

ANTINUTRIČNÉ LÁTKY V STRUKOVINÁCH

JUDIT SÜLI, ANNA SOBEKOVÁ a ZUZANA BUJDOŠOVÁ

*Katedra chémie, biochémie a biofyziky, Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice
judit.suli@uvlf.sk*

Došlo 27.4.17, prijaté 2.6.17.

Kľúčové slová: strukoviny, technologická úprava, bezpečnosť, inaktivácia nebezpečných látok

Obsah

1. Úvod
2. Antinutričné proteíny
3. Antinutričné sacharidy
4. Glykozidy
5. Zlúčeniny viažuce minerálne látky
6. Fenolové zlúčeniny
7. Alkaloidy
8. Odstránenie antinutričných faktorov
9. Záver

1. Úvod

Strukoviny sú dôležitou súčasťou ľudskej stravy¹. Významná časť ľudskej populácie využíva strukoviny ako základnú potravinu, najmä v kombinácii s obilninami. Strukoviny sa vyznačujú vysokým množstvom proteínov, obsahujú sacharidy vo forme škrobu aj vlákniny, obsah

minerálnych látok, vitamínov a fytonutrientov je tiež vysoký^{2,3}. Pravidelný príjem strukovín prispieva k zníženiu hladiny cholesterolu⁴. Strukoviny však obsahujú aj široké spektrum antinutričných látok s negatívnym účinkom na ľudské zdravie⁵. Vysoký príjem neošetrených strukovín je nebezpečný pre ľudí aj zvieratá, dokonca môže spôsobiť aj smrť⁶. V dobe, keď sa rôzne diétne trendy⁷ tešia obrovskej popularite, je nevyhnutné poukázať na potenciálne nebezpečenstvo nesprávne upravených strukovín⁸.

2. Antinutričné proteíny

V strukovinách sa nachádzajú mnohé proteíny antinutričného charakteru. Niektoré pôsobia ako alergény, iné inhibujú činnosť tráviacich enzýmov. Ďalšiu skupinu antinutričných proteínov tvoria lektíny. Do tejto časti sú zaradené aj neproteinogénne aminokyseliny.

Alergény strukovín

Proteíny strukovín tvoria významnú skupinu rastlinných alergénov. Obzvlášť pozoruhodné sú sójové alergény (tab. I), pretože potravinársky priemysel využíva sóju na výrobu mnohých produktov. Zo sóje sa vyrába sójová múka, sójové koncentráty, izoláty sójových proteínov, sójové mlieko, sójový tvaroh (tofu), koreninové zmesi (sojová omáčka), texturované produkty zo sójových proteínov, sójový lecitín, sójový olej lisovaný za studena. Samotné sójové bôby sa využívajú ako pochúťka, alebo sa pridávajú do mnohých výrobkov. Až 90 % alergických reakcií v detskej populácii spôsobuje sója. Sójové proteíny sú často zosieťované disulfidickými väzbami, ktoré sa môžu štiepiť s využitím *N*-acetylcysteínu. Alergenita sójových proteínov sa môže znížiť tepelnou denaturáciou alebo en-

Tabuľka I
Potravinové alergény v sóji a podzemnici olejnej¹¹

Strukovina	Alergén	Mol. hmotnosť [kDa]	Charakter	Stabilita
Sója	glycinín	350–360	glykoproteín	stredná
	β-konglycinín	156		stredná
	2S globulín	18		stredná
	trypsin KI ^a	21,5		stredná
Podzemnica olejná	Ara h1	63–66	7S globulín	vysoká
	Ara h2	17	glykoproteín	stredná

^aTrypsínový inhibítor Kunitzovho typu

zýmovou hydrolyzou proteínov⁹. Pre relatívne vysokú termostabilitu niektorých proteínov je vhodné pri výrobe hypoalergénnych hydrolyzátoz sójových proteínov kombinovať tepelný zákrok s enzýmovou hydrolyzou¹⁰. Sacharidy znižujú alergenicitu sójových proteínov pri zahrievaní. Reakčné produkty sójových proteínov s oxidovanými lipidmi alergenicitu zvyšujú, hoci samotný sójový olej alergickú reakciu nevyvoláva⁹.

Okrem sóje je významnou alergizujúcou strukovinou podzemnica olejná (tab. I), ktorá obsahuje niekoľko zatiaľ iba čiastočne identifikovaných alergénov¹¹. Tieto alergény sú veľmi odolné voči tepelnému ošetreniu, preto je podzemnica olejná pre mnohých alergikov nepožiteľná.

Inhibítory tráviacich enzýmov

Antinutričný účinok v strukovinách majú aj proteíny, ktoré pôsobia ako inhibítory proteáz a amyláz. Tieto potravinársky významné inhibítory majú zvyčajne nižšiu molekulovú hmotnosť 5–50 kDa (cit.²).

Inhibítory proteáz sa nachádzajú hlavne v semenách strukovín, ale v menšom množstve sa môžu vyskytovať aj v ostatných častiach rastliny, pričom majú rozdielnu špecifickú aktivitu, termostabilitu a rozdielnu špecifickú účinku. Inhibítory plnia v rastlinách rôzne funkcie. Slúžia zrejme ako ochrana cytosólu proti endogénnym proteázam uvoľneným pri porušení bunkových štruktúr¹¹. V období klíčenia plnia funkciu zásobných proteínov a podieľajú sa aj na ochrane rastlinných tkanív pred predátormi a mikroorganizmami³. Patria tu inhibítory trypsinu, ďalšie inhibujú trypsin aj chymotrypsín a niektoré pôsobia proti rastlinným aj mikrobiálnym proteázam (napr. subtilizínu a papaínu). Obsah inhibítorov v rastlinách závisí od druhu rastliny, stupňa zrelosti a doby skladovania. Inhibítory proteáz je kvôli eliminácii ich nežiaducich účinkov (spomalenie rastu zvierat, poruchy funkcie pankreasu) nutné inaktivovať⁹. Inhibítory proteáz sú termolabilné, a preto sa tepelným pôsobením dajú viac-menej inaktivovať¹². Pri tepelnom ošetrení sú dôležité parametre technologického postupu: doba, teplota, tlak a tiež hydratácia. Napríklad inhibítory v sóji sa dajú na 87 % inaktivovať pôsobením vodnej pary pri 100 °C počas 9 min (cit.¹¹). Pri klíčení zrelých sójových bôbov dochádza k postupnému zníženiu aktivity Kunitzových inhibítorov, lebo proteolýzou a syntézou *de novo* vznikajú ich modifikované formy.

Štruktúra mnohých inhibítorov proteáz je v súčasnosti známa. Rozlišujeme inhibítory Kunitzovho typu s jedným väzbovým miestom pre trypsin a inhibítory Bowmanovho-Birkovho typu s dvoma nezávislými väzbovými miestami pre trypsin a chymotrypsín (tab. II)⁹. Aktívne centrum inhibítorov trypsinu obsahuje špecifické peptidové väzby Lys-X alebo Arg-X, kým pre inhibítory chymotrypsínu sú špecifické väzby Leu-X, Phe-X alebo Tyr-X (cit.¹¹). Sójové inhibítory Kunitzovho typu (STI – Soybean Trypsin Inhibitor) majú molekulovú hmotnosť 18–24 kDa. Hlavná zložka týchto inhibítorov obsahuje 181 aminokyselínových zvyškov a dva disulfidické mostíky. K väzbe s trypsinom dochádza na pozícií Arg 63 a Ile 64. S trypsinom reagujú v pomere 1 : 1. Inhibítory Bowmanovho-Birkovho typu majú hmotnosť okolo 6–10 kDa a viac disulfidických mostíkov. Sú to najbežnejšie inhibítory proteáz nielen v strukovinách, ale aj v iných rastlinách. Majú dvojakú väzbovú špecifickosť⁹.

Inhibítory amyláz sú relatívne termostabilné proteíny, ktoré sa v črevách odbúrávajú iba čiastočne (obzvlášť u fazule, hlavne bielej). Semená strukovín v surovom stave obsahujú inhibítory hydrolázových enzýmov⁹. V procese technologickej alebo kuchynskej úpravy sú inhibítory viac-menej inaktivované, takže strácajú negatívny zdravotný účinok. Pri zavádzaní nových potravinárskych surovín alebo technologických postupov je potrebné inaktiváciu inhibítorov kontrolovať¹³.

Lektíny

Lektíny (predtým nazývané fytohemaglutiníny) sú veľkou skupinou neimunitných proteínov, ktoré dokážu s vysokou mierou špecifity rozpoznávať a viazať sacharidy voľné, aj viazané v glykoproteínoch alebo glykolipidoch. Lektíny majú okrem katalytického centra aspoň jedno ďalšie centrum, ktorým sa proteíny reverzibilne viažu na špecifické mono- a oligosacharidy. Zo všetkých rastlín sa v strukovinách nachádzajú v najväčšom množstve (tab. III)⁹. Keď sa dostanú do krvi, viažu sa k erytrocytom a spôsobujú ich aglutináciu. Lektíny sú väčšinou glykoproteíny pozostávajúce z podjednotiek, ktoré pri zmene pH alebo iónovej sily ľahko disociujú. Obsahujú vysoké množstvo kyseliny asparágovej, kyseliny glutámovej a hydroxyaminokyselín. Zároveň majú málo metionínu¹¹. Ich toxicita je podmienená hlavne čiastočnou rezistenciou na *in vivo* proteolýzu. Dlhodobá expozícia aj malým

Tabuľka II
Obsah inhibítorov proteáz v niektorých strukovinách⁹

Názov	Sója fazuľová		Hrach siaty		Čícer baraní	
Latinský názov	<i>Glycine max</i>		<i>Pisum sativum</i>		<i>Cicer arietinum</i>	
Typ inhib.	KI ^a	BBI ^b	KI	BBI	KI	BBI
Obsah, g kg ⁻¹	20	2–3	–	0,05–3	–	2,3

^a KI – inhibítory proteáz Kunitzovho typu, ^b BBI – inhibítory proteáz Bowmanovho-Birkovho typu

Tabuľka III
Obsah lektínov v niektorých strukovinách⁹

Strukovina	Latinský názov	Výskyt	Obsah [g kg ⁻¹]	Tepelná stabilita ^a	Toxicita v potravinách	
					surovej	spracov.
Podzemnica olejná	<i>Arachis hypogaea</i>	semená	0,2–2	nestála	áno	áno
Hrach siaty	<i>Pisum sativum</i>	semená	0,2–2	nestála	možná	nie
Fazuľa obyčajná	<i>Phaseolus vulgaris</i>	semená	1–10	stredná	áno	možná
Fazuľa mesiacovitá	<i>Phaseolus lunatus</i>	semená	1–10	stredná	áno	možná
Fazuľa ostrolistá	<i>Phaseolus acutifolius</i>	semená	1–10	stredná	áno	možná
Fazuľa šarlátová	<i>Phaseolus coccineus</i>	semená	1–10	stredná	áno	možná
Šošovica jedlá	<i>Lens culinaris</i>	semená	0,1–1	nestála	áno	nie
Sója fazuľová	<i>Glycine max</i>	semená	0,2–2	nízka	áno	nie
Bôb obyčajný	<i>Vicia faba</i>	semená	0,1–1	nestála	možná	nie

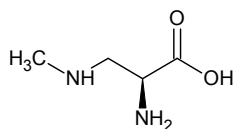
^a Tepelná stabilita lektínov: vysoká – lektín ne stráca aktivitu zahrevom pri 80 °C; stredná – pri 70 °C; nízka – pri 60 °C; nestála – lektín denaturuje pri 60 °C

množstvám lektínov môže byť škodlivá. Konzumácia surovej alebo nedostatočne uvarenej fazule spôsobuje napr. žalúdočné problémy, zvracanie a hnačky a u zvierat spomaľuje rast⁹.

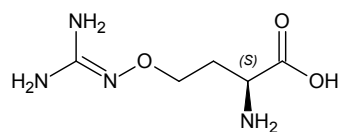
Neproteinogénne aminokyseliny

V bôbových strukovinách (podčeľaď *Fabae*, *Phaseoleae*, *Mimosoideae* a *Caesalpinioideae*) sa detegovalo viac ako 900 rôznych neproteinogénnych aminokyselín. Najznámejšie neproteinogénne aminokyseliny v strukovinách sú β -*N*-metylamino-L-alanín a kanavanín. Obsah neproteinogénnych aminokyselín v strukovinách môže dosiahnuť až 10 % hmotnosti sušiny. Vysokým obsahom tohto antinutričného faktora sa vyznačujú hlavne semená hrachora vonného (*Lathyrus odoratus*) a cíceru baranieho (*Cicer arietinum*)⁹.

Neproteinogénne aminokyseliny slúžia počas klíčenia ako zdroj dusíka a následne sú remobilizované¹⁰. Môžu inhibovať aminoacyl-tRNA syntetázy alebo iné stupne



beta-*N*-metylamino-L-alanín; BMAA



kanavanín

proteosyntézy, napr. tvorbu väzieb medzi kolagénovými vláknami¹⁴. U stavovcov môžu spôsobiť fetálne malformácie, neurotoxické poruchy, halucinácie, vypadávanie vlasov, hnačky, paralýzu, cirhózu pečene, hypoglykémiu alebo srdcovú arytmiu¹⁰.

3. Antinutričné sacharidy

Okrem hlavných oligosacharidov (sacharóza, rafinóza, stachyóza a verbaskóza) (tab. IV) sa v strukovinách nachádzajú predovšetkým α -galaktooligosacharidy (najvyšší oligosacharid je nonasacharid⁹), tiež cyklitolý a galaktocyklitolý (tab. V). Pankreatické sacharázy v tenkom čreve nie sú schopné tieto α -galaktooligosacharidy štiepiť, preto sa do hrubého čreva dostávajú v nezmenenej forme. V hrubom čreve sú usadené baktérie, ktoré produkujú α -galaktozidázu a metabolizujú α -galaktooligosacharidy za tvorby plynov (oxid uhličitý, metán, vodík a i.). Tento proces vedie pri konzumácii strukovín k nafukovaniu – flatulencii, preto sa α -galaktooligosacharidy považujú za antinutričný faktor^{11,15}.

Na druhej strane sú α -galaktooligosacharidy dôležitým zdrojom uhlíka pre populáciu bifidobaktérií hrubého čreva. Konzumácia strukovín teda napomáha selektívnemu rastu užitočnej črevnej mikroflóry a prispieva k zachovaniu zdravia^{3,16}.

4. Glykozidy

Saponíny

Z glykozidov sú v strukovinách zastúpené predovšetkým saponíny (tab. VI). Saponíny sú heteroglykozidy po-

Tabuľka IV
Prehľad významných vyšších oligosacharidov v strukovinách

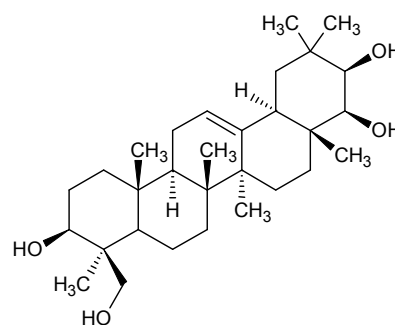
Triviálny názov	Skrátený zápis	Charakter
Maninotrióza	α -D-Galp-(1→6)- α -D-Galp-(1→6)-D-Glcp	redukujúci
Rafinóza	α -D-Galp-(1→6)- α -D-Glcp-(1↔2)- β -D-Fruf	neredukujúci
Stachyóza	α -D-Galp-(1→6)- α -D-Galp-(1→6)-D-Glcp-(1↔2)- β -D-Fruf	neredukujúci
Verbaskóza	α -D-Galp-(1→6)-[α -D-Galp-(1→6)] ₂ - α -D-Glcp-(1↔2)- β -D-Fruf	neredukujúci
Ajugóza	α -D-Galp-(1→6)-[α -D-Galp-(1→6)] ₃ - α -D-Glcp-(1↔2)- β -D-Fruf	neredukujúci

Tabuľka V
Obsah významných cyklitolov a ich galaktozidov v strukovinách [% sušiny]⁹

Strukovina	Myo-inozitol	D-pinitol	Galaktinol	Galaktopinitoly ^a	Ciceritol
Fazuľa obyčajná	0,02–0,06	0,08–0,20	0,04–0,05	0,00–0,04	stopy
Hrach siaty	0,10–0,17	0,05	0,07	0,00	0,00
Šošovica jedlá	0,07–0,11	1,11–0,40	0,10–0,12	0,36–0,39	1,60
Sója fazuľová	0,03–0,10	0,20–0,90	0,00	0,35–0,70	0,08
Cícer baraní	0,10–0,30	0,40–0,45	0,08–0,20	0,50–0,80	2,80

^a Súčet obsahu 2-O- α -D-Galp-1D-*chiro*-inozitolu (fagopyritolu B1) a derivátov D-pinitolu 2-O- α -D-Galp-4-O-metyl-1D-*chiro*-inozitolu a 5-O- α -D-Galp-4-O-metyl-1D-*chiro*-inozitolu

zostávajúce z aglykonu sapogenolu a z jedného alebo viacerých monosacharidových zvyškov. Sapogenoly sú zlúčeniny odvodené od C₃₀ triterpenoidov alebo od C₂₇ steroidov⁹. V strukovinách sa v porovnaní s inými rastlinami vyskytujú vo vyššom množstve. Saponíny zvyšujú hemolýzu erytrocytov, znižujú hladinu cholesterolu v krvi a pečeni, môžu inhibovať aktivitu hladkých svalov a modifikovať permeabilitu bunkovej membrány⁵. Otvplyvňujú aj resorpciu živín tým, že sa dokážu viazať na bunky tenkého čreva.



sójový sapogenol A

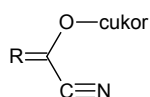
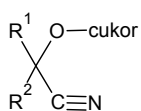
Tabuľka VI
Obsah saponínov v niektorých strukovinách

Strukovina	Latinský názov	Obsah [%]
Sója fazuľová	<i>Glycine max</i>	0,22–5,6
Fazuľa obyčajná	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0,35–1,6
Fazuľa zlatá	<i>Phaseolus aureus</i>	0,34
Fazuľa mesiacovitá	<i>Phaseolus lunatus</i>	0,10
Cícer baraní	<i>Cicer arietinum</i>	0,23–6,0
Hrach siaty	<i>Pisum sativum</i>	0,11–0,18
Šošovica jedlá	<i>Lens culinaris</i>	0,11–0,51
Podzemnica olejná	<i>Arachis hypogaea</i>	0,01–1,6

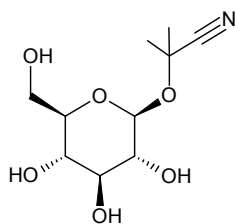
Kyanogénne glykozidy

Okrem saponínov obsahujú strukoviny aj kyanogénne glykozidy, t. j. glykozidy nitrilov 2-hydroxykarboxylových kyselín². Je známych asi 75 rôznych kyanogénnych glykozidov, najjednoduchším z nich je linamarín (predtým nazývaný fazeolunatín). Vo všeobecnosti sa určitý kyanogénny glykozid vyskytuje len v jednej alebo dvoch čeľadiach rastlín a v jednej rastline sa nachádzajú jeden alebo dva rôzne kyanogénne glykozidy. Pri hydrolýze kyanogénnych glykozidov vzniká aglykon, cukor a kyanovodík (tab. VII). Niektoré aglykony môžu byť toxické (napr. benzaldehyd vznikajúci z amygdalínu), avšak vznikajúci kyanovodík je u každej z týchto látok veľmi nebezpečnou zlúčeninou. Kvôli vznikajúcemu HCN sa odporúča strukoviny variť v otvorenej nádobe¹⁷.

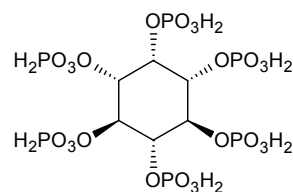
Je nepochopiteľné, že amygdalín sa v mnohých štátoch (aj na Slovensku) ešte stále predáva ako antikarcinogénny „vitamín B₁₇“ (laetrile), pričom v USA (kde táto teória vznikla) už dávno dokázali nebezpečenstvo jeho užívania a neúčinnosť v liečbe rakoviny¹⁸ a produkty boli stiahnuté z obehu.



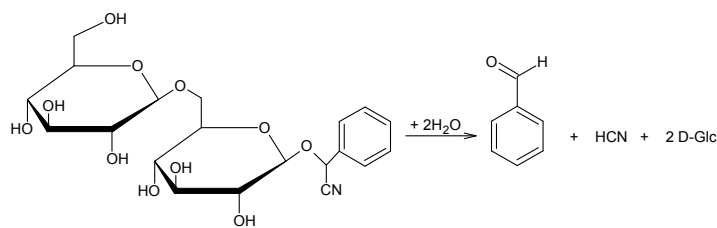
všeobecná štruktúra
kyanogénnych glykozidov



linamarín



kyselina fytová



Hydrolýza amygdalínu

5. Zlúčeniny viažuce minerálne látky

Kyselina fytová, fytáty

Kyselina fytová je pre obilniny zásobárňou fosforu, 50–85 % fosforu je viazaného kyselinou fytovou. Kyselina fytová tvorí s Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} a inými kovovými iónmi stabilné zlúčeniny v pomere 1 : 1 až 1 : 6, tzv. fytáty. Vápenato-horečnatý komplex kyseliny fytovej sa nazýva fytín⁹. Pevná väzba prvkov v týchto zlúčeninách a ich malá rozpustnosť zhoršujú biologickú využiteľnosť prvkov zo stravy, ktorá obsahuje väčšie množstvo kyseliny fytovej a fytátov. Na druhej strane vďaka pevnej väzby s prechodnými kovmi má kyselina fytová istú antioxidačnú funkciu a boli preukázané aj jej antikarcinogénne účinky^{3,19}. Pre strukoviny je charakteristický vysoký obsah solí kyseliny fytovej (tab. VIII). Hoci sa fytáty považujú za hlavný zdroj fosforu v rastlinách, fytátový fosfor má nízku biologickú využiteľnosť a nižšia je aj využiteľnosť ďalších minerálnych látok viazaných kyselinou fytovou^{9,11}.

Tabuľka VII

Obsah HCN v kyanogénoch niektorých strukovín [mg kg⁻¹ čerstvého materiálu]

Strukovina	Latinský názov	Časť rastliny	Obsah HCN
Fazuľa mesiacovitá	<i>Phaseolus lunatus</i>	semená	1000–4000
Fazuľa obyčajná	<i>Phaseolus vulgaris</i>	semená	20
Hrach siaty	<i>Pisum sativum</i>	semená	23

Tabuľka VIII

Obsah kyseliny fytovej a podiel fytátového fosforu v niektorých strukovinách

Strukovina	Kyselina fytová [g kg ⁻¹]	Podiel fytátového fosforu [%]
Sójové bôby	10,0–22,2	50–70
Sójová múka odtučnená	15,2–25,2	87
Šošovica	2,7–10,5	27–87
Hrach	2,2–12,2	37
Podzemnica olejná	17,6	57

Oxaláty

Kyselina šťaveľová pôsobí podobne ako kyselina fytová. S minerálnymi látkami vytvára ťažko rozpustné soli oxaláty, čím sa zhoršuje ich využiteľnosť⁹. Oxaláty môžu prispievať k tvorbe obličkových kameňov. Kyselina šťaveľová môže byť príčinou hypokalcémie, má neurotoxické účinky a môže spôsobiť aj zástavu srdca. Počas tepelného ošetrenia sa kyselina šťaveľová rozkladá na kyselinu mravčiu a oxid uhličitý¹¹.

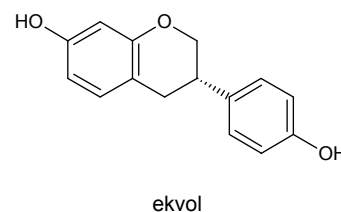
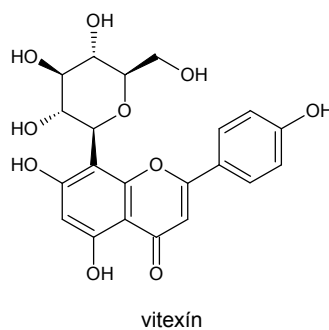
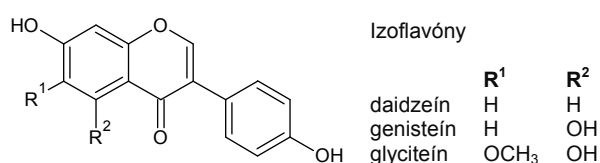
6. Fenolové zlúčeniny

Fenolové zlúčeniny z rastlín majú mnoho pozitívnych fyziologických účinkov^{19,20}, avšak významné sú aj antinutričné účinky fenolových zlúčenín prítomných v strukovinách. Triesloviny inhibujú hydrolýzu proteínov buď tým, že sa viažu k proteázam (k trypsínu alebo chymotrypsínu), alebo priamo na proteíny a tým znemožňujú ich štiepenie⁹. Ďalším dôležitým antinutričným faktorom je fytoestrogénny a antityreoidný účinok izoflavónových zlúčenín (hlavne daidzeínu, genisteínu, glyciteínu), ktoré sa nachádzajú predovšetkým v sóji^{21,22}. Tento vážny negatívny účinok izoflavónov je obzvlášť nebezpečný pre dojčatá vegetariánskych rodičov, ak sú namiesto materského mlieka kŕmené sójovým mliekom. Pri takej strave môže dosiahnuť denný príjem izoflavónov u 4-mesačných detí 5 až 8 mg kg⁻¹ hmotnosti, čo je po prepočte na telesnú hmotnosť 5 až 10-násobok dávky používanej na hormonálnu reguláciu menštruačného cyklu žien fytoestrogénmi^{20,23}. Predpokladá sa, že existuje súvislosť medzi skorým pohlavným dozrievaním a zvýšenou konzumáciou sóje²⁴. Pre minimalizáciu rizika sa konzumácia sójového mlieka v detskom veku odporúča iba pre deti trpiace neznášanlivosťou mlieka.

V Ázii, kde sója tvorí podstatne dôležitejšiu súčasť stravy ako v Európe, denný príjem fytoestrogénov dosahuje priemerne 3 mg kg⁻¹ hmotnosti²³. Organizmus ázijskej populácie je pravdepodobne geneticky viac prispôsobený odbúravať daidzeín za vzniku ekvolu (4',7'-izoflavandiol), ktorý má ešte výraznejšie fytoestrogénne vlastnosti ako pôvodné izoflavóny^{25,26}.

Sójové izoflavóny môžu inhibovať aj tyreoidálne peroxidázy a zasahovať do biosyntézy hormónov štítnej žľazy, hlavne tým, že limitujú absorpciu jódu³. Peroxidá-

zovú aktivitu štítnej žľazy znižuje hlavne vitexín a genisteín zo sóje^{21,27}.



7. Alkaloidy

Rastliny syntetizujú celý rad alkaloidov a sekundárnych metabolitov ako ochranu proti bylinožravým živočíchom, hmyzu a rôznym patogénom, prípadne ako prostriedok na prežitie v nepriaznivých podmienkach pestovania³. Z alkaloidov sa v strukovinách nachádzajú hlavne komplexné zmesi chinolizidínových alkaloidov (lupinín, lupanín, sparteín a. i.), a to predovšetkým v semenách rôznych druhov rodu lupina (*Lupinus* spp.)²⁸. Je známych viac ako 100 rôznych alkaloidov v lupine (tab. IX), pričom obsah alkaloidov v rastline závisí od

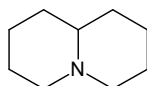
Tabuľka IX
Obsah hlavných alkaloidov v semenách lupiny (rod *Lupinus*)⁹

Alkaloid	Podiel z celkového obsahu alkaloidov [%]			
	<i>L. albus</i>	<i>L. angustifolius</i>	<i>L. luteus</i> ^a	<i>L. mutabilis</i>
Lupinín	–	–	60	–
Sparteín	< 1	< 1	30	16
Albín	15	–	–	–
Angustifolín	< 1	10–16	–	1
Lupanín	70	70	1	46
3-Hydroxylupanín	–	–	–	12
13-Hydroxylupanín	8	12–38	–	7
Multiflorín	3	–	–	–

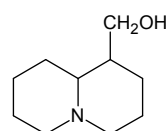
^a V semenách niektorých odrôd býva až 1,2 g kg⁻¹ protoalkaloidu gramínu

druhu rastliny a klimatických podmienok⁹. V semenách pôvodných horkých odrôd *L. angustifolius* môže obsah alkaloidov dosiahnuť až 5 %. V sladkých odrodách získaných šľachtením je hladina alkaloidov podstatne nižšia (môže klesnúť až na 0,001 %).

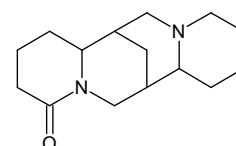
Lupina je dôležitá hospodárska rastlina. Je zložkou mnohých kŕmnych zmesí²⁸. Na Slovensku sa vyskytujú štyri druhy tohto rodu. V ostatnej dobe sa lupina začína využívať v potravinárstve aj ako aditívna látka. Múka vyrobená zo semien lupiny žltej sa pridáva do pekárenských výrobkov, cestovín, jogurtových analógov alebo do bezlaktózového mlieka. Z opražených semien sa vyrába náhrada kávy.



chinolizidín



lupinín



lupanín

8. Odstránenie antinutričných faktorov

Niektoré antinutričné látky v strukovinách ovplyvňujú stráviteľnosť potravín, iné majú toxický charakter. Postupy, ktorými sa antinutričné faktory dajú aspoň čiastočne odstrániť, sú známe (tab. X). Ide predovšetkým o tepelné ošetrenie, máčanie, fermentáciu a klíčenie^{30,31}. Mnohé antinutričné zložky strukovín sú termocitlivé. Obsah termostabilných antinutrientov sa môže znižovať máčaním³².

Tabuľka X
Najdôležitejšie antinutričné látky v semenách strukovín a možnosti zníženia ich obsahu²⁹

Strukovina	Latinský názov	Horšia stráviteľnosť ^a		Toxicita ^a	
		inhibítory trypsínu	triesloviny	lektíny	alkaloidy
Sója fazuľová	<i>Glycine max</i>	+++	–	+	–
Fazuľa obyčajná	<i>Phaseolus vulgaris</i>	–	–	+++	–
Hrach siaty	<i>Pisum sativum</i>	+	–	+	–
Hrach poľný	<i>Pisum sativum</i> var. <i>arvense</i>	+	+	+	–
Bôb obyčajný	<i>Vicia faba</i>	+	++	+	–
Vlčí bôb	<i>Lupinus</i> spp.	–	–	–	+++
Spôsob zníženia obsahu		tepelný proces, klíčenie	odstránenie osemenia	máčanie, tepelný proces	máčanie

^a + nízky obsah, ++ stredný obsah, +++ vysoký obsah, – veľmi nízky obsah alebo bez obsahu

Technologické postupy odstránenia antinutričných zložiek môžu viesť k strate minerálnych látok a vitamínov, alebo k vzniku nestráviteľných komplexov¹². Straty nutričov závisia aj od metódy tepelného zásahu (varenie, autoklavovanie, mikrovlna)³³. Pri tepelnej úprave sa pozitívne hodnotí súčasná želatinizácia škrobu, zmäkčenie textúry strukovín a tvorba aromatických zložiek³⁴. Pri tepelnej úprave sa znižuje aktivita inhibítorov proteáz, čím sa zvyšuje dostupnosť lyzínu a sírynych aminokyselín^{35,36}. Lektíny sa v potravinárskych materiáloch detoxikujú kombináciou máčania a tepelnej úpravy, predovšetkým varenia^{29,30,32}. Účinnosť detoxikačných operácií závisí od doby máčania a tepelného zákroku, ako aj od teploty opracovania. Samotné máčanie k detoxikácii nestačí. Keďže sa lektíny vylúhujú do máčacej vody a vody k vareniu, tieto tekutiny sa neodporúča konzumovať⁹. Lektíny sóje sa inaktivujú pri pôsobení 100 °C počas 10 min, ale lektíny niektorých ďalších strukovín majú podstatne vyššiu termostabilitu¹¹. Nižšie teploty používané pre odstránenie antinutričných účinkov strukovín nemusia úplne eliminovať toxicitu lektínov³⁷. Prehnane vysoké teploty však zvyšujú rozsah Maillardových reakcií a vedú k zníženiu nutričnej hodnoty diétarných bielkovín alebo k racemizácii aminokyselín³⁸.

Máčanie, varenie a fermentácia strukových semien znižujú okrem obsahu inhibítorov proteáz a amyláz aj obsah kyseliny fytovej a fenolových zlúčenín³⁹. Obsah oligosacharidov sa varením 40 min dá znížiť približne o 25 %, klíčením úplne⁴⁰.

Žiadna metóda bez kombinácie s inými metódami nemôže odstrániť väčšinu antinutričných faktorov³⁰.

9. Záver

Prehľad antinutričných látok prítomných v strukovínach upozorňuje na nebezpečenstvo konzumácie strukovín bez inaktivácie týchto faktorov. Je dôležité si uvedomiť, že po odstránení antinutričných účinkov sú strukoviny na celom svete významnou súčasťou ľudskej stravy. Na odstránenie je nevyhnutné používať kombináciu viacerých metód inaktivácie, predovšetkým tepelnú úpravu, máčanie, fermentáciu a klíčenie. Celé generácie našich predkov intuitívne upravovali strukoviny takýmto spôsobom. Nové trendy stravovania v kombinácii s neinformovanosťou samozvaných odborníkov na stravovanie môže predstavovať vysoké zdravotné riziko pre bežných nadšencov „zdravého“ spôsobu stravovania.

LITERATÚRA

1. Lajolo F. M., Genovese M. I., Pryme I. F., Dale T. M., v knihe: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oil Seeds* (Muzquiz M., Hill G. D., Cuadrado C., Pedrosa M. M., Burbano C., ed.). EAAP publication No. 110, str. 123. Academic Publishers, Wageningen 2004.

2. Krupa U.: *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 48, 149 (2008).
3. Bora P.: *J. Acad. Ind. Res.* 3, 285 (2014).
4. Leterme P.: *Brit. J. Nutr.* 88, Suppl. 3, 239 (2002).
5. Gupta Y. P.: *Plant Foods Hum. Nutr.* 37, 201 (1987).
6. Mikić A., Perić V., Đorđević V., Srebrić M., Mihailović V.: *Biotechnology in Animal Husbandry* 25, 1181 (2009).
7. Elmadfa I.: *Diet Diversification and Health Promotion*. Karger Medical and Scientific Publishers, Vienna 2005.
8. Bender A. E.: *Health or Hoax*. Time Warner Paperbacks, New York 1988.
9. Velíšek J., Hajšlová J.: *Chemie potravin 1, 2*. OSSIS, Tábor 2009.
10. Enneking D., Wink M.: *Curr. Plant Sci. Biotechnol. Agric.* 34, 671 (2000).
11. Hajós Gy.: *Élelmiszerkémia*. Akadémiai Kiadó, Budapest 2008.
12. Ohlsson T., v knihe: *Minimal Processing Technologies in the Food Industry* (Ohlsson T., Bengtsson N., ed.), str. 4. CRC Press, Cambridge 2002.
13. http://old.agroporadenstvo.sk/rv/strukoviny/strukoviny_uvod.htm?start, stiahnuté 28. februára 2017.
14. Bańkowski E., Sobolewski K., Jodczyk K. J.: *Zentralbl. Allg. Pathol.* 136, 247 (1990).
15. Laleg K., Cassan D., Barron C., Prabhasankar P., Micard V.: *PLoS One* 2016, 1. <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0160721&type=printable>, stiahnuté 18.3.2017.
16. Modrianský M., Valentová K., Přikrylová V., Walterová D.: *Chem. Listy* 97, 540 (2003).
17. Barrientos L., Vargas J., Navarro F., Ruiz M., López Dellamary F., Rodríguez A., Pineda J., v knihe: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oil Seeds* (Muzquiz M., Hill G. D., Cuadrado C., Pedrosa M. M., Burbano C., ed.). EAAP publication No. 110, str. 39. Academic Publishers, Wageningen 2004.
18. Kovács L., v knihe: *100 Chemical Myths* (Kovács L., Csupor D., Lente G., Gunda T. ed.), kap. 3.2. Springer, Cham 2014.
19. Usui T.: *Endocr. J.* 53, 7 (2006).
20. Moravcová J.: *Interni Med.* 11, 517 (2008).
21. Süli J., Homzová K., Sobeková A., Bujdošová Z., Hrušková T.: *DMEV* 17, 162 (2014).
22. Süli J., Homzová K., Sobeková A., Bujdošová Z., Hrušková T.: *Čsl. Fyziol.* 63, 92 (2014).
23. Manach C.: *Am. J. Clin. Nutr.* 79, 727 (2004).
24. Csupor D., v knihe: *100 Chemical Myths* (Kovács L., Csupor D., Lente G., Gunda T. ed.), kap. 3.24. Springer, Cham 2014.
25. Shutt D. A., Cox R. I.: *J. Endocrinol.* 52, 299 (1972).
26. Setchell K. D., Brown N. M., Lydeking-Olsen E.: *J. Nutr.* 132, 3577 (2002).
27. Chang H. C., Doerge D. R.: *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 168, 244 (2000).

28. Patočka J., Hon Z.: *Prevence úrazů, otrav a násilí* 2, 194 (2008).
29. http://old.agroporadenstvo.sk/rv/strukoviny/strukoviny_uvod.htm?start, stiahnuté 2. marca 2017.
30. Akande K. E., Fabiyi E. F.: *Int. J. Poultr. Sci.* 9, 996 (2010).
31. Abu-Salem F. M., Mohamed R. K., Gibriel A. Y., Rasmy N. M. H.: *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* 8, 100 (2014).
32. Shimelis E. A., Rakshit S. K.: *Food Chem.* 103, 161 (2007).
33. Hefnawy T. H.: *Ann. Agric. Sci.* 56, 57 (2001).
34. Matella N. J., Dolan K. D., Stoeckle A. W., Bennink M. R., Lee Y. S., Uebersax M. A.: *J. Food Sci.* 70, 203 (2005).
35. Ryan C. A.: *Annu. Rev. Phytopathol.* 28, 425 (1990).
36. Onder M., Kahraman A.: 1st International Symposium on Sustainable Development. Proc., str. 40. Sarajevo, 9-10 June 2009. http://eprints.ibu.edu.ba/467/1/ISSD2009-SCIENCE-3_p40-p44.pdf, stiahnuté 26. marca 2017.
37. Franz H., v knihe: *Advances in Lectin Research*. (Franz H., ed.). sv. 4, kap. 2. Springer-Verlag, Berlin 1991.
38. Garcia-Carreno F. L.: *Trends Food Sci. Technol.* 7, 197 (1996).
39. Abd El-Hady E. A., Habiba R. A.: *Lebensm.-Wiss. Technol.* 36, 285 (2003).
40. Reddy N. R., Salunke D. K.: *Cereal Chem.* 57, 356 (1980).

J. Süli, A. Sobeková, and Z. Bujdošová (*University of Veterinary Medicine and Pharmacy in Košice, Department of chemistry, biochemistry and biophysics*): **Antinutritional Compounds in Legumes**

The article reports on the main antinutritional compounds in legumes which have a unique nutritive value, especially for vegetarians. Besides a high amount of proteins, saccharides, dietary fibres, minerals and vitamins, the legumes contain a wide range of negative bioactive compounds, such as allergens, protease inhibitors, lectins, non-proteinogenic amino acids, α -galactooligosaccharides, cyanogen glycosides, phytates, phenolic compounds and alkaloids. This review aims to show the adverse effect of antinutritional compounds in legumes on human health and call attention to the risk of consumption of legume seeds without an adequate inactivation of dangerous substances.