

BÍLKOVINY VÝLISKŮ OLEJNIN, JEJICH IZOLACE A MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ

JAN BÁRTA, VERONIKA BÁRTOVÁ, MARKÉTA JAROŠOVÁ a JOSEF ŠVAJNER

Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice
barta@zf.jcu.cz

Došlo 13.10.20, přijato 31.5.21.

Klíčová slova: olejnin, výlisky, semenné bílkoviny, bílkovinné koncentráty a izoláty

Obsah

1. Úvod
2. Charakteristika bílkovin semen vybraných druhů olejnin
3. Nutriční hodnota bílkovin olejnin
4. Zpracování semenných výlisků olejnin na mouky, koncentráty a izoláty bílkovin
5. Možnosti využití bílkovinných produktů generovaných z výlisků semen olejnin v potravinářských výrobcích
6. Závěr

1. Úvod

Olejnin jsou významnými tržními plodinami, které zahrnují širokou škálu rostlinných druhů z různých botanických čeledí. Sjednocujícím znakem je vysoký obsah tuku v určité části rostliny, nejčastěji v semeni či plodu. V ČR patří k nejvýznamnějším druhům pěstovaných olej-

nin řepka olejka, slunečnice roční, hořčice setá, sója luštinatá a mák setý. Kromě těchto majoritně pěstovaných druhů jsou pěstitelsky a zpracovatelsky významné i další druhy olejnin, které je možné (vzhledem k jejich ploše pěstování) označovat jako minoritní. K takovýmto olejninám je možné mimo jiné řadit len setý olejní, konopí seté, tykev olejnou a ostropestřec mariánský. Základní informace o vybraných druzích olejnatých rostlin (olejnin) jsou uvedeny v tab. I.

Rostlinné oleje mají oproti živočišným tukům řadu výhod. K hlavním výhodám patří obecně nižší cena a odlišná skladba mastných kyselin. V tuku většiny hlavních olejnin převažují nenasycené mastné kyseliny, a proto rostlinné oleje lépe vyhovují výživovým a zdravotním požadavkům. Jde zejména o esenciální linolovou (n-6) a α -linolenovou (n-3) kyselinu, jejichž vzájemný poměr by měl být z hlediska lidské výživy optimálně 2–5 : 1 (cit.^{12,13}). Z hlediska technologického využití rostlinných olejů pro potravinářské a kuchyňské uplatnění je důležitá oxidační stabilita olejů, a to jak při použití ve studené kuchyni, tak i při tepelných úpravách (smažení, fritování), kdy je důležitý vysoký obsah relativně stabilní olejové kyseliny¹⁴.

Vedle olejů obsahují semena/plody olejnin řadu dalších cenných látek, které po procesu získávání tuku zůstávají ve výliscích nebo extrahovaných šrotech. Jde o kvalitní bílkoviny, komplex sacharidů (včetně vlákniny), zbytkový tuk, další organické látky a minerální látky. V současné době se výlisky resp. extrahované šroty využívají hlavně pro krmení hospodářských zvířat. Lze předpokládat, že se oba tyto materiály, v podobě mouk či bílkovinných koncentrátů a izolátů, budou stále více uplatňovat ve výživě lidí a při výrobě potravin. K důvodům potvrzující tento předpoklad patří: celosvětově rostoucí lidská populace a hledání možností, jak ji uživit, racionálnější a efektivnější využití surovin a obnovitelných zdrojů, dů-

Tabulka I

Charakteristika vybraných druhů olejnin

Druh	Zdroj tuku	Obsah tuku [%]	Obsah bílkovin [%]	Plocha v ČR [tis. ha]	Prům. výn. [t ha ⁻¹]
Konopí seté	plod ^a	25–35 (cit. ¹)	20–25 (cit. ¹)	0,6 (cit. ²)	<1 (cit. ²)
Len setý olejní	semeno	40–45 (cit. ³)	20–25 (cit. ³)	1,5 (cit. ⁴)	1,51 (cit. ⁴)
Ostropestřec mariánský	plod	27–32 (cit. ⁵)	16–19 (cit. ⁵)	5,2 (cit. ⁶)	0,7 (cit. ⁶)
Řepka olejka	semeno	40–45 (cit. ⁷)	20–24 (cit. ⁸)	393 (cit. ⁴)	3,46 (cit. ⁴)
Slunečnice roční	plod	34–55 (cit. ⁹)	10–27 (cit. ⁹)	15,6 (cit. ⁴)	2,85 (cit. ⁴)
Sója luštinatá	semeno	18–23 (cit. ¹⁰)	36–38 (50) (cit. ¹⁰)	10,64 (cit. ⁴)	2,40 (cit. ⁴)
Tykev olejná	semeno	45–50 (cit. ¹¹)	32–38 (cit. ¹¹)	<0,5 ^b	cca 0,5 ^b

^a Termínem plod je rozuměno semeno a oplodí dohromady, ^b odhad Ing. Petr Čibera, AGRO-EL Znojmo (ústní sdělení).

raz kladený na zdravou výživu, snaha o rozšíření spektra alternativních surovin a výrobků či ekonomické a ekologické důvody. Produkce bílkovin rostlinného původu je levnější a méně zatěžuje prostředí než produkce živočišných bílkovin^{15–18}.

2. Charakteristika bílkovin semen vybraných druhů olejnin

Bílkoviny semen rostlin jsou z hlediska funkce děleny na zásobní, strukturní a biologicky aktivní, které zahrnují enzymy, enzymové inhibitory a lektiny. Klasifikace rostlinných bílkovin podle jejich rozpustnosti (dle Osbornovy práce¹⁹) zahrnuje vodorozpustné albuminy, globuliny rozpustné ve slabých roztocích solí, prolaminy rozpustné ve vodných roztocích alkoholů a gluteliny rozpustné ve slabých roztocích zásad nebo kyselin^{18,20}. Později došlo při klasifikaci zásobních bílkovin semen luskovin a olejnin k uplatňování sedimentačního koeficientu. Zatímco u obilí obilnin patří mezi hlavní zásobní bílkoviny prolaminy a gluteliny, tak u semen luskoviny a olejnin to jsou 2S albuminy a 7-12(13)S globuliny^{18,21}.

V bílkovinném profilu semen olejnin má majoritní zastoupení zásobní globulin 11-12S, který v nativním stavu sestává ze šesti podjednotek a tvoří tak hexamer. Druhově specifické názvy globulinů (případně albuminů) a jejich relativní zastoupení v bílkovinném profilu jsou uvedeny v tab. II. Základní schéma složení monomerní podjednotky je u většiny zástupců olejnin (a také luskovin) velmi podobné. Podjednotka s relativní molekulovou hmotností (M_r) 50 000–60 000 se skládá ze dvou polypeptidových řetězců, které jsou spojeny disulfidovou vazbou. Polypeptidový řetězec s převahou kyselých distálních funkčních skupin má M_r 30 000–45 000, zatímco polypeptidový řetězec s převahou bazických distálních funkčních skupin má M_r 20 000–30 000. Nativní hexamerní struktura má M_r kolem 300 000 až 360 000 (cit.^{17,18,20,21}). 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 -konglycinin) nebo naopak 15-18S

aglomeráty hexamerů a trimerů^{9,22}. Albuminy (často označovány jako 2S albuminy) představují oproti globulinům menšinou frakci bílkovin, obvykle s M_r v rozmezí 10 000–20 000. Zásobní bílkoviny jsou v buňkách soustředěny do bílkovinných tělísek (protein bodies) a deponovány ve vakuolách²⁰.

Detailněji jsou mezidruhové rozdíly vyjádřeny na obr. 1, na kterém je výstup elektroforetické separace bílkovin ze semen vybraných druhů olejnin pomocí denaturační polyakrylamidové elektroforézy (SDS-PAGE) v neredukujících a redukujících podmínkách (přítomný 2-merkaptoethanol, redukuje disulfidové vazby). Bílkoviny majoritní globulinové frakce jsou soustředěny v zónách A, B, C. Nedisociovaná podjednotka hexameru o molekulové hmotnosti 50–60 kDa je soustředěna v zóně A za neredukujících podmínek, naopak redukující podmínky způsobují disociaci monomerní podjednotky 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.

3. Nutriční hodnota bílkovin olejnin

Výživová hodnota bílkovin je dána skladbou aminokyselin, a to zejména zastoupením esenciálních aminokyselin a jejich vzájemnou proporcí (vyvážeností) s ohledem na potřeby příjemce. Bílkovinné zdroje jsou proto hodnoceny jako zdroje určité aminokyseliny, ale také z pohledu limitující aminokyseliny. Mezi hodnocené parametry bílkoviny patří stravitelnost, biologická hodnota a další parametry³⁰. Pro lidskou výživu je oficiálně doporučována proporce živočišných a rostlinných zdrojů bílkovin 1:1, ale v jídelníčku obyvatel rozvinutých zemí převažují živočišné bílkoviny asi ze dvou třetin³¹.

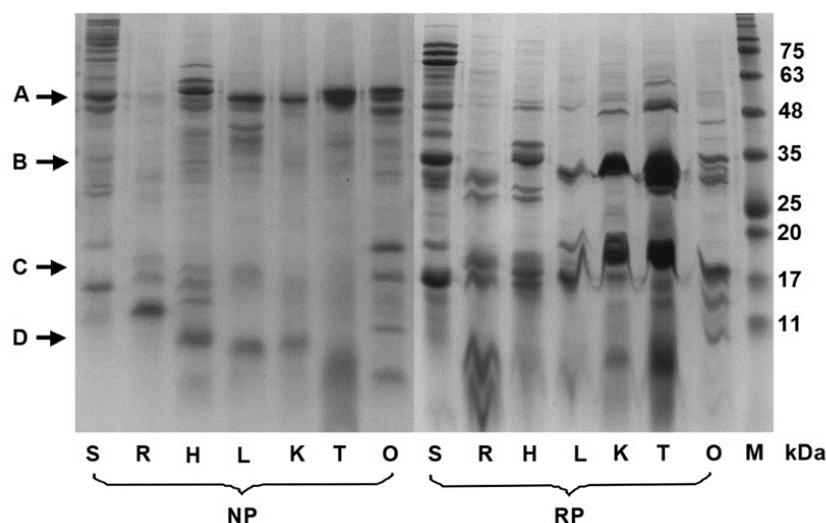
Profily aminokyselin bílkovinných koncentrátů (izolátů) odvozených od bílkovin semen jsou uvedeny v tab. III. Podobně jako u bílkovin zrn obilnin obsahují bílkoviny semen olejnin velké množství glutamové a asparagové kyseliny (v hodnotách jsou zahrnuty i jejich amidy glutamin a asparagin). Nejvyšší relativní zastoupení esen-

Tabulka II

Přehled majoritních frakcí bílkovin a jejich relativní abundance v obsahu bílkovin semen vybraných druhů olejnin

Druh (reference)	Globulinová frakce		Albuminová frakce	
	specifikace ^b	RAP [%] ^a	specifikace	RAP [%] ^a
Konopí seté ¹	edestin (11S) – H	60–80	albumin	25
Len setý ^{23,24}	linin (11-12S) – H	70–85	conlinin	15–30
Ostropestřec ²⁵	globulin	16,9	albumin	74,6
Řepka olejka ^{7,8}	cruciferin (12S) – H	≈50	napin (2S)	20–40
Slunečnice roční ⁹	helianthinin (11S) – H	40–90	albumin	10–30
Sója luštinata ^{22,26}	glycinin (11S) – H β -konglycinin (7S) – T	90	albumin	10
Tykev olejná ^{27,28}	kukurbitin (11-12S) – H	x ^c	albumin (2S)	x ^c

^a RAP – relativní abundance v obsahu bílkovin; ^b H – hexamer; T – trimer, ^c x – není známo



Obr. 1. Bílkovinné profily semen sledovaných druhů olejin po analýze SDS-PAGE za neredukujících (NP) a redukujících (RP) podmínek extrakce; S – soja, 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 výlísků olejin byly analyzovány za redukujících (v přítomnosti 2-merkptoethanolu) a neredukujících (bez přítomnosti 2-merkptoethanolu) podmínek pomocí diskontinuální denaturační elektroforézy SDS-PAGE²⁹. 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. (Zdroj: Bárta a kol., nepublikovaná data)

ciálních aminokyselin dosahují bílkoviny tykve olejné, sóji luštinaté a řepky olejky, naopak nejnižší zastoupení je u bílkovin slunečnice. Limitující aminokyseliny nelze zcela zobecnit pro celou skupinu olejin. U sóji se za limitující aminokyseliny považují sirmé aminokyseliny a valin¹². U řepkových bílkovin je primárně limitující lysin³², ale u izolátů řepkových bílkovin společnosti Burcon Nutrascience Supertein a Puratein jsou to fenylalanin resp. tyrosin a lysin⁸. Lysin je limitující aminokyselinou i u bílkovin slunečnice¹², lnu³³ a konopí¹. U bílkovinné mouky tykve olejné je limitující aminokyselinou threonin následovaný lysinem a leucinem³⁴ a u bílkovinného izolátu ostropestřce je nedostatkový lysin²⁸.

Sójové bílkoviny se přibližují kvalitě živočišných bílkovin (s výjimkou obsahu methioninu) a dosahují vysoké úrovně stravitelnosti, a to 91–96 % stravitelnosti mléčných bílkovin³⁵. Lněné a konopné bílkoviny jsou výborným zdrojem argininu^{1,24}. Konopné bílkoviny jsou ceněné pro nízkou úroveň antinutričních faktorů a nízkou alergenitu³⁶. Bílkoviny sóji vyžadují tepelnou úpravu kvůli eliminaci aktivity bílkovinných inhibitorů proteas. U bílkovinných produktů odvozených z řepkových semen mohou být za problémové považovány glukosinoláty a fytáty, jejichž obsah může být při izolačním procesu výrazně snížen užitím moderních postupů, např. pomocí membránových technik^{7,37}.

4. Zpracování semenných výlísků olejin na mouky, koncentráty a izoláty bílkovin

Z výlísků a extrahovaných šrotů lze získat mouky a jejich dalším zpracováním lze vyrobit bílkovinné koncentráty a izoláty. Mouky obsahují do 65 % bílkovin, bílkovinné koncentráty mají obsah bílkovin vyšší než 65 % a bílkovinné izoláty by měly mít obsah bílkovin 90 % a více⁴². Za bílkovinné izoláty jsou někdy považovány i materiály mající obsah bílkovin již 80 % a více⁴³. Pro získání výše uvedených tří typů bílkovinných výrobků mohou být u zrnin uplatňovány dva odlišné přístupy označované jako „suchý“ nebo „mokrý“ proces (viz obr. 2).

Suchý proces je založen na pomletí výlísků/šrotů a následné separaci částic podle různých principů: prosévání dle velikosti a tvaru částic, separace částic v proudě vzduchu na základě rozdílné hustoty částic, elektrostatické separace apod.⁴⁴. V semenech (plodech) nejsou jednotlivé látky rozloženy homogenně. Ve vnějších (obalových) vrstvách semene převažuje vláknina a bílkoviny jsou zastoupeny méně, ve vnitřních částech je obsaženo více bílkovin (či škrobu nebo ostatních látek). Podmínky mletí musí proto generovat mouky (šrot) obsahující částice různých velikostí a s rozdílnou hustotou⁴⁵. U zrnin je potřeba dosáhnout mletím dezintegrace buněk a vytvoření směsi velikostně a hmotnostně heterogenních částic. U částic s nižší hustotou by měly převažovat bílkoviny a u částic s vyšší hustotou škrob, případně vláknina⁴⁶. Po mletí následuje

Tabulka III

Zastoupení aminokyselin v bílkovinných koncentrátech resp. izolátech odvozených ze semen (plodů) vybraných druhů olejin

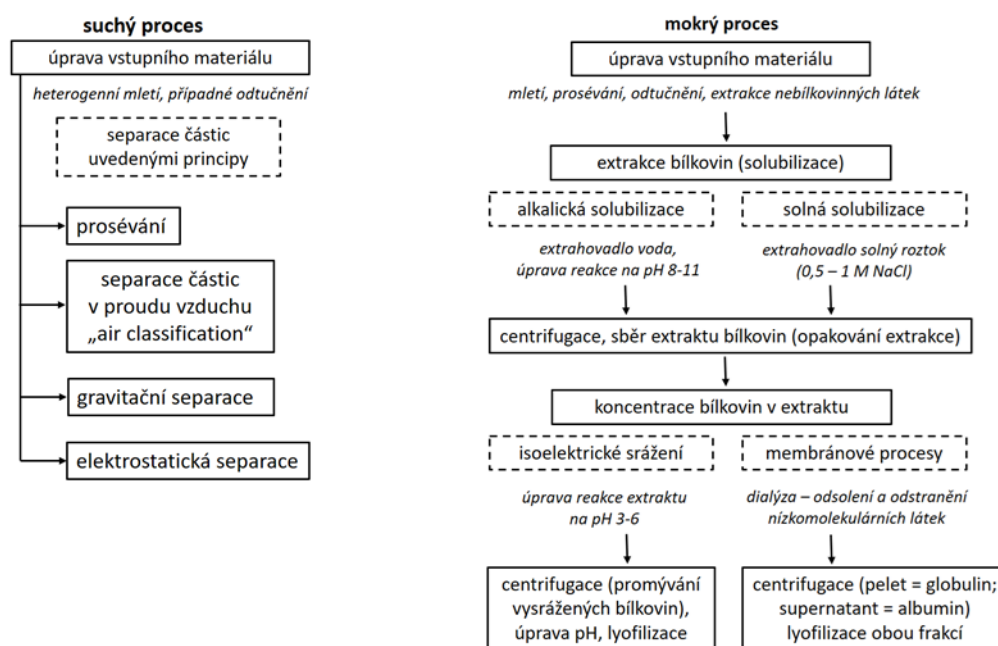
Aminokyselina	Standard	KS	LS	OM	ŘO	SR	SL	TO
Alanin		4,3	4,9	4,3	5,3	4,7	4,2	4,8
Arginin		12,0	11,3	8,4	5,3	7,1	8,0	4,9
Asparagová k.**		11,2	11,3	10,5	10,5	12,1	12,1	8,9
Cystein		1,6	1,4	1,1	1,4	1,9	1,4	0,8
Glutamová kys.**		17,5	19,8	23,8	19,8	19,7	20,4	9,5
Glycin		4,9	5,5	4,7	6,8	6,6	4,2	3,8
Histidin*		3,5	2,3	2,4	1,7	2,3	2,7	2,3
Isoleucin*	4,0	3,8	4,5	4,4	6,1	1,9	4,3	3,00
Leucin*	7,0	6,9	5,8	7,1	6,6	5,8	7,8	5,7
Lysin*	5,4	4,2	3,0	4,0	4,6	1,6	6,5	4,3
Methionin*	3,5***	1,9	2,0	1,8	2,2	2,0	1,4	1,4
Fenylalanin*	6,1****	4,7	5,5	4,9	4,0	4,2	5,4	3,5
Prolin		5,0	5,3	4,7	6,8	3,8	5,3	2,1
Serin		5,6	4,3	5,6	5,5	5,6	5,7	2,2
Threonin*	4,0	3,8	3,7	3,3	4,3	2,4	3,6	2,1
Tryptophan*	1,0	1,1	1,7		1,2		1,0	1,0
Tyrosin		2,8	2,5	4,1	2,5	2,5	4,1	3,1
Valin*	5,0	5,3	5,2	5,2	4,6	2,5	4,5	4,5
Suma EAA	36,0	35,2	33,7	35,8	37,5	24,8	40,0	29,3
Suma TAA		100,0	100,0	100,0	99,2	86,7	102,6	67,8
Podíl EAA/TAA [%]	36,0	35,2	33,7	35,8	37,8	28,6	39,0	43,3

*Aminokyseliny esenciální pro člověka; **asparagová a glutamová kyselina včetně svých amidů; ***methionin včetně cysteinu; ****fenylalanin včetně tyrosinu; standard: Protein FAO/WHO (vyjádřeno v g na 16 g N)¹²; KS: konopí seté – bílkovinný koncentrát (vyjádřeno v %) ^{1,38}; LS: len setý – bílkovinný izolát (vyjádřeno v g 100 g⁻¹)^{23,39}; OM: ostropestřec mariánský – bílkovinný izolát (vyjádřeno v %) ²⁵; ŘO: řepka olejka – bílkovinný koncentrát (vyjádřeno v g 100 g⁻¹)⁸; SR: slunečnice roční – bílkovinný izolát (vyjádřeno v %) ⁴⁰; SL: sója luštinatá – bílkovinný izolát (vyjádřeno v g 100 g⁻¹)⁴¹; TO: tykev olejná – mouka (vyjádřeno v g 100 g⁻¹)³⁴

separace velikostně heterogenních částic nejčastěji proséváním nebo separací v proudu vzduchu⁴⁵. Suchou cestou lze úspěšně získat mouky s vysokým obsahem bílkovin nebo i koncentráty bílkovin, neboť v některých případech lze docílit obsah bílkovin až 75 % (cit.⁴³). Obecně je suchá cesta jednodušším a levnějším způsobem získávání bílkovinných produktů na úrovni bílkovinných mouk resp. koncentrátů. Pro získání bílkovinných izolátů je nedostatečná. U semenných výlisků olejin bývá navíc obecným problémem zbytkový tuk, který se většinou vyskytuje do 10 %, někdy je však jeho obsah vyšší. Výlisky olejnatých semen je proto nutné podrobit odtučnění prostřednictvím extrakce.

Mokrý proces je technologicky i ekonomicky náročnější, lze jím ale docílit vysokého stupně koncentrace bílkovin a s tím spojené odstranění nebílkovinných látek. Volba jednotlivých kroků koncentračního resp. izolačního postupu by měla úzce souviset s požadovaným obsahem bílkovin u finálního produktu. V některých případech –

zejména pokud je cílem vyrobit „jen“ bílkovinný koncentrát o obsahu bílkovin lehce nad 65 % a zároveň je obsah bílkovin na dostatečně vysoké úrovni již ve vstupní mouce – je naopak snazší provést extrakci nebílkovinných látek roztokem kyseliny o nízké koncentraci nebo směsí ethanolu a vody a získat bílkoviny jako rafinát. Následným odstředěním zůstanou bílkoviny v pevném podílu a významná část nebílkovinných rozpustných látek je odstraněna v rozpouštědle. Usušením pevného podílu pak může být docíleno vytčeného obsahu bílkovin⁴². Většinou je však základním krokem extrakce bílkovin, tzn. jejich převedení (solubilizace) do rozpouštědla (vody), s následným koncentračním krokem rozpuštěných bílkovin. Jako vstupní materiál jsou používány bílkovinné mouky s velmi nízkým obsahem zbytkového tuku a obecně jsou používány dva základní postupy – alkalická extrakce, obvykle se jedná o extrakci vodným roztokem hydroxidu sodného, kombinovaná s isoelektrickým srážením nebo extrakce s užitím soli označovaná jako micelizace⁴⁷. Obecné schéma obou



Obr. 2. Procesy koncentrování bílkovin ze semenných mouk (výlisků) luskovin a olejnin. (Upraveno podle autorů Murru, Calvo⁴⁴, Pelgrom⁴⁵ a Hadnačev a spol.⁴⁷)

postupů je znázorněno na obr. 2, pro každý konkrétní materiál je však nutné jednotlivé kroky optimalizovat s ohledem na rozdílné vlastnosti vstupních mouk.

Rozpustnost bílkovin ve vodě je závislá na vlastnostech vstupní mouky, jako jsou velikost částic (jemnost mletí), hydrofilní/hydrofobní charakter mouky, obsah zbytkového tuku apod. a na podmínkách extrakčního procesu, mezi které patří hmotnostní poměr vody k mouce, teplota, pH, koncentrace iontů, přítomnost či nepřítomnost povrchově aktivních látek, enzymů a jiných aditiv^{42,48}. Rozpustnost bílkovin vzrůstá v prostředí s vyšší odchylkou pH od hodnot isoelektrického bodu bílkovin. Většina majoritních (zásobních) bílkovin semen olejnin má isoelektrický bod v kyselé oblasti pH, proto rozpustnost takovýchto bílkovin je v alkalickém prostředí vyšší a této skutečnosti je využíváno při alkalické extrakci. Při alkalické extrakci bílkovin semen olejnin je pH extrakčního roztoku upravováno v rozmezí hodnot pH 8–10 (cit.^{25,35,47,49–52}). Vyšší hodnoty pH sice mohou vést k vyšším výtěžkům bílkovin⁵³, ale zároveň se zvyšuje riziko denaturace bílkovin⁴⁷. Extrakt bílkovin (a ostatních rozpustných látek) je od pevných částic oddělen odstředěním (případně filtrováním). U extraktu je následně provedeno srážení bílkovin úpravou reakce v rozsahu pH 4–5, které je blízké hodnotám jejich isoelektrického bodu⁴³. Vzniklá sráženina bílkovin může být (i opakovaně) promyta pro dosažení vyšší koncentrace bílkovin ve finálním bílkovinném produktu, což je významné při výrobě bílkovinných izolátů. Proces bývá zakončen rozpuštěním vysrážených bílkovin ve vodě, úpravou reakce do neutrálního pH a šetrným sušením (lyofilizace nebo sprayové sušení)^{42,47}.

Proces alkalické extrakce s následným isoelektrickým srážením je sice účinný, ale může vést ke snížení rozpustnosti získaných bílkovin a jejich funkčních vlastností. V alkalickém prostředí mohou probíhat nežádoucí reakce, jako jsou racemizace aminokyselin, tvorba lysinoalaninu, a tím dochází ke ztrátě některých esenciálních aminokyselin⁵⁴. Dalším problémem je u některých druhů přítomnost vysoké koncentrace polyfenolů, což vede v alkalickém prostředí k jejich oxidaci a následné reakci s bílkoviny a tvorbě tmavě zeleného až hnědého zbarvení⁵⁵. Jde zejména o výlisky slunečnice a ostropestřce, které obsahují velmi vysoké množství polyfenolů. Ty je zapotřebí před procesem izolace bílkovin odstranit⁵⁶.

Proto je snaha využívat alternativní šetrnější přístupy. Patří mezi ně např. extrakce solným roztokem^{43,47}. Jde o tzv. vsolování („salting in“), kdy mírné zvýšení iontové síly (např. pomocí NaCl) způsobí zvýšení rozpustnosti bílkovin (globulinů) ve vodě^{43,57}. Bílkoviny pak mohou být z odstředěného solného extraktu získány výrazným zředěním vodou (což vlivem poklesu iontové síly způsobí vysrážení globulinů) nebo v praxi více uplatnitelným využitím membránových technik (dialýza, ultrafiltrace), které zajistí odstranění iontů soli (případně dalších nízkomolekulárních látek), pokles iontové síly a v jeho důsledku vysrážení globulinů. Po finálních úpravách (odstředění, sušení apod.) je získán bílkovinný koncentrát či izolát, obvykle s vyšší úrovní zachování rozpustnosti a funkčních vlastností bílkovin. Nevýhodou může být vyšší potřeba vody (či práce s většími objemy) nebo např. ucpávání membrán. Kromě uvedených způsobů jsou uplatňovány či testovány další technologie a přístupy pro získávání bílko-

vin z rostlinných surovin, jde např. o metody s asistencí ultrazvuku či hydrolytických enzymů a techniky s využitím elektrického pole a náboje⁴⁷.

V poslední době je věnována pozornost zlepšování rozpustnosti a funkčních vlastností u získaných koncentrátů a izolátů bílkovin prostřednictvím chemických modifikací bílkovin⁵⁴ nebo prostřednictvím jejich enzymové hydrolyzy⁵⁸. Ta nabízí značné možnosti – částečná enzymová hydrolyza může zlepšit rozpustnost i funkční vlastnosti, hydrolyza s vyšším stupněm může zase vést k produkci hydrolyzátů s obsahem bioaktivních peptidů. Ty mohou být nositeli řady prakticky využitelných aktivit, jako je např. antioxidační a antimikrobiální aktivita nebo schopnost regulovat krevní tlak, schopnost působit protizánětlivě či antipyreticky apod.⁵⁹.

5. Možnosti využití bílkovinných produktů generovaných z výlisků semen olejnin v potravinářských výrobcích

Využití bílkovinných produktů olejnin v potravinářství je z hlediska jednotlivých druhů na velmi rozdílné úrovni. U hojně pěstovaných druhů, jako jsou sója, řepka či slunečnice, jsou komerčně k dispozici nejen bílkovinné mouky, ale také koncentráty či izoláty bílkovin. U minoritně pěstovaných druhů olejnin jsou pro potravinářské aplikace k dispozici hlavně mouky. Koncentráty a izoláty bílkovin jsou připravovány v malém měřítku pro výzkum funkčních vlastností a vývoj nových výrobků. Mezi funkční vlastnosti, které popisují chování bílkovin během zpracování, tepelné úpravy, skladování a konzumace⁶⁰, jsou u potravinářsky využitelných bílkovin zahrnovány rozpustnost (ve vodě), schopnost vázat vodu a tuk, schopnost vytvářet stabilní gely a pěny, emulgační aktivita a kinetická stabilita získaných emulzí, viskoelastické vlastnosti a další charakteristiky⁵⁴. Dostupnost informací

o funkčních vlastnostech dosahuje podobné rozdílnosti jako úroveň rozsahu pěstování olejnatých druhů. Kromě druhově specifických prací hodnotících funkční vlastnosti semenných bílkovin sóji^{35,61}, řepky^{8,62}, slunečnice⁹, lnu⁵⁰, konopí^{1,63}, tykve²⁷ a ostropestřce²⁵, jsou k dispozici práce, které se zabývají vzájemným porovnáváním bílkovinných produktů olejnin⁵⁴. Přes zjištěné rozdíly jsou obecně bílkovinné produkty odvozené z výlisků semen olejnin považovány za výborně uplatnitelné v potravinářských výrobcích. Bochkarev a spol.⁶⁴ dělí mouky z výlisků olejnin podle jejich charakteristik na tři skupiny využitelnosti: a) produkty s převahou bílkovin a zbytkového tuku, které mohou být využitelné pro produkci majonéz, mléčných a zeleninových výrobků, b) produkty s převahou bílkovin a sacharidů, které jsou doporučovány pro mléčné, zeleninové, masové, cereální a cukrářské výrobky a pro produkci koncentrátů a c) produkty s převahou bílkovin a vlákniny, které jsou vhodné pro cereální a moučné cukrářské výrobky.

Příklady možností uplatnění bílkovinných produktů generovaných z výlisků semen olejnin pro skupiny potravinářských výrobků jsou shrnuty v tab. IV. Z přehledu vyplývá, že nejvyšší potenciál uplatnění je u cereálních (chleby, běžné pečivo, jemné pečivo aj.), masných (zejména výrobky z mletého masa) a mléčných (jogurty, sýry, různé krémy a pomazánky) výrobků.

Nejkomplexněji jsou využitelné sójové bílkovinné produkty pro svou všeobecnou dostupnost a snadnou výrobu. V poslední době jsou uplatnitelné také řepkové produkty, u kterých není nabízena mouka (kvůli nepříznivým organoleptickým vlastnostem), ale jen koncentráty a izoláty bílkovin³⁷. Mezi přední světové výrobce sójových potravinářských mouk, koncentrátů a izolátů bílkovin patří např. společnosti DuPont (USA), Archer-Daniel-Midland (USA), Cargill (USA), Foodchem (Čína) a v případě řepkových bílkovinných koncentrátů/izolátů se jedná např. o společnosti Burcon (Kanada) nebo BioExx (Kanada).

Tabulka IV

Příklady možností využití bílkovinných produktů^a jako surovin do potravinářských výrobků^b

Skupina výrobků	KS	LS	OM	ŘO	SR	SL	TO
Cereální výrobky	M+K+P	M	M	K+I	M+K	M+K+I	M
Masné výrobky	M			K+I	K	M+K+I+ T	M
Mléčné výrobky	P		M	I		M+K+I	M
Kojenecká výživa a diety	M+K+I+ P				K	M+K+I	
Náhrada vajec				K+I			H
Extrudované výrobky a tyčinky	M	M			K		
Dresinky, omáčky, polévky		M		I+P+H		K+I	
Nápoje	M+I			I		K	

^a KS – konopí seté¹, LS – len setý⁶⁵, OM – ostropestřec mariánský^{64,66}, ŘO – řepka olejka^{8,37}, SR – slunečnice roční^{44,67}, SL – sója luštinatá^{35,37}, TO – tykev olejnatá^{64,68}, ^b M – mouky, K – bílkovinné koncentráty, I – bílkovinné izoláty, P – bílkoviny příslušného druhu obecně, H – hydrolyzát bílkovin příslušného druhu, T – texturované bílkoviny

Slunečnicové mouky a koncentráty bílkovin nabízí např. společnost Bio-Technologies LLC (Rusko). U ostatních druhů jsou komerčně dostupné výliskové mouky, ale koncentráty a izoláty bílkovin vyráběné v průmyslovém měřítku zatím dostupné nejsou. U lnu je hlavní překážkou při získávání koncentrátů a izolátů bílkovin přítomnost slizů a problémy s jejich odstraňováním⁶⁹. U konopí jsou komerčně dostupné mouky s obsahem bílkovin do 50 % (často vydávány za koncentráty bílkovin), řada publikací popisuje výrobu a úpravu vlastností koncentrátů nebo izolátů konopných bílkovin^{38,70,71}. U tykve olejné jsou na trhu k dispozici mouky, které mají až 65 % bílkovin (díky vysokému obsahu bílkovin v semenech a po důkladném lisování oleje) a jsou tak již na úrovni bílkovinných koncentrátů. Informací o zpracování výlisků ostropestřce na bílkoviny je prozatím poměrně málo, komerčně je nabízena mouka.

6. Závěr

Bílkoviny semen olejnin zahrnují zásobní globuliny, které jsou reprezentovány zejména hexamerním 11-12S proteinem, vodorozpustná frakce albuminů je minoritní. Výlisky resp. extrahované šrotky, jako vedlejší produkt vznikající při získávání tuku ze semen či plodů olejnin, je možné zpracovávat na tři typy výrobků: mouky (obsah bílkovin <65 %), bílkovinné koncentráty (obsah bílkovin 65–90 %) a bílkovinné izoláty (obsah bílkovin >90 %). Bílkovinné produkty získané z výlisků či šrotů semen olejnin mohou být důležitým zdrojem esenciálních aminokyselin a disponují dobrou úrovní funkčních vlastností: vazba vody a tuku, schopnost vytvářet gely a pěny, emulgační aktivita apod., které jsou využitelné v potravinářských výrobcích, jako jsou cereální a extrudované výrobky, mléčné a masné výrobky, výrobky typu emulzí (majonézy, omáčky a dresinky), nápoje a speciální výrobky (diety, kojenecká a sportovní výživa). Semenné bílkoviny olejnin tak mohou ve výrobcích částečně nebo plně nahrazovat přítomnost bílkovin živočišného původu, jejichž produkce je finančně nákladnější a má větší dopady na životní prostředí. S ohledem na ekonomické a ekologické aspekty, rostoucí lidskou populaci, ale i požadavek na zdravý životní styl lze očekávat větší tlak na zhodnocování rostlinných bílkovin a jejich následné uplatňování v potravinářských výrobcích.

Přehledový článek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu Ministerstva zemědělství QK 191 0302. Autoři děkují za finanční podporu.

LITERATURA

- Wang Q., Xiong Y. L.: *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18, 936 (2019).
- Šmirous P. (ed.): *Zápisník lnu a konopí 2018*. Svaz lnu a konopí ČR z.s., Šumperk 2017.
- Rabetafika H. N., Van Remoortel V., Danthine S., Paquot M., Blecker C.: *Int. J. Food Sci. Technol.* 46, 221 (2011).
- Liška M.: *Situační a výhledová zpráva – Olejninny*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha 2019.
- Martinelli T., Potenza E., Moschella A., Zaccheria F., Benedettelli S., Andrzejewska J.: *Crop Sci.* 56, 3160 (2016).
- Kozderová V.: *Situační a výhledová zpráva – Léčivé, aromatické a kořeninové rostliny*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha 2019.
- Von Der Haar D., Müller K., Bader-Mittermaier S., Eisner P.: *OCL: Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 21, D104 (2014).
- Wanasundara J. P. D., McIntosh T. C., Perera S. P., Withana-Gamage T. S.: *OCL: Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 23, D407 (2016).
- González-Pérez S., Vereijken J. M.: *J. Sci. Food Agric.* 87, 2173 (2007).
- Štranc P., Zelený V., Markytán P., v knize: *Olejninny*. (Baranyk P., ed.), kap. 6, str. 137. Profi Press, Praha 2010.
- Stražil Z., v knize: *Alternativní plodiny*. (Moudrý J., ed.), kap. 26, str. 85. Profi Press, Praha 2011.
- Velíšek J.: *Chemie potravin*. 1. díl, 2. vyd. OSSIS, Tábor 2002.
- Kolovrat O., Baranyk P., Bjelková M., Dostálová J., Koprna R., Prugar J., Zukalová H., v knize: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. (Prugar J., ed.), kap. 6.3, str. 168. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha 2008.
- Filip V., v knize: *Přehled tradičních potravinářských výrob* (Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M., ed.), kap. 5.1, str. 301. Key Publishing s.r.o., Ostrava 2012.
- Ferreira M. S. L., Santos M. C. P., Moro T. M. A., Basto G. J., Andrade R. M. S., Gonçalves É. C. B. A.: *J. Food Sci. Technol.* 52, 822 (2015).
- Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M.: *Trends Food Sci. Technol.* 106, 160 (2020).
- Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M.: *J. Sci. Food Agric.*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.10643> (2020).
- Chéreau D., Videcoq P., Ruffieux C., Pichon L., Motte J.-C., Belaid S., Ventureira J. Lopez M.: *OCL: Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 23, D406 (2016).
- Osborne T. B.: *The vegetable proteins*. Longmans, Green and Co., London 1924.
- Mandal S., Mandal R. K.: *Curr. Sci.* 79, 576 (2000).
- Shewry P. R., Napier J. A., Tatham A. S.: *Plant Cell* 7, 945 (1995).
- Nishinari K., Fang Y., Guo S., Phillips G. O.: *Food Hydrocolloids* 39, 301 (2014).
- Wu S., Wang X., Qi W., Guo Q.: *Trends Food Sci. Technol.* 92, 184 (2019).
- Lan Y., Ohm J.-B., Chen B., Rao J.: *Food Hydrocolloids* 104, 105731 (2020).
- Li F., Wu X., Zhao T., Li F., Zhao J., Yang L.: *Int. J. Food Prop.* 16, 1750 (2013).
- Renkema, J. M. S.: *Ph. D. thesis*. Wageningen University, Wageningen 2001.

27. Ozuna C., León-Galván M. F.: *BioMed Res. Int.* 2017, 2121878.
28. Bučko S. D., Katona J. M., Popović L. M., Vaštag Ž. G., Petrović L. B.: *J. Serb. Chem. Soc.* 81, 35 (2016).
29. Laemmli U. K.: *Nature* 227, 680 (1970).
30. Boye J., Wijesinha-Bettoni R., Burlingame B.: *Br. J. Nutr.* 108, S183 (2012).
31. Chardigny J. M., Walrand S.: *OCL: Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 23, D404 (2016).
32. Klockeman D. M., Toledo R., Sims K. A.: *J. Agric. Food Chem.* 45, 3867 (1997).
33. Singh K. K., Mridula D., Rehal J., Barnwal P.: *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51, 210 (2011).
34. Atuonwu A. C., Akobundu E. N. T.: *Pak. J. Nutr.* 9, 672 (2010).
35. Singh P., Kumar R., Sabapathy S. N., Bawa A. S.: *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 7, 14 (2008).
36. Mamone G., Picariello G., Ramondo A., Nicolai M. A., Ferrantia P.: *Food Res. Int.* 115, 562 (2019).
37. Day L.: *Trends Food Sci. Technol.* 32, 25 (2013).
38. Malomo S. A., Aluko R. E.: *Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 31, 151 (2015).
39. Udenigwe C. C., Aluko R. E.: *J. Agric. Food Chem.* 58, 4762 (2010).
40. Dabbour M., He R., Mintah B., Xiang J., Ma H.: *Ultrason. Sonochem.* 58, 104625 (2019).
41. Mohsen S. M., Fadel H. H. M., Bekhit M. A., Edris A. E., Ahmed M. Y. S.: *Int. J. Food Sci. Technol.* 44, 1705 (2009).
42. Rodrigues I. M., Coelho J. F. J., Graca M., Carvalho V. S.: *J. Food Eng.* 109, 337 (2012).
43. Boye J. I., Barbana C., v knize: *Food and Industrial Bioproducts and Bioprocessing* (Dunford N. T., ed.), kap. 3, str. 85. Wiley-Blackwell, Chichester 2012.
44. Murru M., Calvo C. L.: *OCL: Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 27, 17 (2020).
45. Pelgrom P. J. M.: *PhD thesis*. Wageningen University, Wageningen 2015.
46. Schutyser M. A. I., Groot van der A. J.: *Trends Food Sci. Technol.* 22, 154 (2011).
47. Hadnađev M. S., Dapčević Hadnađev T. R., Pojčić M. M., Šarić B. M., Mišan A. Č., Jovanov P. T., Sakač M. B.: *Food Feed Res.* 44, 11 (2017).
48. Harrison R. G., Todd P., Rudge S. R., Petrides D. P.: *Bioseparations Science and Engineering*. Oxford University Press, New York 2003.
49. Salgado P. R., Molina Ortiz S. E., Petruccelli S., Mauri A. N.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 89, 825 (2012).
50. Tigar M., Silcock P., Carne A., Birch E. J.: *Food Chem.* 215, 417 (2017).
51. Tang C.-H., Ten Z., Wang X.-S., Yang X.-Q.: *J. Agric. Food Chem.* 54, 8945 (2006).
52. Živanović I., Vaštag Ž., Popović S., Popović L., Peričin D.: *Int. J. Biol. Biomol. Agric. Food and Biotechnol. Eng.* 5, 94 (2011).
53. Gerzhova A., Mondor M., Benali M., Aider M.: *Food Chem.* 201, 243 (2016).
54. Moure A., Sineiro J., Domínguez H., Parajo J. C.: *Food Res. Int.* 39, 945 (2006).
55. Xu L., Diosady L. L.: *Food Res. Int.* 35, 23 (2002).
56. Salgado P. R., Molina Ortiz S. E., Petruccelli S., Mauri A. N.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 88, 351 (2011).
57. Price N., Stevens L.: *Fundamentals of Enzymology: The Cell and Molecular Biology of Catalytic Proteins*. 3. vyd. Oxford University Press, New York 1999.
58. Wouters A. G. B., Rombouts I., Fierens E., Brijs K., Delcour J. A.: *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15, 786 (2016).
59. Görgüç A., Gençdağ E., Yılmaz F. N.: *Food Res. Int.* 136, 109504 (2020).
60. Kinsella J. E.: *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 7, 219 (1976).
61. L'Hocine L., Boye J. I., Arcand Y.: *J. Food Sci.* 71, C137 (2006).
62. Yoshie-Stark Y., Wada Y., Schott M., Wasche A.: *LWT-Food Sci. Technol.* 39, 503 (2006).
63. Dapčević-Hadnađev T., Dizdar M., Pojčić M., Krstonosic V., Zychowski L. M., Hadnađev M.: *Food Hydrocolloids* 89, 912 (2019).
64. Bochkarev M. S., Egorova E. Yu., Reznichenko I. Yu., V. M. Poznyakovskiy V. M.: *Foods Raw Mater.* 4, 4 (2016).
65. Kaur P., Waghmare R., Kumar V., Rasane P., Kaur S., Gat Y.: *OCL: Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* 25, A304 (2018).
66. Jandlova M., Kumbar V., Jarosova A., Pytel R., Nedomova S., Ondrusikova S.: *Proceedings of 25th International PhD Students Conference, November 7–8, 2018*. Mendel university in Brno (Cerkal R., Brezinová Belcredi N., Prokešová L., ed.), str. 258, Brno 2018.
67. <http://www.bio-t.pro/eng/>, staženo 1. 10. 2020.
68. Popović L., Peričin D., Vaštag Ž., Popović S., Krimer V., Torbica A.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 90, 1157 (2013).
69. Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C. J., Wang B., Adhikari B.: *Food Chem.* 197, 212 (2016).
70. Potin F., Lubbers S., Husson F., Saurel R.: *J. Food Sci.* 84, 3682 (2019).
71. Shen P., Gao Z., Xu M., Ohm J.-B., Rao J., Chen B.: *Food Hydrocolloids* 106, 105889 (2020).

J. Bárta, V. Bártová, M. Jarošová, and J. Švajner
(Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia in České Budějovice, České Budějovice): Proteins of Oilseed Cakes, Their Isolation and Usage Possibilities

Oilseed cakes and meals are obtained as by-products after oil extraction. They contain 15–60 % proteins with a relatively good amino acid proportion and other valuable components such as dietary fibre, residual fat, polyphenols etc. Proteins are above all represented by globulins, especially 11-12S globulin, and albumins. Oilseed cakes are often used as feed for farm animals but they can be valorised in the form of flour and protein concentrate or by an isolation using dry or wet processes. In this work, a characterization of seed proteins of selected oilseed crops and

methods of protein isolation are presented. Possibilities of oilseed protein products use in human nutrition and food products are evaluated.

Keywords: oil crops, oilseed cakes, seed proteins, protein concentrates and isolates

Acknowledgements

This Review was supported by Ministry of Agriculture (Grant number: QK 1910302).