Vědecký výbor výživy zvířat

Nutriční vlastnosti sójových sacharidů ve vztahu k nepřežvýkavcům

Prof. Ing. Vojtěch Rada, CSc.

Praha, září 2007

Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Přátelství 815, Praha - Uhříněves,
PSČ: 104 01, www.vuzv.cz

Obsah

1. Souhrn.....3
2. Sója.....3
Sója jako krmivo pro hospodářská zvířata.....6
3. Charakteristika a rozdělení sójových sacharidů.....7
Nestrukturální sacharidy.....7
Strukturální sacharidy.....9
Faktory ovlivňující přítomnost a hodnotu sójových sacharidů.....9
4. Sójové sacharidy ve výživě zvířat.....10
5. Experimentální část.....13
Obsah sójových oligosacharidů v krmivech a potravinách.....13
Bifidogenní účinky sójových oligosacharidů 20
6. Závěr.....22
7. Literatura.....24

1. SOUHRN

Studie se zabývá koncentrací, složením a fyziologickými účinky sójových sacharidů. V popisné části je uvedeno rozdělení sójových sacharidů. Sójové sacharidy můžeme rozdělit do dvou základních skupin: nestrukturální a strukturální sacharidy. Celkový obsah sacharidů je asi 35% u semen a 40% u sójové moučky. Nestrukturální sacharidy jsou zastoupeny monosacharidy, oligosacharidy a zásobními polysacharidy a představují přibližně polovinu z celkových sacharidů. Jejich procentické zastoupení v sušině je 12-16% u semen a 14-18% u moučky. O významu a funkcích strukturálních sójových oligosacharidů je známo daleko méně. Obecně platí, že sójová moučka je důležitým, pro drůbež často jediným zdrojem vlákniny. Stravitelnost strukturálních polysacharidů u drůbeže je malá a pohybuje se od necelých 3 do nejvýše 7 %. Vláknina tak slouží hlavně jako podpora střevní peristaltiky, důležitá je i schopnost vázat vodu.

Experimentální část studie je zaměřena na stanovení oligosacharidů rafinosové řady v krmivech a potravinách a dále je testován stimulační účinek stachyosy na bifidobakterie izolované z trávicího traktu kuřat. Logicky největší obsah RSO (cca 50 g/kg) byl nalezen v sójové mouce, zatímco ostatní výrobky a krmné směsi obsahovaly v průměru více než 20 g/kg RSO. Obsah RSO byl přepočten na obsah stachyosy, která je hlavním oligosacharidem sóji. Bifidogenní účinky v pokusech *in vitro* byly testovány na šesti izolovaných kmenech bifidobakterií pocházejících z trávicího traktu kuřat. Pět ze šesti kmenů rostlo signifikantně lépe na stachyose než na glukose.

2. SÓJA

Sója luštinatá (*Glycine max (L) Merrill*) se řadí mezi luštěny (čeleď bobovitých-*Fabaceae* syn. motýlokvěté-*Papylonaceae* nebo vikvovité-*Viciaceae*) (Hruška 1955, Lahola 1980, Špaldon 1986).

Sója je jednoletá rostlina, podobná keříčkovému fazolu, s hrubým kulovým kořenem, který proniká do hloubky 1,5–2 m (Anonym1; Minkevič a Borkovskij 1953). Od kůlového kořene se rozvětvují dlouhé postranní kořeny. Rostliny jsou 20–150 cm vysoké, v závislosti na odrůdě a růstových podmínkách Lodyha je přímá, prohýbaná, hranatá, někdy hustě obrostlá trichomy, u některých odrůd ovíjivá (Otto 1997). Od střední lodyhy se ve spodní polovině nebo třetině odvětvují postranní lodyhy. Některé formy mají postranní větve a větve druhého řádu. Lodyha a postranní větve jsou zakončeny buď hrubým vrcholem a květním hroznem, nebo protáhlým vrcholkem s lístky (Minkevič a Borkovskij 1953).

Úhel odvětvování je u různých botanických forem různý, a tím je i tvar trsu rozdílný. Základní tvar trsu bývá stažený čili shloučený, přechodný a rozkladitý. U forem se shloučenými trsy odnožují větve od lodyhy pod úhlem 45°. Přechodný trs má odrůdy, u kterých svírají větve s lodyhou úhel 60°. K formám s rozkladitým trsem patří rostliny s větvemi svírajícími s lodyhou pravý úhel (Minkevič a Borkovskij 1953).

Celá rostlina je pokryta chlupy různě zbarvenými, nejčastěji žlutými a bílými, krátkými, plstnatými, hustými, řídkými, velmi řídkými nebo přilehlými (Minkevič a Borkovskij 1953).

Sója má listy složené ze tří vejčitých, měkkých, chlupatých lístků různého tvaru a velikosti a z palistů (Otto 1997, Minkevič a Borkovskij 1953). Listy mají dlouhé stopky a chloupky, kterými jsou pokryty, zabraňují odpařování vody (Polák a kol. 1955). Hlavní tvary listů jsou: široce kopinaté, oválné, kosočtverečné, široce vejčité a téměř okrouhlé. Na téže rostlině bývají listy různého tvaru a velikosti. U jedněch botanických forem jsou vrcholové listy největší, u jiných naopak jsou největší listy rozložené ve středu rostliny a k vrcholu se zmenšují. Čepel listová bývá hladká nebo vrásčitá, jemná nebo hrubá, světlezeleně nebo tmavozeleně zbarvená. U většiny botanických forem sóje listy při zrání opadávají (Minkevič a Borkovskij 1953).

Obr. 1: Sója luštinatá

Kvítky sóji jsou motýlovité. Jsou sestaveny v květenství – hrozny – rostoucí z paždí listů (Minkevič a Borkovskij 1953). Pavéza je krátká, křídla jsou úzká přiléhající k rovnému tupému člunku. Z 10 tyčinek je zadní oddělená (Otto 1997). U většiny botanických forem jsou

hrozny krátké, s 3–8 květy. Některé formy jsou mnohokvěté, s 15–20 kvítky, 1,5-3 cm dlouhými. Koruna je složena z okrouhlé pavézy, na vrcholku klenuté, z protáhlých křídel a z člunku naspodu srostlého. Kalich se skládá z pěti srostlých lístků. Koruna je světlefialová nebo bílá, řidčeji zbarvená malinově.

Plodem sóji je lusk, pokrytý, jako celá rostlina, chmýřím.Vyrůstá ze semeníku, mívá různou velikost, tvar i barvu (Otto 1997, Minkevič a Borkovskij 1953). Rozeznáváme lusky drobné, (3-4 cm dlouhé), střední (4-5 cm) a velké (dosahující 6-7 cm délky). Podle tvaru jsou lusky rovné, mečovité a srpovité. Zralé lusky jsou žluté, rezavé, světlehnědé. Jejich počet na jedné rostlině se mění od 10 do 400. Lusky jsou různě rozloženy. U některých forem a odrůd jsou rozloženy rovnoměrně po celé lodyze, u jiných jsou soustředěny v horní nebo spodní části lodyhy. Lusk uzavírá jedno až čtyři semena, která jsou oddělena houbovitými přehrádkami (Otto 1997). Semena jsou žlutá, zelená, hnědá, černá nebo dvoubarevná (mramorovaná). Mají hořkou chuť (Polák a kol. 1955). Jizva (pupek) semene bývá též různě zbarvena. Tmavohnědě, černě, světlehnědě nebo je bezbarvá. Podle tvaru rozeznáváme semena kulovitá nebo oválná, zaoblená nebo plochá (Minkevič a Borkovskij 1953). V podmínkách ČR se nejlépe daří sóje žlutosemenné, jejíž odrůdy jsou nejprošlechtěnější (Polák a kol. 1955).

2.1. SÓJA JAKO KRMIVO PRO HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA

Sója ve formě sójové moučky a sójového extrahovaného šrotu je používána do krmných směsí pro drůbež a prasata především jako bohatý zdroj dusíkatých látek. Sójový protein je vysoce stravitelný. Zejména profil aminokyselin je vhodný pro drůbeží brojlery a nosnice vzhledem k vysokému obsahu lysinu, tryptofanu, isoleucinu, valinu a treoninu a to společně s téměř optimálním poměrem leucinu/isoleucinu. Na druhé straně je sója deficientní na obsah sirných aminokyselin.(Larbier a Leclercq, 1994). Sójová moučka je často považována jako „zlatý standard“ vzhledem k ostatním proteinům (Cromwell, 2000). Na druhé straně sója obsahuje antinutriční faktory, které vyžadují její další zpracování za účelem snížení nežádoucích účinků. Hlavním problémem v sójové moučce je přítomnost antitrypsin faktoru. Zahřátí (80° C po dobu několika sekund) snižuje více než 90% této aktivity, avšak nadměrné tepelné ošetření vede ke snížení stravitelnosti bílkovin (Larbier a Leclercq, 1994).

Kromě bílkovin a aminokyselin však krmiva na bázi sóji obsahují až 40 % sacharidů s rozmanitými nutričními, fyziologickými a dalšími vlastnostmi. Sójové sacharidy můžeme rozdělit na nestrukturální a strukturální. První skupina zahrnuje hlavně nízkomolekulární

cukry, které slouží jako zdroj energie, nebo jsou naopak nestravitelné a jsou fermentovány střevními bakteriemi. Do druhé skupiny patří látky vysokomolekulární, jejichž význam, stravitelnost a fyziologické funkce nejsou zcela objasněny.

3. CHARAKTERISTIKA A ROZDĚLENÍ SÓJOVÝCH SACHARIDŮ

Sójové sacharidy můžeme rozdělit do dvou základních skupin: nestrukturální a strukturální sacharidy. Celkový obsah sacharidů je asi 35 % u semen a 40 % u sójové moučky. Přehled hlavních sacharidů přítomných v sójové moučce uvádí tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Sacharidy přítomné v sójové moučce (podle Honig a Rackis, 1979)

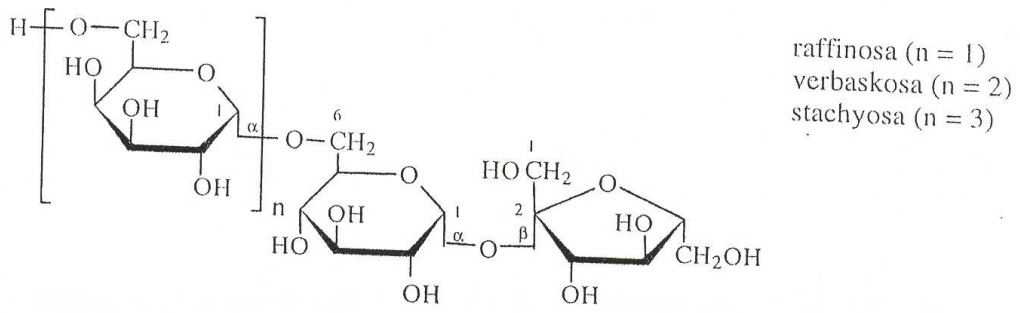
Komponent	% Sušiny
Oligosacharidy celkem	15
Sacharosa	6-8
Stachyosa	4-5
Rafinosa	1-2
Verbaskosa	Stopy
Polysacharidy celkem	15-18
Kyselé polysacharidy	8-10
Arabinogalaktany	5
Celulosa	1-2
Škrob	0,5

3.1. NESTRUKTURÁLNÍ SACHARIDY

Nestrukturální sacharidy jsou zastoupeny monosacharidy, oligosacharidy a zásobními polysacharidy a představují přibližně polovinu z celkových sacharidů. Jejich procentické zastoupení v sušině je 12-16% u semen a 14-18% u moučky (Grieshop a kol., 2003). Monosacharidy se vyskytují hlavně v děloze sójových semen. Volná galaktosa, glukosa a fruktosa zde byla nalezena v množství 0,7-4,7 mg/g sušiny. Tyto cukry bývají během

zpracování téměř kompletně odstraněny a v sójové moučce se tudíž prakticky nevyskytují. Hlavní disacharidem je sacharóza jejíž obsah kolísá od 20 do 70 mg/g moučky. V sóje se pravidelně vyskytují tzv. oligosacharidy rafinosové řady (obr. č. 2) které patří mezi galaktooligosacharidy. Formálně jsou tyto oligosacharidy odvozeny od sacharosy na kterou je α-(1→6) glykosidickými vazbami napojeno různé množství molekul galaktosy. V literatuře se označují zkratkou GOS nebo RSO („raffiose series oligosaccharides“). Celkově tvoří GOS cca 5% sušiny (Mul a Perry, 1994). Nejvíce je zastoupen tetrasacharid stachyosa (34,4-45,1mg/g) na druhém místě trisacharid rafinosa (5,6-14,4 mg/g), pentasacharid verbaskosa je nalézána ve stopovém množství (Hartwig a kol., 1997). GOS se v procesu zpracování sóji nemění a prakticky plně přecházejí do moučky. Zajímavé je zjištění, že moučky z geneticky modifikovaných rostlin obsahovaly statisticky významně méně GOS, než moučky získané z konvenčních rostlin. Podle jedné americké studie 5 vzorků z geneticky modifikované sóji obsahovalo v průměru 4,2 mg/g sušiny stachyosy a 0,8 mg/g rafinosy, zatímco 3 konvenční vzorky měly průměrně 32,3 mg/g stachyosy a 5,8 mg rafinosy. Ze zásobních polysacharidů je přítomen škrob, avšak v množství zpravidla menším než 1% sušiny. Makromolekula škrobu se skládá z lineární amylosy a z větvitě uspořádaného amylopektinu, který ve škrobu sóji převažuje (Gallant a kol., 1992).

Obr. 2: Oligosacharidy rafinosové řady



α-D-Gal*p*-(1→6)-[α-D-Gal*p*-(1→6)]$_{n-1}$ -α-D-Glc*p*-(1↔2)-β-D-Fru*f*

3.2. STRUKTURÁLNÍ SACHARIDY

Strukturální polysacharidy tvoří druhou polovinu sacharidů sóji. Patří sem vláknina tvořená celulosou, pektiny, hemicelulosami a dále mannany, galaktany a xyloglukany. Část strukturálních sacharidů je ve vodě rozpustná, část naopak nerozpustná. Vláknina tvoří cca do 15% semen. Neškrobové polysacharidy sóji jsou zpravidla jediným zdrojem vlákniny pro drůbež. Carre a kol. (1990) uvádí koncentraci více než 8% neškrobových sacharidů v sójové moučce. Jako hlavní složku ve vodě nerozpustné frakce uvádí pektinové polymery složené hlavně z uronových kyselin, galaktosy, glukosy a arabinosy.

Daleko více (až 86% sušiny) je strukturálních polysacharidů v lusku, kde se hlavně vyskytují hemicelulosy (50%) pektin (30%) a celulosa (20%). V necelulosových polysacharidech je nejvíce zastoupena mannosa a xylosa, dále pak D-galakturonová kyselina, galaktosa, arabinosa, fukosa a rhamnosa. Ve stopových množstvích jsou přítomny také 2-O-metylxylosa a 2-O-metylfukosa (Grieshop a kol., 2003).

3.3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ NUTRIČNÍ PŘÍTOMNOST A HODNOTU SÓJOVÝCH SACHARIDŮ

Tak jako obsah ostatních látek v rostlinné tkáni, je i obsah sójových sacharidů ovlivňován mnoha faktory jako je odrůda (kultivar), podmínky pěstování, včetně půdního typu, hnojení a povětrnostními a klimatickými vlivy. Jak bylo již popsáno, zdá se že geneticky modifikovaná sója má nižší obsah GOS oproti konvenčním rostlinám. Nutno však doplnit, že toto pozorování je třeba potvrdit a důkladně statisticky prokázat. Jak ukazují některé výzkumy liší se obsah sójových sacharidů u určitých odrůd v závislosti na vlhkosti a teplotních podmínkách a jsou tedy rozdíly mezi sklizněmi z různých let (Mieth a kol., 1988).

Důležitým faktorem ovlivňujícím složení sójových sacharidů je proces zpracování sóji. Semena sóji se zpracovávají drcením a mletím, extruzí a tepelným ošetřením (Wuersch a kol., 1986). Při mletí, dalším mechanickém opracování a tepelném ošetření dochází k částečné depolymerizaci makromolekul a to hlavně u škrobu. Tepelné ošetření zlepšuje stravitelnost sóji pro prasata a to nejenom tím, že dochází k eliminaci inhibitoru trypsinu. Mletím dochází k porušení přirozených bariér v rostlinné tkáni, což rovněž podporuje hydrolysu polysacharidů.

Relativně novým přístupem je přídavek exogenních enzymů (Ouhida a kol., 2002). Obecně však platí, že sacharidy, hlavně polysacharidy sóji jsou daleko více komplexní a rozmanité v porovnání např. s polysacharidy cereálií, a proto je obtížné cíleně vybrat enzym štěpící podstatnou část nestravitelných sacharidů. Tak např. v pokusech s pektinasami, xylanasami a celulasami došlo k uvolnění pouze asi 7% monosacharidů. V pokusech na prasatech byla omezeně účinná pouze xylanasa, zatímco přídavek α-glaktosidasy a proteas nebyl efektivní. Dostatečnou α-galaktosidasovou aktivitu má totiž přirozená střevní mikroflóra. Kromě specifických enzymů se zdá být efektivnější přídavek enzymů, které zvyšují podíl ve vodě rozpustných sacharidů. Střevní mikroflóra potom ve vodě rozpuštěné sacharidy daleko snadněji fermentuje.

4. SÓJOVÉ SACHARIDY VE VÝŽIVĚ ZVÍŘAT

Celková stravitelnost sójových sacharidů byla testována na různých zvířecích modelech s různými výsledky. U krys byla zjištěna 38-40% využitelnost, zatímco u kuřat jen cca 15%. Stravitelnost monosacharidů u drůbeže je prakticky 100%. Podobně u sójového škrobu byla zjištěna stravitelnost 98,9%. Tyto sacharidy tedy představují snadno dostupnou energii pro zvířata (Smiricky a kol., 2002). Nutno ovšem podotknout, že tvoří zanedbatelný podíl v celkovém obsahu sójových sacharidů. Naproti tomu sójové oligosacharidy jsou nestravitelné endogenními enzymy jak prasat, tak drůbeže. Hlavně chybí enzym α-galaktosidasa, který odštěpuje galaktosy z molekul GOS. Jak uvádějí pokusy popsané v literatuře tyto cukry projdou prakticky nezměněny žaludkem a horní částí tenkého střeva prasat. Avšak tyto cukry jsou fermentovány střevní mikroflórou v dolních částech tenkého střeva a hlavně potom v tlustém a slepém střevě. Střevní bakterie fermentují GOS na těkavé mastné kyseliny, z nichž kyselina octová je vstřebána do krve a dále metabolizována, zatímco kyselina máselná slouží jako výživa pro enterocyty. Některé práce tak uvádějí až 77% stravitelnost GOS u prasat. Nejsnáze využitelná se jeví stachyosa (76-88%), méně rafinosa (31-65%) a nejméně potom verbaskosa (32-55%). V pokusech na prasatech kde současně s GOS byla do krmiva přidávána α-galaktosidasa, nebyla zjištěna lepší stravitelnost oproti kontrole bez enzymu (Smiricky a kol., 2002). To ukazuje, že kapacita bakteriální α-galaktosidasy je dostatečná pro využití GOS. U drůbeže je aktivita α-galaktosidasy lokalizována hlavně v párových slepých střevech. V pokusech na kohoutech byla totiž zjištěna 74-79% stravitelnost GOS u konvenčních zvířat, zatímco kontrolní kohoutci s odstraněnými

slepými střevy vykazovaly statisticky významně (25-48%) nižší stravitelnost GOS (Parsons a kol., 2000). Celkově však platí, že vyšší obsah GOS v sójové moučce má za následek nižší dosažené hodnoty metabolizovatelné energie u drůbeže. Negativní je i vliv na stravitelnost dusíku a klesá i ileální sušina. Tyto vlivy se však projevily až při vysokých dávkách GOS (až 5%) v krmivu. Podobně u prasat vyšší dávky GOS snižovaly denní přírůstky. GOS obsažené ve standardních krmných směsích na bázi kukuřice-sójový šrot dosahují však řádově menších koncentrací, a proto nemají velký vliv na využitelnost živin.

Velké dávky GOS se projevují i dalšími vlivy na střevní ekosystém. Častá je zvýšená frekvence průjmů, u prasat působí takto už i dávka GOS 1-2%. Jako vedlejší produkt bakteriální fermentace ve střevech totiž vznikají plyny tj. oxid uhličitý a vodík, které mají za následek plynatost, flatulenci a bolesti břicha (Krause a kol., 1994). Tyto efekty se zdají být častější u prasat než u drůbeže. Ostatně GOS vzhledem ke vzniku flatulence byly a částečně i dnes jsou považovány za antinutriční látky v lidské výživě. Tento názor se v poslední době poněkud změnil, protože se ukázalo, že nestravitelné oligosacharidy mezi něž GOS patří mohou mít tzv. prebiotické účinky. Prebiotika jsou definována jako nestravitelné látky, které projdou nezměněny až do kaudálních částí trávicího traktu kde slouží jako potrava pro rozvoj prospěšných střevních bakterií. Je uváděno, že GOS podporují hlavně růst bifidobakterií, popř. laktobacilů. V tomto směru jsou popsány pozitivní vlivy GOS na střevní mikroflóru hrabavé drůbeže. U prasat nejsou tyto efekty tak jednoznačné. Důvodem může být fakt, že u kuřat a nosnic jsou bifidobakterie pravidelně a ve vysokých počtech přítomny ve slepých střevech. U prasat na druhé straně je výskyt bifidobakterií daleko menší (Rada a Petr, 2002). Tato skutečnost by vysvětlovala i větší negativní efekty GOS na prasata (flatulence, průjmy), protože bifidobakterie fermentují GOS výhradně na kyselinu octovou a mléčnou bez tvorby plynů.

O významu a funkcích strukturálních sójových oligosacharidů je známo daleko méně. Obecně platí, že sójová moučka je důležitým, pro drůbež často jediným zdrojem vlákniny. Stravitelnost strukturálních polysacharidů u drůbeže je malá a pohybuje se od necelých 3 do nejvýše 7 %. Vláknina tak slouží hlavně jako podpora střevní peristaltiky, důležitá je i schopnost vázat vodu. U prasat byl zjištěn negativní vliv sójové vlákniny na stravitelnost některých aminokyselin (arginin, lysin, histidin a fenylalanin). Každé 1 % sójové vlákniny snižovalo o 0,2 % využitelnost těchto aminokyselin. Velké dávky lusků (15 %) jako zdroje vlákniny snížily i celkovou stravitelnost bílkovin u prasat.

Z ostatních nepřežvýkavých zvířat je v literatuře zmínka o zkrmování sójových lusků jako alternativního zdroje vlákniny pro králičí brojlery (Nicodemus a kol, 2007). Coverdale a

kol. (2004) testovali použití sójových lusků jako náhrady vlákniny v krmné dávce pro koně. Krmivo na bázi vojtěšky bylo nahrazováno 0, 25, 50 a 75 % nepeletovaných sójových lusků. Se vzrůstající koncentrací lusků stoupal podíl kyseliny propionové na úkor kyseliny octové a máselné. Celkový obsah těkavých mastných kyselin stoupl a pH pokleslo z 7,00 na 6,45. Autoři uzavírají, že sójové lusky stimulovaly fermentaci ve slepém střevě a jsou vhodnou náhradou sena v krmné dávce pro koně.

5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1. OBSAH SÓJOVÝCH SACHARIDŮ V KRMIVECH A POTRAVINÁCH

Byly testovány následující krmiva : BR1,2 a 3 (výrobce Primagra, Agropol Group, Milín ČR). Dále byly testovány následující produkty: Sójová mouka hladká a hrubá (Paleta s.r.o., Lipnice ČR), Soja Creamer (Mogador s.r.o., Otrokovice, ČR), Sójový granulát (Natural Food, Praha, ČR), Sójový suk (Unimex s.r.o., Praha, ČR), Sójové řezy (Altis s.r.o., Kolín, ČR).

Obsah sójových sacharidů rafinosové řady (RSO) byl testován pomocí enzymové metody. Byl použit komerční kit firmy Megazyme (Irsko) – „Raffinose-series oligosaccharides assay procedure for the measurement of raffinose-series oligosaccharides, sucrose and glucose. Princip metody spočívá v tom, že RSO jsou nejprve extrahovány pomocí etanolu a následně hydrolyzovány na galaktosu, glukosu a fruktosu pomocí α-galactosidasy a invertasy. Glukosa je pak následně stanovena pomocí glukoso oxidasa/peroxidasa činidla. Metoda tudíž nerozlišuje rafinosu, verbaskosu a stachyosu, ale stanovuje všechny tyto oligosacharidy jako skupinu. Protože každá molekula RSO obsahuje vždy jednu molekulu glukosy, lze vyjádřit koncentraci RSO v molech. Pokud je znám hlavní oligosacharid testovaného materiálu, lze množství vyjádřit (i když přibližně) v g/100 g mouky popř. v g/kg krmiva. V případě sóji je hlavní složkou RSO (cca více než 80 %) stachyosa, která je následována rafinosou a verbaskosou, popř. se vyskytují stopy ajugosy. Výsledky byly proto přepočteny na g/kg stachyosy.

Obrázek 2: testovaní krmné směsi – BR1,2 a 3

Obrázek 3: Testované sójové mouky

Obrázek 4: testovaná sójová smetana

Obrázek 5: Testovaný sójový granulát

Obrázek 6: Testované sójové řezy a suky

Výsledky obsahu RSO ve vybraných krmivech a potravinách je uveden v tabulce č. 2. Logicky největší obsah RSO (cca 50 g/kg) byl nalezen v sójové mouce, zatímco ostatní výrobky a krmné směsi obsahovaly v průměru více než 20 g/kg RSO. Obsah RSO byl přepočten na obsah stachyosy, která je hlavním oligosacharidem sóji (viz. tab.č.1) a je známá svým bifidogenním účinkem (viz. Tab. č. 3).

Tabulka číslo 4 uvádí doporučené dávky oligosacharidů do krmných směsí pro hospodářská zvířata. Běžné dávky těchto látek jsou zpravidla nižší než 1 %, a proto lze konstatovat, že krmné směsi pro drůbež svým obsahem RSO (> 2%) obsahují přirozeně již dostatečné množství prebiotik

Tabulka 2 .Obsah oligosacharidů rafinózové řady v krmných směsích a potravinách

Krmivo/výrobek	mM/100 g	g/kg*
BR1	3,18±0,34	21,17±2,28
BR2	3,16±0,60	21,06±3,98
BR3	3,33±0,25	22,16±1,66
Sójová mouka hladká	6,80±1,22	45,33±8,15
Sójová mouka hrubá	8,38±2,20	55,88±14,71
Sójový granulát	5,03±1,03	33,56±6,89
Sójová smetana sušená	2,73±0,49	18,19±3,32
Sójový řez	3,25±0,32	21,62±1,49
Sójový suk	4,17±0,80	27,82±5,38

*Přepočteno na stachyosu; Všechny hodnoty jsou průměry ze tří měření ± směrodatná odchylka

Tabulka 3. Specifická růstová rychlost bifidobakterií kultivovaných na různých sacharidech (Rada a kol., 2002).

Strain	Glukosa	Laktosa	Melecitosa	Sacharosa	Rafinosa	Stachyosa
B. animalis A	0.34 ± 0.04ab	0.58 ± 0.14ab	NG	0.78 ± 0.06b	0.78 ± 0.29b	0.85 ± 0.06b
B. animalis B	0.46 ± 0.16a	0.68 ± 0.08ab	NG	0.71 ± 0.06ab	0.85 ± 0.04b	0.78 ± 0.29ab
B. pseudolongum C	NG	0.52 ± 0.09	NG	0.66 ± 0.07	0.69 ± 0.13	0.73 ± 0.03
B. breve ATCC 15 707	0.48 ± 0.04a	0.76 ± 0.19ab	NG	0.55 ± 0.02ab	0.71 ± 0.13ab	0.83 ± 0.13b
B. longum ATCC 15 707	0.59 ± 0.06ab	0.39 ± 0.09a	0.80 ± 0.11b	0.63 ± 0.06ab	0.61 ± 0.05ab	0.73 ± 0.24b
B. longum 3	0.72 ± 0.17	0.80 ± 0.02	0.83 ± 0.10	0.61 ± 0.03	0.80 ± 0.05	0.87 ± 0.02

[a,b] Průměry (n = 3) v řádcích s různými indexy se statisticky významně liší ($P < 0.05$)
NG žádný růst

Tabulka 4: Doporučené koncentrace prebiotických oligosacharidů v krmných směsích pro hospodářská zvířata

Prebiotikum	Dávka	Zvíře	Zdroj
MOS	0,05 – 0,1 %	Krůty	Sims a kol. 2004
MOS	4g/den	Telata	Heinrichs a kol. 2003
AGRIMOS® (MOS)	0,05 – 0,2 %	Selata, telata , drůbež	Lallemand (Francie)
Y-MOS	0,6-2,2 %	Selata	Nutrex (Belgie)
COS	0,002 – 0,02 %	Kuřata, selata	TCM (Dánsko
TOS	0,8 %	Drůbež	Biggs a Parson, 2007
Oligofruktosa	0,8 %	Drůbež	Biggs a Parson, 2007
Inulin	0,4 – 0,8 %	Drůbež	Biggs a Parson, 2007

MOS – Mananooligosacharidy; COS – chitosanoligosacharidy; TOS – transgalaktosylované oligosacharidy.

5.2 BIFIDOGENNÍ ÚČINKY SÓJOVÝCH SACHARIDŮ V POKUSECH *IN VITRO*

Bifidogenní účinky v pokusech *in vitro* byly testovány na šesti izolovaných kmenech bifidobakterií pocházejících z trávicího traktu kuřat. Kmeny byly izolovány a identifikovány podle Vlková a kol. (2005) a testovány na schopnost růst v přítomnost glukosy a stachyosy. Po 24 h kultivaci byla změřena optická densita (růstový výtěžek) při 620 nm (OD620). Každý kmen byl testován ve třech opakováních.

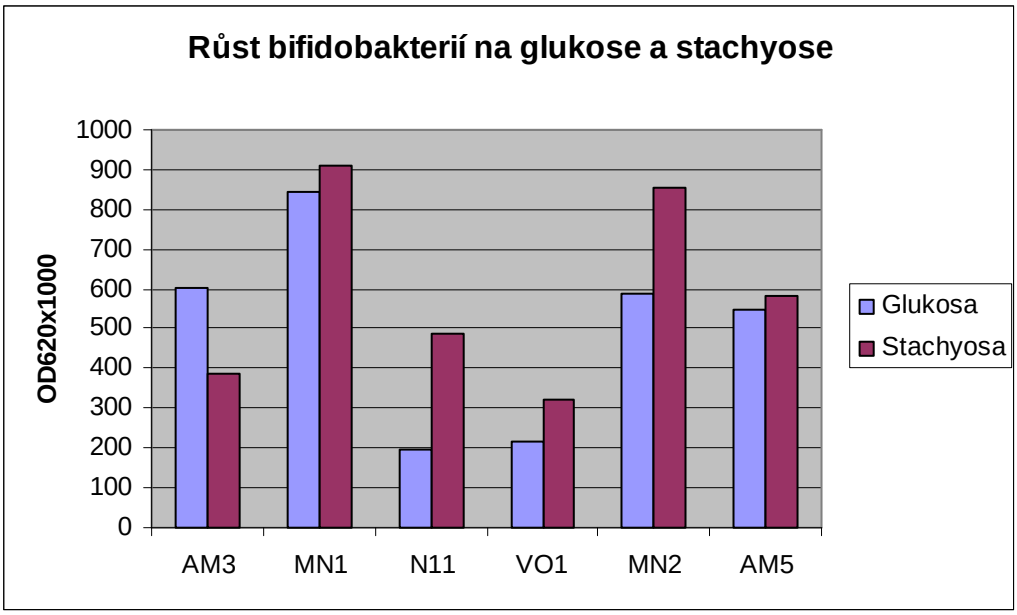
Dále byla testována specifická růstová rychlost šesti kmenů bifidobakterií na glukose a stachyose. Sacharidy byly přidány do kultivačního média na bázi Wilkins-Chalgren bujónu jako jediný zdroj uhlíku. Kultury byly následně inkubovány ve vodní lázni při 41°C. V hodinových intervalech byl stanoven OD620. Z výsledků byly následně sestrojeny růstové křivky a specifická růstová rychlost byla spočtena podle vzorce:

$$\mu = (\ln X - \ln X_0)/(t - t_0)$$

kde lnX a lnX_0 jsou OD620 naměřené uprostřed exponenciální fáze růstové křivky v časech t a t_0.

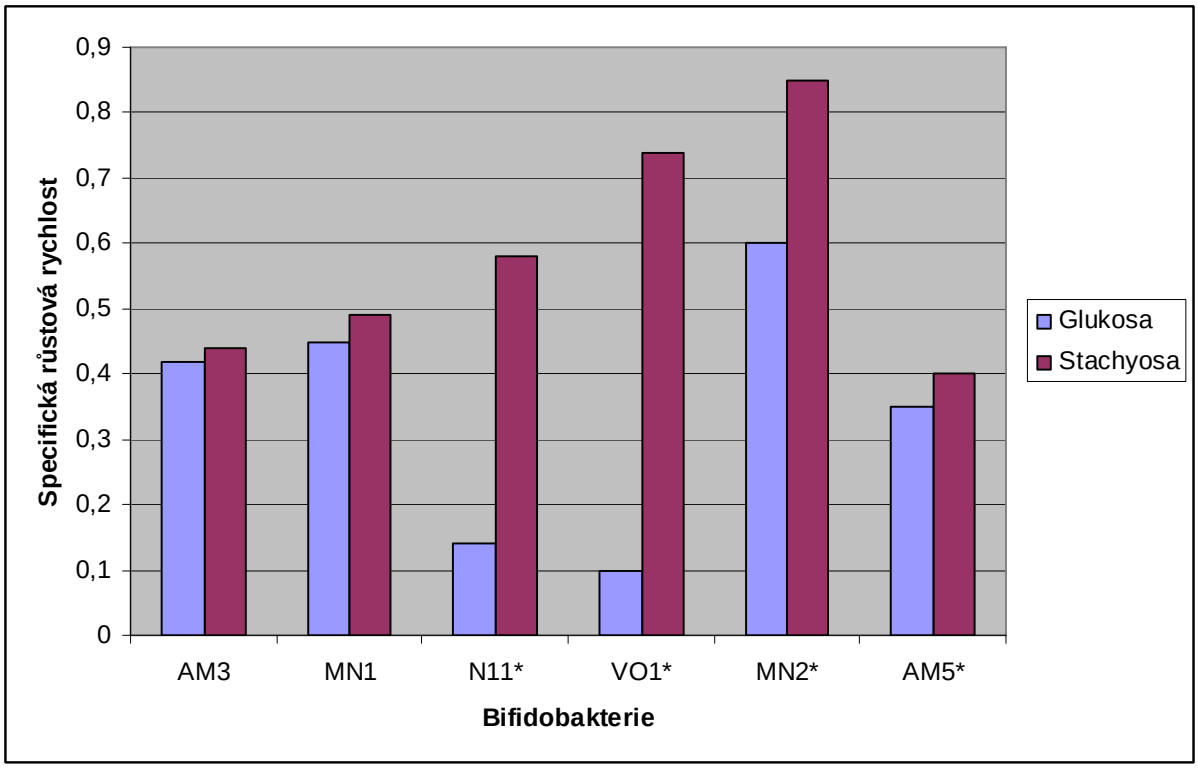
Výsledky OD620 jsou uvedeny v grafu č. 1. Pět ze šesti kmenů rostlo signifikantně lépe na stachyose než na glukose.

Graf. č. 1:



Výsledky specifické růstové rychlosti bifidobakterií na glucose a stachyose jsou uvedeny v grafu č. 2. U čtyřech z šesti kmenů byl zjištěn statisticky významně ($P < 0,05$) rychlejší růst na stachyose v porovnání s růstem na glukose.

Graf č. 2: Specifická růstová rychlost bifidobakterií na stachyose a glukose



* Statisticky významné rozdíly (P < 0,05)

6. ZÁVĚR

Sója je jedním z hlavních komponentů krmných směsí pro drůbež a prasata. Sójové sacharidy sice tvoří cca 35% sušiny, ale jejich význam, nutriční a fyziologické funkce nejsou zcela uspokojivě objasněny. Je třeba detailnějšího studia složení, charakterizace a kvantifikace těchto látek v produktech ze sóji používaných ve výživě nepřežvýkavých zvířat. Budoucí výzkumy by se měly zaměřit na prebiotické vlastnosti GOS a na druhé straně potom na možností zlepšení stravitelnosti sójových strukturálních sacharidů. Prebiotické funkce je třeba řešit s ohledem na kategorii zvířat. Lepší výsledky, jak se zdá, lze očekávat u hrabavé drůbeže než u prasat. Jako perspektivní metoda zlepšení stravitelnosti sójových sacharidů může být přídavek enzymů do krmných směsí. Aplikace exogenních enzymů může vést ke zlepšení stravitelnosti sójových sacharidů buď přímo zvířetem, nebo střevní mikroflórou,

která následně produkuje metabolity využitelné makroorganismem. Výsledkem bude zlepšení efektivnosti krmení, zlepšení růstu a vývoje hospodářských zvířat a redukce nákladů na krmiva

7. LITERATURA

Anonym1: http://www.vitall.cz/soja.htm#soja

Biggs P, Parson CM (2007): The effect of several oligosaccharides on true amino acid digestibility and metabolizable energy in cecetomized and conventional roosters.

Carre B, Delrouet L, Leclercq B (1990): The digestibility of cellwall polysaccharides from wheat (bran or whole grain), soybean meal, and white lupin meal in cockrels, muscovy ducks, and rats. Poult. Sci. 69, 623-633.

Coverdale JA, Moore JA, Tyler HD, Miller-Auwerda PA (2004): Soybean hulls as an alternative feed for horses. J. Anim Sci. 82, 1663-1668.

Cromwell GL (200): Utilization of soy products in swine diets. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL, 258-282.

Gallant B, Bouchet A Buleon A, Perez S (1992): Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. Eur. J. Clin. Nutr. (Suppl. 2), S3-S16.

Grieshop CM, Kadzere CT, Claper GM, Frazier RL, Fahey GC (2003): Chemical and nutritional characteristics of United States soybeans and soybean meals. J. Agric. Food Chem. 51, 7684-7691.

Hartwig EE, Kuo TM, Kenty MM (1997): Seed protein and its relationship to soluble sugars in soybean. Crop Sci. 37, 770-773.

Heinrichs AJ, Jones CM, Heinrichs BS (2003): Effects of mannan oligosaccharide or antibiotics in neonatal diets on health and growth of dairy calves. J. Dairy Sci. 86, 4064-4069.

Honig DH, Rackis JJ, (1979): Determination of the total pepsin pancreatin idigestible content (dietary fiber) of soybean products, wheat bran, and corn bran. J. Agric. Food Chem. 27, 1262-1266.

Hruška J.: *Luskoviny.* Praha: SZN, 1955

Krause DO, Easter RA, Mackie RI (1994): Fermentation of stachyose and raffinose by hindgut bacteria of weanling pig. Lett. Appl. Microbiol. 18, 349-352.

Lahola J.: *Luskoviny - pěstování a využití*. Praha: SZN, 1980. ISBN 80-209-0127-2

Larbier M, Leclercq B (1994): Nutrition and feeding of poultry. Nottingham University press, Loughborough, Leicestershire. 305 s.

Mieth G, Krause GW, Erhardt V, Marzilger K (1988): Zum Einfluss genetisher Mermale und umweltspezifisher Faktoren auf die Zusammensetzung von Sojabohnen. Die Nahrung 32, 911-921.

Minkevič, I. A., Borkovskij V. J.: *Olejniny*. (Překlad z ruského originálu Masličnyje kultury, Selchozgiz Moskva 1952).Vydání první. Praha: SZN, 1953. 394 s.

Mul AJ, Perry FG (1994): The role of fructooligosaccharides in animal nutrition. In: Garnsworty PC, Cole DJA (Eds.) Recent Advances in Animal Nutrition. Nottigham University Press, Nottingham, 57-59.

Nicodemus N, García J, Carabano R, De Blas JC (2007): Effect of substitution of a soybean hull and grape seed meal mixture for traditional fiber sources on digestion and performance of growing rabbits and lactating does. J. Anim. Sci. 85, 181-187.

Otto J. (1888-1908): *Ottova encyklopedie obecných vědomostí*. [CD], Aion CS, 1997.

Ouhida I, Perez JF, Gasa J, Puchal F (2000): Enzymes andúor sepiolite supplementation improve the nutritive value of barley-wheat based diets for broiler chickens. Br. Poult. Sci. 41, 617-624.

Parsons CM, Yang Y, Araba M (2000): Nutritional evaluation of soybean meals vyrying in oligosaccharide content. Poult. Sci. 79, 1127-1131.

Polák J. a kol.: *Strukoviny*. Vydání první. Bratislava: SVPL, 1955. 216 s.

Rada V., Petr J. (2002): Enumeration of bifidobacteria in animal intestinal samples. Vet. Med. Czech. 47, 1-4.

Rada V., Bartoňová J., Vlková E. (2002): Specific growth rate of bifidobacteria cultured on different sugars. Folia Microbiol. **47,** 477-480.

Sims MD, Dawson KA, Newman KE, Spring P, Hoogell DM (2004): Effect of dietary mannan oligosaccharide, bacitracin methylene disalicylate, or both on the live performance and intestinal microbiology of turkeys. Poult. Sci. 83, 1148-1154.

Smiricky MR, Grieshop CM, Albin DM, Wubben JE, Gabert VM, Fahey GC (2002): The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. J. Anim. Sci. 80, 2433-2441.

Špaldon P.: *Rostlinná výroba*. Praha: SZN, 1986, s.337-343.

Wuersch P, Del Vedevo S, Koellreuter B (1986): Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legumes. Am. J. Clin. Nutr. 43, 25-29.