S., Vereijken J. M. (2007): Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 2173–2191.
- Hadnađev M. S., Dapčević Hadnađev T. R., Pojić M. M., Šarić B. M., Mišan A. Č., Jovanov P. T., Sakač M. B. (2017): Progress in vegetable proteins isolation techniques: a review. *Food and Feed Research*, 44: 11–21.
- Hašková K. (2021): Produkce enzymových hydrolyzátů z bílkovin semen lnu a hodnocení jejich vlastností. Diplomová práce. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 46 s.
- Jandlova M., Kumbar V., Jarosova A., Pytel R., Nedomova S., Ondrusikova S. (2018): Sensory evaluation of yoghurt with addition of baobab powder, milk thistle flour, cricket flour, chia flour. *PROCEEDINGS OF 25TH INTERNATIONAL PHD STUDENTS CONFERENCE (MENDELNET 2018)*. 285–289.
- Janocha A., Milczarek A., Pietrusiak D. (2021): Impact of Milk Thistle (*Silybum marianum* [L.] Gaertn.) Seeds in Broiler Chicken Diets on Rearing Results, Carcass Composition, and Meat Quality. *Animals*, 11: 1550.
- Javeed A., Ahmed M., Sajid A.R., Sikandar A., Aslam M., Hassan T. U., Samiullah, Nazir Z., Ji M., Li C. (2022): Comparative Assessment of Phytoconstituents, Antioxidant Activity and Chemical Analysis of Different Parts of Milk Thistle *Silybum marianum* L. *Molecules*, 27: 2641.
- Kaur P., Waghmare R., Kumar V., Rasane P., Kaur S., Gat Y. (2018): Recent advances in utilization of flaxseed as potential source for value addition. *Oilseed and fats Crops and Lipids*, 25: A304.
- Kaushik P., Dowling K., Adhikari R., Barrow C. J., Adhikari B. (2017): Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. *Food Chemistry*, 215: 333–340.

- Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C. J., Wang B., Adhikari B. (2016): Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. *Food Chemistry*, 197 (Part A): 212–220.
- Kirnak H, Irik HA, Sipahioglu O, Unlükara A. (2019): Variations in oil, protein, fatty acids and vitamin E contents of pumpkin seeds under deficit irrigation. *Grasas Aceites*, 70: e301.
- Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. (2020): 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*, First published: 06 July 202, <https://doi.org/10.1002/jsfa.10643>.
- 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.
- Kozderová V. (2021): Situační a výhledová zpráva – Léčivé, aromatické a kořeninové rostliny. Ministerstvo zemědělství, Praha, 45 s. (ISBN 978-80-7434-595-1)
- Laemmli U. (1970): Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680–685.
- Lan Y., Ohm J.-B., Chen B., Rao J. (2020): Physicochemical properties and aroma profiles of flaxseed proteins extracted from whole flaxseed and flaxseed meal. *Food Hydrocolloids*, 104: 105731.
- Li F., Wu X., Zhao T., Li F., Zhao J., Yang L. (2013): Extraction, Physicochemical, and Functional Properties of Proteins From Milk Thistle *Silybum Marianum* L. Gaernt Seeds. *International Journal of Food Properties*, 16: 1750–1763.
- Liu J., Shim Y. Y., Poth A. G., Reaney M. J. T. (2016): Conlinin in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) gum and its contribution to emulsification properties. *Food Hydrocolloids*, 52: 963-971.
- Mandal S., Mandal R. K. (2000): Seed storage proteins and approaches for improvement of their nutritional quality by genetic engineering. *Current Science*, 79: 576–589.
- Matthäus B., Brühl L. (2008): Virgin hemp seed oil: an interesting niche product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110: 655–661.
- Marceddu R., Dinolfo L., Carrubba A., Sarno M., Di Miceli G. (2022): Milk Thistle (*Silybum Marianum* L.) as a Novel Multipurpose Crop for Agriculture in Marginal Environments: A Review. *Agronomy*, 12: 729.
- Murru M., Calvo C. L. (2020): Sunflower protein enrichment. Methods and potential applications. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 27: 17.
- Nishinari K., Fang Y., Guo S., Phillips G. O. (2014): Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. *Food Hydrocolloids*, 39: 301–318.
- Osborne T. B. (1924): The vegetable proteins. Longmans Green, London.
- Ozuna C., León-Galván M. F. (2017): Cucurbitaceae Seed Protein Hydrolysates as a Potential Source of Bioactive Peptides with Functional Properties. *BioMed Research International* 2017: Article ID 2121878, 16 pp.

- Parry J., Hao Z., Luther M., Su L., Zhou K., Yu L. (2006): Characterization of cold-pressed onion, parsley, cardamom, mullein, roasted pumpkin, and milk thistle seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83: 847–852.
- Pelgrom P. J. M. (2015): Dry fractionation for sustainable production of plant protein concentrates. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, 202 p. (ISBN 978-94-6257-235-5)
- Pokorný J. (2002): Tuky a jiné lipidy. V knize: *Chemie potravin* (Velíšek J., ed.), díl 1, kap. 3, str. 107-162. OSSIS, Tábor.
- Popović L., Peričin D., Vaštag Ž., Popović S., Krimer V., Torbica A. (2013): Antioxidative and Functional Properties of Pumpkin Oil Cake Globulin Hydrolysates. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90: 1157–1165.
- Potočník T., Košir I. J. (2017): Influence of roasting temperature of pumpkin seed on PAH and aroma formation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119: 1500593.
- Raikos V., Konstantinidi V., Duthie G. (2015): Processing and storage effects on the oxidative stability of hemp (*Cannabis sativa* L.) oil-in-water emulsions. *International Journal of Food Science & Technology*, 50. 10.1111/ijfs.12896.
- Renkema, J. M. S. (2001). Formation, structure and rheological properties of soy protein gels. Ph. D. thesis, Wageningen University, The Netherlands, 137 p. (ISBN 90-5808-501-5)
- Rodrigues I. M., Coelho J. F. J., Graca M., Carvalho V. S. (2012): Isolation and valorisation of vegetable proteins from oilseed plants: Methods, limitations and potential. *Journal of Food Engineering*, 109: 337–346.
- Schmidt Š. (2011). Antioxidanty a oxidačné zmeny tukov v potravinách. Bratislava: Nakladateľstvo STU. Edícia monografií. ISBN 978-80-227-3491-2.
- Schmidt Š. (2010): Antioxidanty a oxidačné zmeny tukov v potravinách., kap. 2, str. 4 – 25, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Bratislava 2010.
- Shewry P. R., Napier J. A., Tatham A. S. (1995): Seed Storage Proteins: Structures and Biosynthesis. *The Plant Cell*, 7: 945–956.
- 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: 5–20.
- Singh P., Kumar R., Sabapathy S. N., Bawa A. S. (2008): Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7: 14-28.
- Stevenson D.G., Eller F.J., Wang L., Jane J.-L., Wang T., Inglett G.E. (2007): Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 4005–4013.
- Stražil Z. (2011a): Len olejný (*Linum usitatissimum* L.). V knize: *Alternativní plodiny* (Moudrý J., ed.). Profi Press, Praha, str. 74–75. (ISBN: 978-80-86726-40-3)
- Stražil Z. (2011b): Konopí seté (*Cannabis sativa* L.). V knize: *Alternativní plodiny* (Moudrý J., ed.). Profi Press, Praha, str. 89–93. (ISBN: 978-80-86726-40-3)

- Stražil Z. (2011c): Tykev olejná (*Cucurbita pepo*, var. *oleifera*). V knize: Alternativní plodiny (Moudrý J., ed.). Profi Press, Praha, str. 85–86. (ISBN: 978-80-86726-40-3)
- Šindelková T. (2021): Situační a výhledová zpráva – Olejniny. Ministerstvo zemědělství, Praha, 60 s. (ISBN 978-80-7434-614-9)
- Štolcová M. (2011): Ostropestřec mariánský (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.). V knize: Alternativní plodiny (Moudrý J., ed.). Profi Press, Praha, str. 132–133. (ISBN: 978-80-86726-40-3)
- Tajmohammadi A., Razavi B. M., Hosseinzadeh H. (2018): *Silybum marianum* (milk thistle) and its main constituent, silymarin, as a potential therapeutic plant in metabolic syndrome: A review. *Phytotherapy Research*, 32: 1933–1949.
- Teh S.S., Birch J. (2013): Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30: 26–31.
- Traynham T. L., Myers D. J., Carriquiry, A. L. et al. (2007): Evaluation of Water-Holding Capacity for Wheat–Soy Flour Blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84: 151–155.
- Raikos V., Neacsu M., Russell W., Duthie G. (2014): Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH. *Food Science & Nutrition*, 2: 802–810.
- Uhlířová L. (2021): Příprava běžného pečiva s přidavkem alternativních mouk. Bakalářská práce. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 61 s.
- Veřejná databáze ČSÚ, dostupné on-line: <https://vdb.czso.cz> (30.11.2022)
- Vonapartis E., Aubin M.-P., Seguin P., Mustafa A. F., Charron J.-B. (2015): Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis* 39: 8–12.
- Von Der Haar D., Müller K., Bader-Mittermaier S., Eisner P. (2014): Rapeseed proteins – Production methods and possible application ranges. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 21: D104.
- Vujanovic V., Djilas S., Dimic E., Basic Z., Radocaj O. (2012): The effect of roasting on the chemical composition and oxidative stability of pumpkin oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114: 898–905.
- Wanasundara J. P. D., McIntosh T. C., Perera S. P., Withana-Gamage T. S. (2016): Canola/rapeseed protein functionality and nutrition. *Oilseed and fats Crops and Lipids*, 23: D407.
- Wang, Q. and Xiong, Y.L. (2019), Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18: 936–952.
- Wu S., Wang X., Qi W., Guo Q. (2019): Bioactive protein/peptides of flaxseed: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 92: 184–193.

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Bárta J., Bártová J., Jarošová M., Jarošová E. (2021): Technologické postupy zvyšující koncentraci bílkovin v produktech odvozených z výlisků olejnin. *Úroda* 12, roč. LXIX, vědecká příloha s. 621-627.
- Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J. (2021): Bílkoviny výlisků olejnin, jejich izolace a možnosti uplatnění. *Chemické Listy*, 115: 472–480.
- Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J., Smetana P., Kadlec J., Filip V., Kyselka J., Berčíková M., Zdráhal Z., Bjelková M., Kozak M. (2021): Oilseed Cake Flour Composition, Functional Properties and Antioxidant Potential as Effects of Sieving and Species Differences. *Foods*, 10: 2766.
- Bárta J., Bártová V., Kadlec J., Kyselka J., Filip V., Smetana P., Zdráhal Z., Jarošová M., Bedrníček J., Lorenc F., Jirotková D., Bjelková M., Říha V., Krejčová Z. (2021): Bezlepkový chléb se směsí pro zvýšení obsahu silymarinu.
- Bárta J., Bártová V., Kadlec J., Kyselka J., Filip V., Smetana P., Zdráhal Z., Jarošová M., Bedrníček J., Lorenc F., Jirotková D., Bjelková M., Říha V., Krejčová Z. (2021): Pšenično-žitný chléb se směsí pro zvýšení obsahu silymarinu.
- Bárta J., Bártová V., Kadlec J., Kyselka J., Filip V., Smetana P., Zdráhal Z., Jarošová M., Bedrníček J., Lorenc F., Jirotková D., Bjelková M., Říha V., Krejčová Z. (2021): Masný výrobek (sekaná) se směsí pro zvýšení obsahu silymarinu.
- Bárta J., Bártová V., Kadlec J., Kyselka J., Filip V., Smetana P., Zdráhal Z., Jarošová M., Bedrníček J., Lorenc F., Jirotková D., Bjelková M., Říha V., Krejčová Z. (2021): Máslová sušenka se směsí pro zvýšení obsahu silymarinu.
- Bárta J., Bártová V., Kadlec J., Kyselka J., Filip V., Smetana P., Zdráhal Z., Jarošová M., Bedrníček J., Lorenc F., Jirotková D., Bjelková M., Říha V., Krejčová Z. (2021): Ověřená technologie výroby máslových sušenek se směsí pro zvýšení obsahu silymarinu. (Ověření proběhlo v provozních podmínkách ve společnosti Hemp Production, s.r.o.)
- Bárta J., Jarošová M., Bártová V., Švajner J. (2019): Výlisky semen lnu a konopí a jejich zpracování na mouky a bílkovinné koncentráty. *Úroda* 12 (vědecká příloha): 93-100.
- Bárta J., Kadlec J., Bártová V., Smetana P., Jarošová M., Bedrníček J., Lorenc F., Jirotková D., Kyselka J., Filip V., Říha V., Krejčová Z., Zdráhal Z., Bjelková M. (2022): Směs pro zvýšení obsahu silymarinu v pekařských, cukrářských a masných výrobcích, a pekařské a/nebo cukrářské a masné výrobky obsahující tuto směs. Užitný vzor č. 36 388 (U1), zapsáno 6. 10. 2022.
- Bártová V., Bárta J., Jarošová M., Kopecký J. (2019): Antioxidační potenciál mouk připravených z výlisků vybrané skupiny olejnin. *Úroda* 12 (vědecká příloha): 407-412.
- Bedrníček J., Lorenc F., Jarošová M., Bártová V., Smetana P., Kadlec J., Jirotková D., Kyselka J., Petrášková E., Bjelková M., Konvalina P., Hoang T. N., Bárta J. (2022): Milk Thistle Oilseed

- Cake Flour Fractions: A Source of Silymarin and Macronutrients for Gluten-Free Bread. *Antioxidants*, 11: 2022.
- Bjelková M. (2019): Jsou rozdíly v produkci a kvalitativních parametrech odrůd konopí? *Úroda* 67(12): 25-28. ISSN 0139-6013.
- Bjelková M. (2020): Osevní plochy olejného lnu ve světě a v ČR. *Zápisník Len a Konopí 2020*. 3s, 2019 ISBN978-80-87360-63-7.
- Bjelková M. (2020): Přehled a stručná charakteristika odrůd konopí setého ze Společného katalogu odrůd druhů zemědělských plodin EU. *Zápisník Len a Konopí 2020*. 3s, 2019 ISBN978-80-87360-63-7.
- Bjelková M. (2020): Výnosové parametry vybraných odrůd olejných lnů v roce 2019. *Zápisník Len a Konopí 2020*. 3s, 2019 ISBN978-80-87360-63-7.
- Bjelková M. (2021): Vliv ročníku na obsah tuku v semenech odrůd olejného lnu. *Úroda* 12, roč. LXIX, vědecká příloha s. 119-124.
- Boško R., Pernica M., Běláková S., Bjelková M., Pluháčková H. (2022): Determination of T-2 and HT-2 Toxins in Seed of Milk Thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertn.] Using Immunoaffinity Column by UPLC-MS/MS. *Toxins*, 14: 258.
- Dragoun M., Klausová K., Šimicová P., Šimicová P., Honzíková T., Stejskal J., Navrátilová K., Hajšlová J., Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Bjelková M., Filip V., Kyselka J. (2022): Formation of Previously Undescribed Δ^7 -Phytosterol Oxidation Products and Tocopherylquinone Adducts in Pumpkin Seed Oil during Roasting, Screw-Pressing, and Simulated Culinary Processing at Elevated Temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70: 11689–11703.
- Filip V., Alishevich K., Kyselka J., Pešek E., Berčíková M. (2019): The fate of phytosterols, tocopherols, polyphenols and alfa-linoleic acid after screw pressing of oilseeds under argon atmosphere. 17-th Euro Fed Lipid Congress and Expo, 20-23 October, Sevilla, Spain Poster OXI-017
- Jarošová E., Jarošová M., Kyselka J., Bárta J., Lorenc F., Bártová V., Kobes M. (2021): Hodnocení stability a možnosti ovlivnění přídavkem DL-alfa-tokoferolu u lněného a konopného oleje. *Úroda* 12, roč. LXIX, vědecká příloha s. 653-658.
- Jarošová E., Jarošová M., Kyselka J., Bárta J., Lorenc F., Bártová V., Kobes M. (2021): Hodnocení stability a možnosti ovlivnění přídavkem DL-alfa-tokoferolu u lněného a konopného oleje. *Úroda* 12, roč. LXIX, vědecká příloha s. 653-658.
- Kyselka J., Cihelková K., Lopes-Lutz D., Chudoba J., Váchalová T., Alishevich K., Hrádková I., Berčíková M., Mikolášková M., Filip V. (2020): Mechanism controlling high-temperature degradation of sunflower oil triacylglycerols in the absence of oxygen. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000228.
- Lorenc F., Jarošová M., Bedrníček J., Smetana P., Bárta J. (2022): Structural Characterization and Functional Properties of Flaxseed Hydrocolloids and Their Application. *Foods*, 11: 2304.

OPONENTI

Odborný oponent:

doc. Ing. Miroslav Jůzl, Ph.D.

Agronomická fakulta

Mendelova univerzita v Brně

Oponent ze státní správy:

MVDr. Ing. Dana Tříška

Odbor potravinářský

Ministerstvo zemědělství

Publikaci bylo Odborem potravinářským Ministerstva zemědělství uděleno osvědčení o uznání metodiky MZE-9135/2023-18122, vydané se souhlasem Odboru precizního zemědělství, výzkumu a vzdělávání MZe.

DEDIKACE

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu č. **QK 1910302** s názvem: **Zpracování vedlejších produktů z lisování semen olejnin na nové výrobky s nutričními a zdravotními přínosy.**