

**HODNOCENÍ KRMIV NA BÁZI ŘEPKY
A JEJICH ZAŘAZENÍ DO KRMNÝCH DÁVEK
PRO DOJNICE**
**(Evaluation of feeds on the base of
rapeseed and their inclusion in feed
rations for dairy cows)**

Autoři

Dr. Ing. Jiří Třináctý
RNDr. Jan Nedělník, Ph.D.
Ing. Michal Richter

Oponenti

Ing. Jan Vodička
(Ministerstvo zemědělství)

prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc.
(MENDELU Brno)

Troubsko
2016

ISBN 978-80-88000-14-3

Obsah

1. Cíl metodiky	5
2. Vlastní popis metodiky	6
2.1 Seznam zkratk, převody jednotek	6
2.2 Úvod	8
2.2.1 Náhrada živočišných proteinových zdrojů ve výživě přežvýkavců	8
2.2.2 Historie, význam řepky, antinutriční látky	10
2.2.3 Současný stav a budoucnost pěstování a využití řepky	13
2.2.4 Produkty z řepky	14
2.3 Požadavky na vlastnosti a tepelná úprava proteinových krmiv pro přežvýkavce	14
2.3.1 Metabolizmus dusíkatých látek u přežvýkavců	14
2.3.2 Důsledky tepelné úpravy proteinových krmiv	18
2.4 Systémy hodnocení proteinu krmiv pro přežvýkavce	23
2.4.1 Degradovatelnost dusíkatých látek, metoda in situ	23
2.4.2 Cornellský systém (The Cornell Net Carbohydrate and Protein System, CNCPS)	26
2.5 Krmiva na bázi řepky v krmných dávkách dojnic	31
2.5.1 Porovnání nutriční hodnoty krmiv na bázi řepky se sójou dle databáze daného systému hodnocení krmiv	31
2.5.2 Užití Cornellského systému pro hodnocení účinnosti tepelné úpravy krmiv na bázi řepky	41
2.5.3 Porovnání odezvy užitkovosti na přidavek krmiv na bázi řepky do krmných dávek dojnic	42
2.5.4 Příklady krmných dávek na bázi řepky pro dojnice	45
2.6 Praktická doporučení pro zařazování krmiv na bázi řepky do krmných dávek pro dojnice	50
2.6.1 Řepka jako zdroj proteinu a aminokyselin	50
2.6.2 Řepka jako zdroj energie	52
3. Srovnání novosti postupů	53
4. Popis uplatnění certifikované metodiky	54
5. Ekonomické aspekty	55
6. Seznam použité a související literatury	57
7. Seznam publikací, které předcházely metodice	61
8. Dedikace	63



1. CÍL METODIKY

Cílem této metodiky pro praxi je aktualizace hodnocení krmiv na bázi řepky olejné (dále jen řepky) a jejich zařazení do krmných dávek pro dojnice v podmínkách ČR.



2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1 Seznam zkratk, převody jednotek

A – rozpustná rychle degradovatelná frakce proteinu krmiva získaná metodou *in situ*

ADF – (**acid detergent fibre**) – acido detergentní vláknina

ADICP – (**acid detergent insoluble protein**) – acido detergentně nerozpustný protein ($N \times 6,25$)

ADIN – (**acid detergent insoluble nitrogen**) – acido detergentně nerozpustný dusík

ADL – (**acid detergent lignin**) – acido detergentní lignin

B – potencionálně degradovatelná frakce proteinu krmiva získaná metodou *in situ*

C – nedegradovatelná frakce proteinu krmiva získaná metodou *in situ*

CP – (**crude protein**) – dusíkaté látky ($NL = N \times 6,25$)

GMO – geneticky modifikovaný organismus

Kd – (**rate of degradation of the B fraction**) – rychlost degradace frakce B

Kp – (**rate of passage from rumen**) – výtoková rychlost z bachoru

ME – (**metabolizable energy**) – metabolizovatelná energie

ME3x – metabolizovatelná energie při úrovni výživy 3x záchova

NDF – (**neutral detergent fibre**) – neutrálně detergentní vláknina

NDICP – (**neutral detergent insoluble crude protein**) – protein nerozpustný v neutrálním detergentu navázaný na neutrálně detergentní vlákninu (neutrálně detergentně nerozpustný $N \times 6,25$)

NDIN – (**neutral detergent insoluble crude nitrogen**) – dusík nerozpustný v neutrálním detergentu navázaný na neutrálně detergentní vlákninu (neutrálně detergentně nerozpustný N)

NEL3x – (**netto energy for lactation at production level 3x intake**) – netto energie laktace při úrovni výživy 3x záchova

NL – dusíkaté látky



NPN – (**nonprotein nitrogen**) – neproteinový (nebílkovinný) dusík

RUP – (**ruminally undegraded feed crude protein**) – hrubý protein krmiva nedegradovaný v bachoru

ŘEŠ – řepkový extrahovaný šrot

SEŠ – sójový extrahovaný šrot

SP – (**soluble protein**) – rozpustný protein

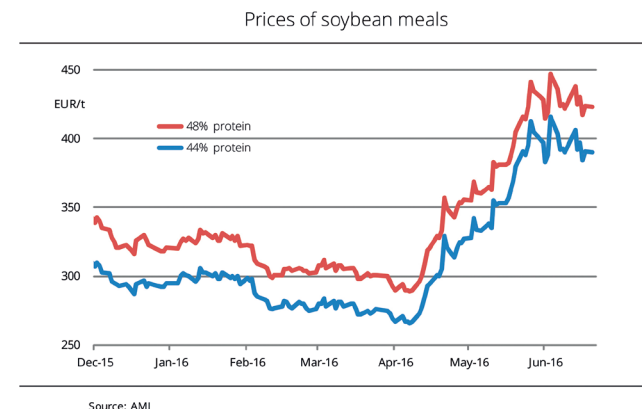
2.2 Úvod

2.2.1 Náhrada živočišných proteinových zdrojů ve výživě přežvýkavců

V důsledku rozšíření nemoci BSE (bovinní spongiformní encefalopatie) u skotu bylo v Evropské unii (Commission Dec. 2001/25/EC) a také v České republice (vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 451/2000 Sb. a č. 343/2001 Sb.) zakázáno krmení přežvýkavců živočišnými proteiny a rybí moučkou. Tato omezení vyřadila z krmných dávek osvědčené bílkovinné zdroje živočišného původu, jako byla např. masokostní moučka. Předností bílkovinných zdrojů živočišného původu byla jejich nižší degradovatelnost, zaručující vysoký podíl bypass proteinu a současně příznivější aminokyselinové složení, jak je zřejmé z pořadí proteinových zdrojů podle mléčného aminokyselinového skóre (rybí moučka, Obr. 5, kap. 2.3.1.2). Z toho důvodu bylo nutné obrátit pozornost na bílkovinné zdroje rostlinného původu, z nichž hlavní úlohu převzala sója, která se kvalitou proteinu blíží živočišným zdrojům.

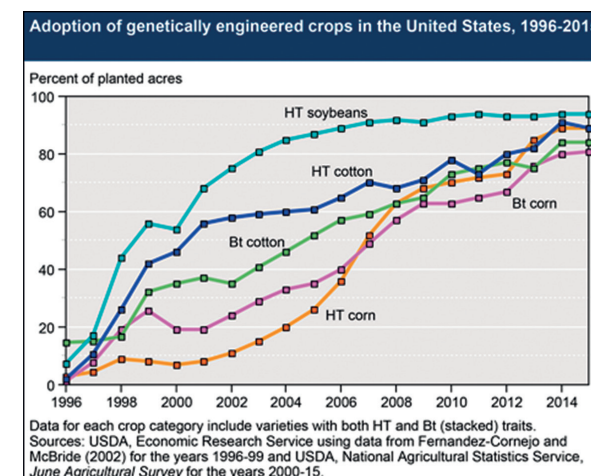
Problémem rostlinných zdrojů proteinu je však častý výskyt rostlinných metabolitů, které rostliny produkují obvykle na svou ochranu, ale které mají často antinutriční až toxické účinky v oblasti výživy zvířat. V případě sóji se jedná o přítomnost inhibitorů proteáz, především inhibitoru trypsinu. Inhibitory proteáz snižují stravitelnost a tím i využitelnost proteinu v tenkém střevě zvířat. Jejich vliv lze jednoduše eliminovat termickou úpravou sóji. Právě vzhledem k relativně nízkým a jednoduše odstranitelným antinutričním faktorům, převzala sója roli hlavního rostlinného proteinového zdroje ve výživě monogastrických zvířat a přežvýkavců, tedy i dojníc. Její hlavní nevýhodou je však skutečnost, že se jedná o dovozovou surovinu, jejíž tuzemská cena se odvíjí od kolísání cen na světových komoditních burzách (Obr. 1). Významnou roli zde hraje i odpor veřejnosti k tzv. geneticky modifikovaným organismům – GMO. V této souvislosti je nutné uvést, že evropský parlament schválil dne 13. 1. 2015 směrnici č. 412/2015, která umožňuje členským státům EU omezit nebo zcela zakázat pěstování GM plodin na jejich území. Dle International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (2015), více než 80 % celosvětově vyprodukované sóji se řadí ke GMO, přičemž jenom v USA tento podíl v roce 2015 činil 90 % (Obr. 2).

Obr. 1. Vývoj týdenních cen sójového extrahovaného šrotu v roce 2016 (Prices of soybean meals – Ceny sójové moučky)



Zdroj: <http://www.ufop.de/english/news/chart-of-the-week/>

Obr. 2. Výše podílu výměru geneticky modifikovaných plodin pěstovaných v USA (Adoption of genetically engineered crops in the United States) Percent of planted acres – procento výměry akrů; HT – tolerance k herbicidům; Bt – odolnost k hmyzím škůdcům



Zdroj: <http://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx>

2.2.2 Historie, význam řepky, antinutriční látky

V Čechách se pěstování řepky rozšířilo v letech 1820 – 1839. V první fázi jejího pěstování se řepkový olej využíval především v průmyslu, a to na svícení a mazání. Koncem 19. století byl řepkový olej postupně vytlačen petrolejem, plynem a dalšími ropnými produkty. Pro potravinářské účely se převážně využívaly suroviny dovážené z kolonií a také růst pěstování cukrové řepy zatlačoval řepku do pozadí. Po vzniku Československé republiky pěstování řepky dále upadalo až prakticky zaniklo. V roce 1930 se řepka na území ČSR pěstovala na 1073 ha (Baranyk, 2013). Obnova pěstování řepky a počátek výraznějšího využívání řepkového oleje pro potravinářské účely nastalo až během druhé světové války, kdy se dovozy olejnin z kolonií staly nespolehlivými.

Pro potravinářské účely se řepkový olej začal šířeji používat po 2. světové válce především v podobě ztužených tuků a margarínů, později i jako stolní olej. Tento původní řepkový olej byl však silně kritizován ze strany zdravotníků pro vysoký obsah (45 až 51 %) kyseliny erukové, která zvyšuje výskyt některých srdečních chorob a akumulaci lipidů v srdci. V letech 1975 až 1985 byl proto šlechtitelský program řepky zaměřen právě na snížení obsahu zmíněné mastné kyseliny s výsledkem v podobě nových odrůd tzv. jednonulové odrůdy.

Obsah glukosinolátů

V uvedené době se však řepka nevyužívala pro krmné účely vzhledem k vysokému obsahu glukosinolátů (90–110 $\mu\text{mol/g}$ semene), pokrutiny se obvykle využívaly jako hnojivo. Nadměrný příjem glukosinolátů vede ke zvýšení činnosti štítné žlázy, poškozuje játra (hepatotoxicita), ledviny a nadledviny (nephrotoxicita), může způsobit i pokles plodnosti. Od r. 1986 byly proto do praxe postupně zaváděny nové, tzv. dvounulové odrůdy, se sníženým obsahem glukosinolátů a od té doby je řepka postupně využívána i pro krmné účely. Pokles obsahu glukosinolátů od r. 1974 v Kanadě je znázorněn na Obr. 3 a šlechtitelský pokrok u řepky dle Baranyka (2013) je v Tab. 1.

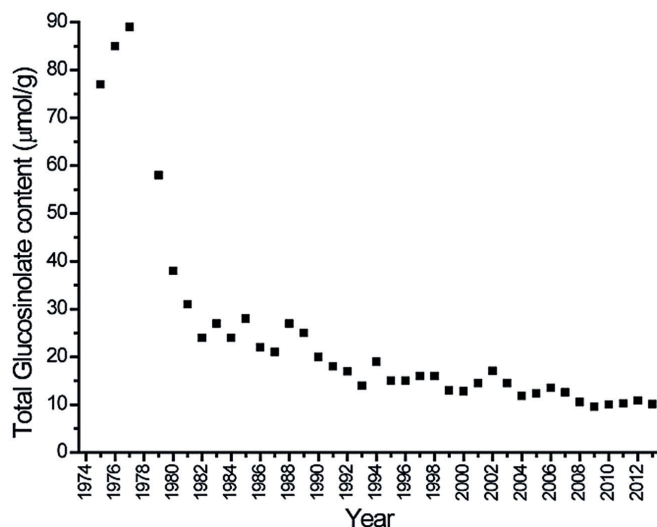
Řepka se tak postupně zbavovala svého historicky špatného renomé. Dvounulové odrůdy mají v současné době významně snížený obsah antinutričních látek (glukosinoláty do 20 $\mu\text{mol/g}$ a kyselina eruková pod 2 %). Přesto je nutno k tomuto faktoru přihlížet u řepkových extrahovaných šrotů (ŘEŠ), kde dochází při výrobním procesu k určitému zvyšování koncentrace glukosinolátů. Povolený obsah glukosinolátů v extrahovaném šrotu řepky (00) je dle uzemí pěstování:

Kanada a USA – max. 30 $\mu\text{mol/g}$

Evropa (od r. 1991) – max. 20 $\mu\text{mol/g}$

Snížování obsahu glukosinolátů v řepce je jedním ze základních šlechtitelských cílů. V roce 2015 byla v Kanadském průvodci pro krmení řepkovým extrahovaným šrotem vydávaném Kanadskou radou pro řepku (Canola Council of Canada, 2015) zveřejněna informace o obsahu glukosinolátů v ŘEŠ ve výši 4,2 $\mu\text{mol/g}$ (při obsahu vlhkosti 12), přičemž v průběhu posledních osmi let se obsah glukosinolátů v neupraveném semeni řepky sledovaný v Kanadě pohyboval kolem hodnoty 10 $\mu\text{mol/g}$. Firma Preol, a.s. (ČR) zaručuje v produktovém listu řepkových extrahovaných šrotů obsah max. 7 $\mu\text{mol/g}$. Vzhledem ke stabilně snižující se koncentraci glukosinolátů v produktech z řepky přestává postupně jejich obsah v krmných dávkách pro dojnice hrát významnější roli. Dle dřívějších doporučení by se neměl překračovat z důvodu možné přítomnosti glukosinolátů maximální příjem ŘEŠ ve výši 4 kg/KD. Koukal (2016) uvádí, že i po dlouhodobém zkrmování ŘEŠ ve výši kolem 4 kg/KD nebyly zaznamenány žádné negativní odezvy ve zdraví zvířat.

Obr. 3. Postupné snižování obsahu glukosinolátů v semeni řepky v Kanadě mezi lety 1974 a 2012. Total Glucosinolate content – Celkový obsah glukosinolátů



Tab. 1. Šlechtitelský pokrok u řepky olejné v ČR za posledních 35 let (Baranyk, 2013)

Období (přibližně)	Charakteristika odrůd	Využití
do r. 1975	11EG 11 odrůdy s nevyhovující kvalitou - vysoký obsah kyseliny erukové (KE) v oleji a glukosinolátů (GSL) ve šrotu	malé možnosti využití; olej hlavně pro technické účely
r. 1975 až 1985	tzv. 110 11 odrůdy se sníženým obsahem KE (do 5%), ale vysokým obsahem GSL	rozšíření pro potravinářské využití; prakticky bez krmivářského uplatnění; zvýšení osevních ploch
r. 1985 až současnost	110011 odrůdy s minimálním obsahem KE a nízkým obsahem GSL (zprvu do 30 J.Lmol/g semene, od r. 2005 do 18 J.Lmol/g semene v osivu)	bezproblémové potravinářské využití, přidávání šrotů a výlisků do krmných směsí; zvýšení osevních ploch
od r. 1995	rozšíření hybridních odrůd (nejdříve na bázi systému MSL Lembke, později Ogu-INRA)	stejně použito jako 1100" odrůdy, avšak uplatnění heterozního efektu v podobě vyšších výnosů, obecně lepší odolnost rostlin proti stresům
od r. 2000	výkonné liniové i hybridní odrůdy s velmi nízkým obsahem GSL, nové trendy - změněná skladba mastných kyselin v oleji, polotrasličí odrůdy, mimo Evropu i žlutosemenné odrůdy, využití GMO technologií atd.	nárůst osevních ploch, šlechtění odrůd se speciálním složením olejů, potravinářské účely, MEŘO pro výrobu bionafty, tolerance k herbicidům, mrazuvzdornost, odolnost k chorobám a škůdcům atd.

2.2.3 Současný stav pěstování a využití řepky

Jak je uvedeno v Situační a výhledové zprávě MZe pro olejninu (Svobodová, 2015), řepka je v České republice komoditou, jejíž pěstování je v posledních letech pro většinu zemědělských podniků velmi příznivé. Náklady na pěstování řepky sice v posledních letech mírně rostou, ale dosahovaný průměrný hektarový výnos a velmi příznivé ceny zemědělských výrobců (CZV) řadí řepku mezi rentabilní plodiny. V marketingovém roce 2003/04 klesly plochy řepky olejné pod 300 tis. ha a v následujícím čtyřletém období se řepka v ČR pěstovala na 251 tis. až 292 tis. ha. Od marketingového roku 2007/08 opět pěstitelské plochy překračují 300 tis. ha a produkce řepkového semene převyšuje 1 mil. tun. Řepkové semeno pak nachází uplatnění na domácích i zahraničních trzích.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES o zavedení povinného přimíchávání biosložek do pohonných hmot zvýšila poptávku po semenu řepky i v České republice. To ovlivnilo zvýšení osevních ploch a produkci řepkového semene. K výrobě metylesteru řepkového oleje pro domácí trh a vývoz je ročně v České republice spotřebováno přibližně 550 tis. t řepkového semene. V roce 2013/14 dosáhla úroda řepky 1443,2 tis. t, což znamenalo meziroční nárůst produkce o 30 %. Zvýšení produkce bylo ovlivněno rozšířením osevní plochy na rekordních 418,8 tis. ha (+4 %), ale také meziročním nárůstem odhadovaného hektarového výnosu na 3,45 t/ha (+25 %). V následujícím marketingovém roce došlo k dalšímu zvýšení produkce o 6 % na rekordních 1 537,3 tis. t, a to i přesto, že sklizňové plochy byly meziročně menší o 7 %. Pro sklizeň v marketingovém roce 2015/16 byla osevní plocha opět menší, a to o 6 %. Z celkových 366,2 tis. ha řepky se odhaduje sklizeň 1 265,7 tis. t.

2.2.4 Vedlejší produkty při zpracování řepky - krmivářství

Přímé vedlejší produkty zpracování řepky:

Řepkové pokrutiny s různým obsahem zbytkového tuku

Řepkový extrahovaný šrot (ŘEŠ)

Další příklady krmiv na bázi řepky upravené za účelem zvýšení podílu bypass proteinu:

By+ (Preol, a.s., ČR): řepkový extrudovaný šrot

RaPass (Ölmühle Kiel, Německo): řepkové pokrutiny s nánosem xylózy a následně fermentované při teplotě 105 °C po dobu 40 min (období SoyPass)

RaPass-RES (NRG in Hamm, Ölmühle Brökelmann, Německo): stejný proces jako výše uvedený s použitím řepkového extrahovaného šrotu

Byoprofin (Wulfamast, Dinklage, Německo): ruminálně chráněný řepkový extrahovaný šrot vyráběný na základě působením formaldehydu

Rapropus (Ölmühle Bunge, Mannheim, Německo): obdobný postup jako při výrobě řepkového extrahovaného šrotu s odlišností v podobě působení tepla na řepkové zrno před lisováním

Deukalac UDP 39 (Deuka Deutsche Tiernahrung, Düsseldorf, Německo): extrudovaná směs 50 % HP sójový extrahovaný šrot + 50 % řepkový extrahovaný šrot

Deukalac UDP 33 (Deuka Deutsche Tiernahrung, Düsseldorf, Německo): řepkový extrudovaný šrot

2.3 Požadavky na vlastnosti a tepelná úprava proteinových krmiv pro přežvýkavce

2.3.1 Metabolismus dusíkatých látek u přežvýkavců

2.3.1.1 Bypass protein

V souvislosti s proteinovou výživou přežvýkavců je třeba uvést, že zdrojem metabolizovatelného proteinu, tedy proteinu, který je využitelný v tenkém střevě, jsou dvě hlavní složky: mikrobiální protein a určitý podíl proteinu krmiva. Frakce mikrobiálního proteinu je majoritní složkou, přičemž u dojnic dosahuje 60 až

80 % celkového obsahu proteinu v tenkém střevě. Ruminálně nedegradovaný protein (RUP), jinak též označovaný jako tzv. bypass protein, je protein, který unikl degradačnímu procesu v bachoru. Jeho podíl se zvyšuje s klesající rychlostí degradace proteinu v bachoru, odpovídající danému typu krmiva a se zvyšující se výtokovou rychlostí, ovlivněnou příjmem sušiny, související především s užitkovostí dojnic. V organismu se ale nevyužije veškerý bypass protein, pouze složka, která je stravitelná v tenkém střevě, a která představuje podíl metabolizovatelného proteinu pocházejícího z krmiva. Je také třeba zmínit složku proteinu krmiva, která je v bachoru degradovaná (RDP), a která se podílí spolu s energetickou složkou krmiva na syntéze mikrobiálního proteinu. Při nadměrném podílu RDP v krmné dávce se snižuje efektivita využití dusíkatých látek, neboť se jich značná část vylučuje prostřednictvím moči s negativním vedlejším efektem v podobě zvýšené zátěže jater a zvýšenými energetickými nároky potřebnými na syntézu močoviny.

2.3.1.2 Potřeba a zdroje aminokyselin pro dojnice

Stavební látkou proteinu živočišných produktů (mléka), jsou jednotlivé aminokyseliny. Jejich podíly v mléčném proteinu jsou určeny geneticky a spolu s předpokládanou mléčnou produkcí určují celkovou potřebu jednotlivých aminokyselin. Při optimalizaci krmné dávky pro dojnice z pohledu potřeb jednotlivých esenciálních aminokyselin (EAA - aminokyseliny, které organismus nedokáže syntetizovat), se prvotně řeší dotace proteinu z dostupných proteinových doplňků. EAA jsou však součástí proteinu jednotlivých zdrojů a nelze s nimi manipulovat odděleně. Každý zdroj proteinu, ať už exogenní (komponenty krmné dávky) nebo endogenní (mikrobiální hmota), mají typické aminokyselinové složení a stávají se tak lepším nebo horším zdrojem dané EAA. Na Obr. 4 (také Tab. 3) jsou uvedeny podíly jednotlivých EAA v mléčném proteinu vyjádřené v procentech z celkového množství EAA. Jednotlivé zdroje proteinu jsou určeny svým aminokyselinovým složením vyjádřeným v procentech jednotlivých EAA vztažených k jejich obsahu v mléce. Z tabulky je patrné, že ani endogenní zdroj v po-

době bacherového mikrobiálního proteinu není optimálním zdrojem pro tvorbu mléčného proteinu, přičemž limitující aminokyselinou je u tohoto proteinového zdroje **histidin**. Naproti tomu sójový protein je typický svým nižším obsahem **methioninu**. Schopnost pokrýt komplexně potřebu jednotlivých EAA na tvorbu mléčného proteinu je pro každý zdroj vyjádřena tzv. aminokyselinovým skórem mléčného proteinu (viz Obr. 5), přičemž potenciální velikost mléčné produkce určuje limitující aminokyselina pro danou krmnou dávku na základě Liebigoва zákona minima (Obr. 6, Liebigova kádě).

Obr. 4. Porovnání aminokyselinového složení různých bílkovinných zdrojů vztaheného k mléčnému proteinu

Table 3. INGREDIENT AND RUMEN MICROBE AMINO ACID COMPOSITION COMPARED TO MILK PROTEIN* (THE FIRST LIMITING AMINO ACID IN EACH PROTEIN SOURCE IS HIGHLIGHTED)

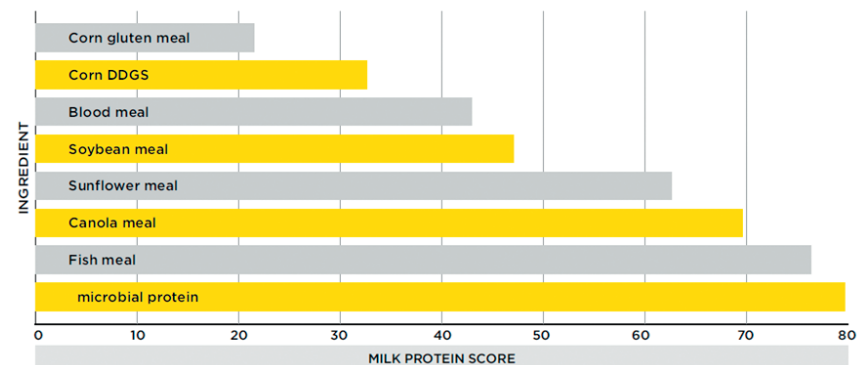
	Milk % EAA	Rumen microbe	Amino acid as percent of milk protein					
			Canola meal	Soybean meal	Corn gluten meal	Cottenseed meal	Sunflower meal	Corn DDGS
Arg	7.2	139	197	225	99	361	288	149
His	5.5	73	138	111	85	120	113	120
Ile	11.4	107	83	89	80	64	87	86
Leu	19.5	81	82	88	190	71	133	130
Lys	16.0	119	84	87	23	61	50	37
Met	5.5	84	95	58	95	67	102	87
Phe	10.0	104	103	116	141	125	110	34
Thr	8.9	121	113	98	84	85	98	102
Trp	3.0	90	115	93	40	93	97	77
Valine	13.0	85	88	78	79	77	90	96

*NRC, 2001

Překlad: Rumen microbe – bacherové mikroorganismy, Canola meal – řepkový extrahovaný šrot, Soybean meal – sójový extrahovaný šrot, Corn gluten meal – kukuřičný gluten, Cottenseed meal – bavlníkový extrahovaný šrot, Sunflower meal – slunečnicový extrahovaný šrot, Corn DDGS – kukuřičné výpalky

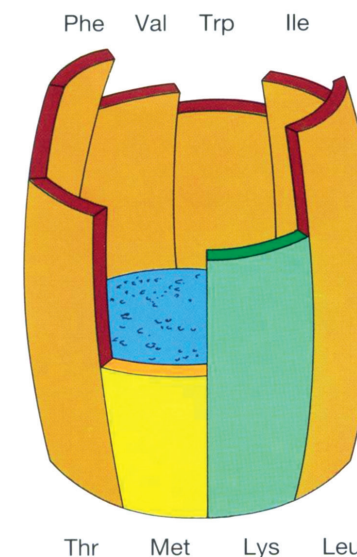
Obr. 5. Porovnání aminokyselinového skóre různých bílkovinných druhů

Figure 1. Milk protein score of common feed ingredients for dairy cattle (Schingoethe, 1991)



Příklad: microbial protein – mikrobiální protein, Fish meal – rybí moučka, Canola meal – řepkový extrahovaný šrot, Soybean meal – sójový extrahovaný šrot, Corn gluten meal – kukuřičný gluten, Sunflower meal – slunečnicový extrahovaný šrot, Corn DDGS – kukuřičné výpalky, Blood meal – krevní moučka

Obr. 6. Liebigův zákon minima vyjádřený v podobě Liebigovy kádě



V rámci systémů pro hodnocení proteinových krmiv se pro zjednodušení obvykle předpokládá, že aminokyselinové složení RUP, tedy bypass proteinu, je shodné se složením původního proteinu krmiva. Aminokyselinové složení reprezentující daný zdroj se tedy projeví pouze v tzv. „bypass“ proteinu, tedy proteinu krmiva, který není degradován v bachoru. Při vysokém stupni degradace se tak majoritní EAA, charakterizující daný zdroj proteinu, projeví pouze omezeně a aminokyselinové složení metabolizovatelného proteinu je z velké části ovlivněno mikrobiálním proteinem, který, jak už bylo zmíněno výše, vykazuje deficit histidinu.

Abychom tedy využili optimální aminokyselinové složení daného proteinového doplňku, je třeba u něj zajistit zvýšení podílu bypass proteinu se současným zachováním jeho dobré intestinální stravitelnosti. Principem dosažení tohoto požadavku je snížení dostupnosti částic krmiva pro bachorové mikroorganismy, a tím dosáhnout nižší bachorové degradovatelnosti dusíkatých látek. Jedním z nejčastěji využívaných technik pro tento účel je tepelná úprava, při které vznikají nové struktury ovlivňující fyzikálně chemické a biologické vlastnosti krmiv.

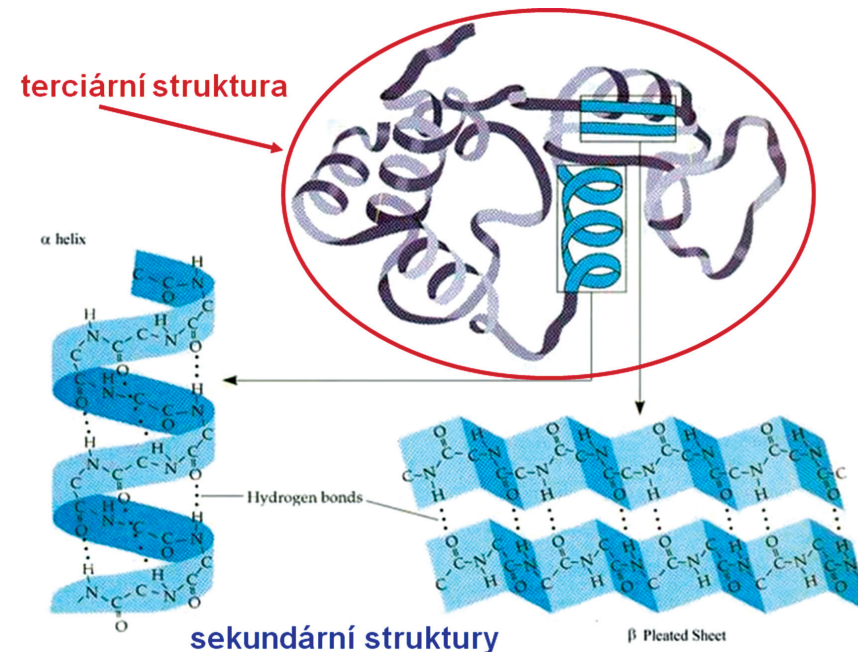
2.3.2 Důsledky tepelné úpravy proteinových krmiv

2.3.2.1 Denaturace proteinu

Tepelná úprava, jako energeticky náročný proces, má za úkol výrazně (ekonomicky obhajitelně) zlepšit užitné vlastnosti krmiv, jako je např. zvýšení chutnosti zajišťující zvýšení příjmu a především zlepšení využitelnosti živin. V případě proteinu dochází ke zvýšení jeho stravitelnosti prostřednictvím tzv. denaturace (Obr. 7). Základní stavební látkou proteinů jsou aminokyseliny, které vytváří řetězce. Pořadí a zastoupení jednotlivých aminokyselin v řetězci je dané genetikou a určuje tak primární strukturu proteinu. **Primární** struktura je zodpovědná za chemické vlastnosti proteinů a současně určuje vyšší struktury. Následující **sekundární** struktura určuje prostorové uspořádání aminokyselin v řetězci, které je stabilizováno vodíkovými můstky, které jsou naznačené na Obr. 7 tečkami. Rozlišujeme dvě základní sekundární struktury: α -helix – řetězec je stočen do

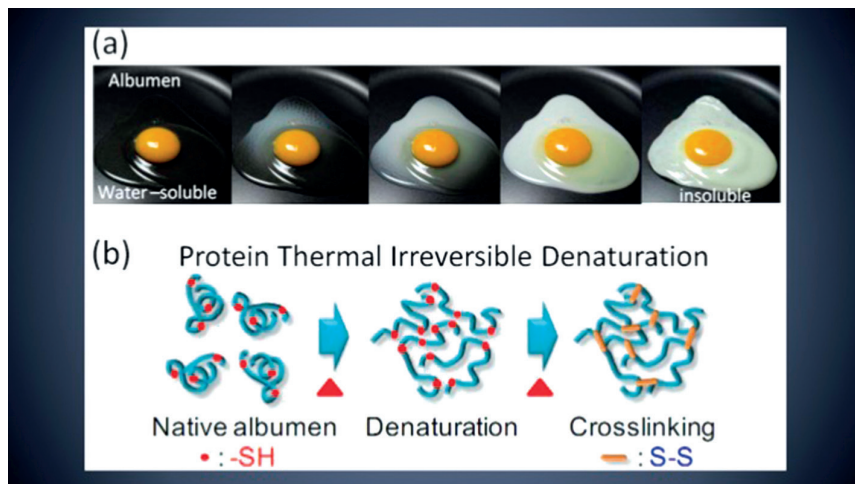
pravotočivé šroubovice, β -skládaný list – dva rovnoběžně a antiparalelně uspořádané řetězce připomínající složený list papíru. **Terciární** strukturou se označuje trojrozměrné uspořádání celého peptidového řetězce, který je tvořen střídáním sekundárních struktur (Obr. 7). Podle tvaru a vlastností rozlišujeme strukturu globulární (např. albumin), která má tvar klubka a je rozpustná ve vodě, a fibrilární vláknitou strukturu (např. myosin) ve vodě nerozpustnou. Celá struktura je stabilizována kovalentními vazbami v postranních řetězcích aminokyselin. Nejvyšší **kvarterní** struktura je tvořena podjednotkami tvořícími jednu funkční bílkovinu. Podjednotky jsou samostatné polypeptidické struktury, které jsou navzájem spojeny nekovalentními interakcemi. Kvarterní struktura též řeší prostorové uspořádání těchto podjednotek. Takovéto uspořádání vykazují jen složitější komplexy bílkovin, např. fibrily kolagenu nebo hemoglobin.

Obr. 7. Příklady struktury proteinu



Strukturovaný protein se zachovanými biologickými funkcemi se označuje jako nativní protein. Působením různých faktorů, jako je např. teplota, dochází ke změnám struktury, při kterých se rozrušují příslušné vazby (v první řadě nekovalentní vazby - vodíkové můstky - sekundární struktura). Při tomto procesu se proteinové řetězce rozvinují a původní biologické funkce proteinů se tak ruší. Uvedený proces se nazývá denaturace proteinu. Denaturovaný protein je lépe dostupný pro trávicí enzymy (proteázy). Při vyšších teplotách se mohou též vytvářet nové vazby (např. vazba S-S, disulfidový můstek) související s koagulací proteinu (viz Obr. 8).

Obr. 8. Příklad tepelné denaturace proteinu



Překlad: Protein Thermal Irreversible Denaturation – nevratná tepelná denaturace proteinu, Native albumen – původní albumin; Crosslinking – síťování, vazby

2.3.2.2 Maillardova reakce

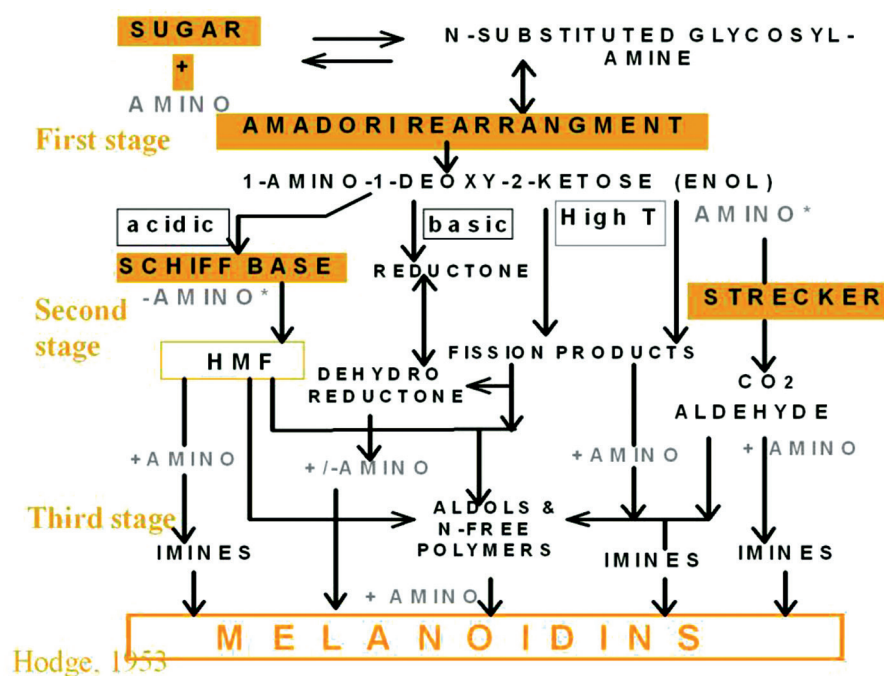
Neodmyslitelnou součástí tepelné úpravy krmiv je Maillardova reakce. Jedná se o soubor reakcí, při kterých spolu reagují redukující sacharidy a aminosloučeniny (zejména aminokyseliny). Rozeznáváme tři fáze reakce: (1) počáteční fáze zahrnuje tvorbu glykosylaminů a Amadoriho přesmyk, (2) střední fáze zahrnuje dehydrataci a fragmentaci sacharidů a Streckerovu degradaci aminokyselin, (3) závěrečná fáze jsou reakce meziproductů vedoucí k tvorbě heterocyklických sloučenin a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení. Při vzniku barevných produktů jde již o nevratný proces. Složitost Maillardovy reakce je schématicky znázorněna na Obr. 9. Výsledkem Maillardovy reakce jsou na jedné straně pozitivní změny související např. s chuťovými vlastnostmi přispívajícími ke zvýšenému příjmu krmiv, na druhé straně, především při vyšších tepelných expozicích, lze zaznamenat nutriční ztráty způsobené vazbou aminokyselin do nevyužitelných komplexů vedoucí ke snížení stravitelnosti bílkovin. Jako nejreakčnější se z tohoto pohledu jeví lysin a sirmé aminokyseliny (cystein, methionin).

Snížení dostupnosti lysinu se projevuje především při tepelné úpravě krmiv pro monogastriční zvířata. V rámci hodnocení dostupnosti aminokyselin u proteinových krmiv se při běžném postupu stanovení jejich obsahu stanovuje i část lysinu vázaného v produktech Maillardovy reakce. Tento podíl lysinu však není pro zvíře dostupný. Na stanovení stravitelného lysinu, jinak nazývaného reaktivního lysinu, se používají speciální metody, z nichž nejrozšířenější je fluorodinitrobenzenová metoda dle Carpentera (1960) se spektrofotometrickou koncovkou. Jinou metodou je využití guanidizační reakce, při které se reaktivní lysin přemění na homoarginin, který se následně stanoví chromatograficky (Moughan a Rutherford, 1996; Pahm et al., 2008).

Přes výše uvedené negativní důsledky Maillardovy reakce, se využívají vlastnosti produktů z počáteční fáze této reakce pro zvýšení podílu bypass proteinu při řízené tepelné úpravě proteinových krmiv často s přidavkem dalších komponent. Příkladem je tepelně upravený sójový extrahovaný šrot ovlhčený roztokem xyló-

zy při výrobě krmného doplňku SoyPass (Harstad and Prestløkken, 2000) nebo stejným způsobem upravené řepkové pokruty pod obchodním názvem RaPass (Tiefenthaler, 2008).

Obr. 9. Schéma Maillardovy reakce

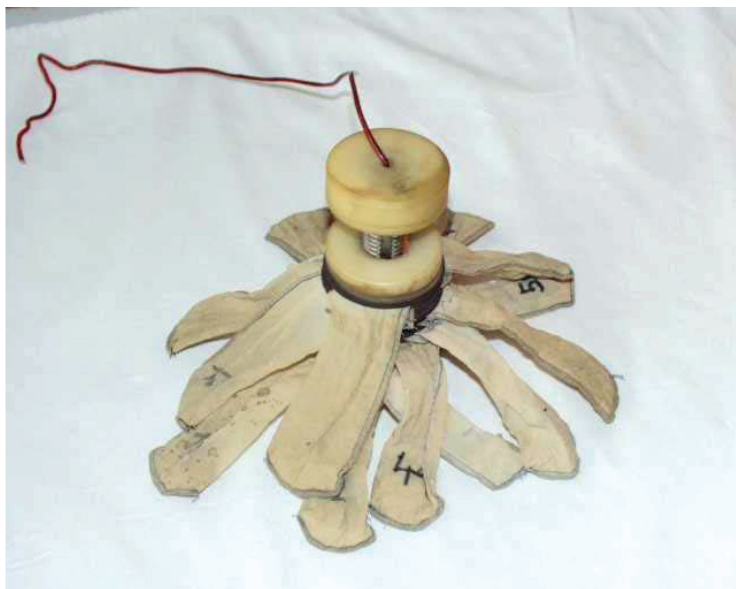


2.4 SYSTÉMY HODNOCENÍ PROTEINU KRMIV PRO PŘEŽVÝKAVCE

2.4.1 Degradovatelnost dusíkatých látek, metoda *in situ*

Cílem moderních systémů pro řízení výživy přežvýkavců v oblasti dotace proteinu je co nejpřesněji vypočítat tok stravitelného proteinu do tenkého střeva. Vzhledem k tomu, že základním požadavkem tepelné úpravy proteinových krmiv pro přežvýkavce je zvýšení podílu bypass proteinu se zajištěním jeho dostatečné intestinální stravitelnosti, je právě velikost v bacheru nedegradovaného podílu dusíkatých látek (RUP) a jeho intestinální stravitelnost hlavními ukazateli hodnocení tepelného procesu. Pro stanovení stupně degradovatelnosti dusíkatých látek (efektivní degradovatelnosti) se již od osmdesátých let minulého století využívá postup navržený autory Orskov a McDonald (1979). Jde o metodu *in situ* (jinak též *in sacco*) známou také jako metoda nylon bag, jejíž principem je inkubace vzorků krmiva uzavřených v nylonových sáčcích s danou velikostí ok v bacheru skotu. Uvedená metoda vyžaduje použití kanylovaných zvířat. Sáčky uchycené na speciálním nosiči (Obr. 10) se vloží do bacheru, kde probíhá vlastní inkubace a následně se v jednotlivých časech inkubace sáčky postupně vyjmají, perou a suší. Ve zbylém materiálu se stanoví obsah dusíkatých látek, vypočítá se jejich procentuální úbytek a výsledné hodnoty se zpracují. Výsledkem je exponenciální regresní funkce, pomocí které je proložena křivka znázorněná na grafu (Obr. 11): $\text{degNL} (\%) = A + B \times (1 - e^{-K_d \times T})$.

Obr. 10. Nosič s nylonovými sáčky pro metodu *in situ* na stanovení degradovatelnosti živin (Třináctý et al., 1996)



Vypočítané parametry regrese určují procentuální podíly dvou základních dusíkatých frakcí A a B. Frakce A je ve vodě rozpustná a považovaná za rychlé a kompletně degradovatelnou v bachoru a účastní se tak tvorby mikrobiální hmoty. Frakce B je nerozpustná a v bachoru degradovatelná, přičemž její část, která unikla degradaci, je součástí zmíněného bypass proteinu. Důležitým údajem, který má přímý vliv na velikost podílu bypass proteinu, je rychlost degradace uvedené frakce kvantifikovaná třetím vypočítaným regresním parametrem Kd. Pokud odečteme podíly obou frakcí A a B od 100 %, můžeme vypočítat velikost třetí frakce $[(100 - (A + B))]$, představující podíl v bachoru nedegradovatelných dusíkatých látek, jak je zřejmé z obrázku 11. Je třeba zmínit, že ve francouzském PDI systému a příbuzných (Venclův systém používaný v ČR, Sommer et al. (1994)) se zkratka „c“ používá výhradně pro rychlost degradace, neboť doprovodné výpočty v rámci těchto systémů používají pouze dvě základní

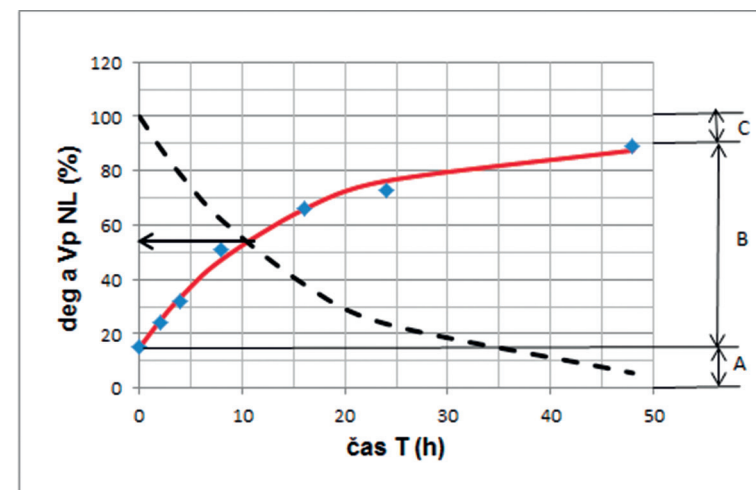
frakce A a B. Frakce C se využívá pro výpočet hodnoty RUP v rámci amerického systému NRC 2001, bližší informace v publikaci Třináctý et al. (2013). V souvislosti s výpočtem parametrů RDP (ve francouzském systému efektivní degradovatelnost) a RUP (bypass protein) platí, že množství bypass proteinu je výsledkem dynamického procesu, při kterém spolu soupeří rychlost degradace (Kd) a výtoková rychlost tráveniny z bachoru (Kp). Křivka výtokové rychlosti popsaná funkcí $Vp = 100 \times e^{-Kp \times T}$ je v grafu vyznačena čárkovaně. Průsečík obou křivek udává hodnotu RDP (efektivní degradovatelnost). Pro výpočet parametrů RDP a RUP se používají následující vztahy:

$$RDP (\% NL) = A + B \times [Kd / (Kd + Kp)]$$

$$RUP (\% NL) = B \times [Kp / (Kd + Kp)] + C, \text{ nebo } RUP (\% NL) = 100 - RDP,$$

kde parametry A, B, C jsou vyjádřeny v procentech NL a Kd a Kp v procentech za hodinu ($\% \times h^{-1}$)

Obr. 11. Křivka degradovatelnosti NL (červená čára, $degNL (\%) = A + B \times (1 - e^{-Kd \times T})$) a křivka výtokové rychlosti (čárkovaná čára, $Vp = 100 \times e^{-Kp \times T}$) výsledné parametry: A = 14,9 %, B = 75,1 %, C = 55,6 %, Kd = 9,94 $\% \times h^{-1}$.



2.4.2 Cornellský systém (The Cornell Net Carbohydrate and Protein System, CNCPS)

2.4.2.1 Degradovatelnost v bachoru, bypass protein

Nové systémy hodnocení krmiv vyžadují nové, nebo vylepšené metody hodnocení krmiv (Třináctý et al., 2013; 2016b). Metoda *in situ* pro stanovení degradovatelnosti (metoda nylon bag) umožňuje rozdělit dusíkaté látky do tří základních frakcí: frakce A (ve vodě rozpustná), frakce B (nerozpustná, potenciálně degradovatelná v bachoru), frakce C (nedegradovatelná v bachoru). Jedná se o základní metodu pro hodnocení proteinu krmiv pro dojnice ve francouzském systému PDI a jemu příbuzných a v americkém systému NRC (2001). V rámci druhého nejrozšířenějšího systému v USA, tzv. „cornellského systému“ – CNCPS (Sniffen et al., 1992), byl navržen postup, který na základě fyzikálně chemických metod umožňuje rozdělit dusíkaté látky do pěti frakcí (A, B1, B2, B3, C). Tento byl následně standardizován autory Licitra et al. (1996). Principem tohoto postupu dělení je použití kombinace roztoků s určeným složením, pH, teplotou a dobou jejich působení, přičemž dusíkaté frakce získané za takto přesně stanovených podmínek jsou do jisté míry chemicky určené jako skupiny dusíkatých sloučenin se shodnými fyzikálně chemickými vlastnostmi.

Frakce A se běžně ztotožňuje s akronymem NPN (nonprotein nitrogen), značící nebílkovinné dusíkaté látky. Jde o nízkomolekulární látky (amoniak, močovina, volné aminokyseliny, peptidy s krátkým řetězcem, štěpy proteinových řetězců) rozpustné v boráto-fosfátovém pufru, které se nesráží v prostředí kyseliny wolframové nebo trichloroctové. Uvedená frakce je v bachoru přežvýkavců okamžitě degradována.

Frakce B představuje tzv. skutečný protein, tento se dle další specifikace dělí na další tři frakce: B1, B2, a B3.

Frakce B1, která zahrnuje peptidy s delším řetězcem a rozpustné proteiny (globuliny, některé albuminy), je rozpustná v boráto-fosfátovém pufru, ale na rozdíl od frakce A se sráží ve výše uvedených činidlech. Rychlost degradace této frakce v bachoru je řádově ve stovkách procent za hodinu.

Frakce B2 zahrnuje většinu albuminů a gluteliny, je nerozpustná v pufru, rozpouští se však za varu v roztoku neutrálního detergentu (při stanovení NDF). Tato frakce v bachoru degraduje střední rychlostí (řádově v desítkách procent za hodinu).

Frakce B3 se ztotožňuje především s prolaminou navázanými středně silnými vazbami do vlákninového komplexu. Tato frakce se rozpouští v roztoku kyselého detergentu (při stanovení ADF), v roztoku neutrálního detergentu je nerozpustná. V bachoru tato frakce degraduje velmi pomalu a její podíl v závislosti na rychlosti degradace přechází do tenkého střeva jako stravitelná složka by-pass proteinu.

Frakce C zahrnuje dusíkaté látky navázané silnou vazbou na lignin a tanin především v důsledku Maillardovy reakce. Tato frakce je nerozpustná v roztoku kyselého detergentu, a je tedy součástí ADF. V bachoru je frakce C nedegradovatelná, v tenkém střevě je dle Sniffena et al. (1992) považovaná za nestravitelnou. Ve srovnání s metodou *in situ* frakcionace dusíkatých látek v rámci cornellského systému nevyžaduje použití kanylovaných zvířat, jedná se čistě o laboratorní metodu. Je však nutné poznamenat, že tak jako v případě metody *in situ*, u které je nedmyslitelnou součástí výsledku rychlost degradace frakce B, tak i u jednotlivých frakcí v rámci cornellského systému je třeba znát příslušné rychlosti degradace. Jejich stanovení však vyžaduje náročné postupy, které v běžných laboratořích nelze provádět. Rychlosti degradace jednotlivých frakcí jsou pro různá krmiva uvedeny v příslušné databázi krmiv, která je standardně součástí softwaru pro optimalizaci krmných dávek.

Cornellský systém byl v posledním desetiletí na základě nových vědeckých poznatků již několikrát aktualizován. Nejzásadnější aktualizací se jeví oprava a zpřesnění rychlostí degradace jednotlivých frakcí, více v oddílu 2.6.1.2.

2.4.2.2 Stravitelnost RUP v tenkém střevě

Cornellský systém používá pro intestinální stravitelnosti podílů jednotlivých proteinových frakcí uniklých degradaci v bachoru paušální hodnoty: intest. strav. RUP-A = 100 %, intest. strav. RUP-B1 = 100 %, intest. strav. RUP-B2 = 100 %, intest. strav. RUP-B3 = 80 %.

2.4.2.3 Požadované analýzy pro hodnocení krmiv na bázi řepky užitím Cornellského systému

Tato metodika pro praxi se zabývá hodnocením krmiv na bázi řepky, které se řadí mezi proteinová krmiva. Analýzy související s hodnocením energetické složky krmiva jsou z velké části kompatibilní se systémem NRC (2001): Popel, CP, tuk, NDF, NDICP a ADL. Na rozdíl od systému NRC (2001) (principy popsány v knize autorů Třináctý et al., 2013) se v rámci Cornellského systému stanovuje navíc i škrob jako jedna ze sacharidových frakcí. Metody stanovení jednotlivých položek jsou popsány ve zmiňované knize (Třináctý et al., 2013). Hodnocení dusíkaté složky krmiv v rámci Cornellského systému se však od systému NRC (2001) značně liší, jak již bylo zmíněno v předcházejících od-
dílích.

Frakcionace dusíkatých látek dle Licitra et al. (1996) – stručný postup

Samotné stanovení lze rozdělit na 4 části: stanovení nebiřkovinného dusíku (NPN) kyselinou trichloroctovou, stanovení rozpustného bířkovinného a nebiřkovinného dusíku (soluble protein - SP), stanovení dusíku nerozpustného v kyselém detergentu (ADIN), stanovení dusíku nerozpustného v neutrálním detergentu (NDIN)

1. Stanovení nebiřkovinného dusíku (NPN) kyselinou trichloroctovou

Do Erlenmeyerovy baňky je naváženo 0,5 g suchého vzorku. Ke vzorku se přidá 50 ml destilované vody a vzorek se nechá v klidu po dobu 30 minut. Po uplynutí této doby se ke vzorku přidá 10 ml 10% kyseliny trichloroctové a takto připravený vzorek se opět nechá v klidu (20 – 30 minut). Poté je vzorek filtrován přes bezpopelový filtrační papír a je dvakrát promyt kyselinou trichloroctovou. Filtrační papír je kvantitativně převeden do mineralizačních baněk pro stanovení dusíku na Kjeldahlově aparatuře. NPN se vypočítá z rozdílu obsahu nerozpustných dusíkatých látek a celkového obsahu dusíkatých látek ve vzorku.

2. Stanovení rozpustného bířkovinného a nebiřkovinného dusíku (SP)

Do Erlenmeyerovy baňky je naváženo 0,5 g suchého vzorku, ke kterému je přidáno 50 ml borato-fosfátového pufru o pH 6,7 – 6,8 (dihydrogenfosforečnan sodný monohydrát 12,2 g/l, tetraboritan sodný dekahydrát 8,91 g/l, terciální butyl alkohol 100 ml/l) a 1 ml (10%) roztoku azidu sodného. Takto připravený vzorek je ponechán 3 hodiny při pokojové teplotě. Poté je vzorek odsát pomocí mírného vakua přes bezpopelový filtrační papír. Usazené zbytky vzorků jsou promývány 250 ml studené destilované vody. Filtrační papír s přefiltrovaným vzorkem je přenesen do mineralizačních tub pro stanovení dusíku na Kjeldahlově aparatuře. Výsledkem je frakce nerozpustných látek. Rozpustné dusíkaté látky se vypočtou z rozdílu nerozpustných látek a celkového počtu dusíkatých látek ve vzorku.

3. Stanovení dusíku nerozpustného v kyselém detergentu (ADIN)

Acidodetergentní roztok (AD): do 1 litru standardizované kyseliny sírové (tj. 53,8 ml 96% H₂SO₄ ve 2 l odměrné baňce) se přidá 40 g cetyl(trimethyl)amoni-
um bromid (technická kvalita) a protřepe se.

Do předem vysušených a zvážených frit se naváží 0,5 g vzorku. Frity se vzorkem jsou vloženy do horké jednotky a je k nim přidáno 100 ml roztoku AD. Vzorek s roztokem AD se 1 hodinu vaří a poté je promýván horkou destilovanou vodou do té doby, dokud není ze vzorku vymyt veškerý detergent (dokud se tvoří pěna, je vzorek promýván). Poté je vzorek promyt 2 × 50 ml acetonu a je sušen v sušárně při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin. Následně je vzorek vložen do exikátoru a po vychladnutí je zvážěn. Rezidua jsou z frit vymyta destilovanou vodou na bezpopelový filtrační papír. Vzorek je vysušen a převeden do mineralizačních tub pro stanovení dusíku na Kjeldahlově aparatuře.



4. Stanovení dusíku nerozpustného v neutrálním detergentu (NDIN)

Neutrálně detergentní roztok (ND):

- roztok A: ve 150 ml se rozpustí 14,6 g Chelatonu III a 6,8 g tetraboritanu sodného.
- roztok B: ve 100 ml vody se po ohřátí rozpustí 11,5 g hydrogenufosforečnanu sodného.

Roztoky se smíchají a doplní destilovanou vodou na objem cca 700 ml. Za stálého míchání a mírného zahřívání se v roztoku rozpustí 30 g laurylsulfátu sodného, přidá se 10 ml ethylenglykolu, pro snížení pění se upraví objem na 950 ml. Takto upravený roztok se nechá stát do druhého dne. Druhý den se roztok doplní destilovanou vodou na objem 1000 ml a upraví se pH na hodnotu 6,9 – 7,1 roztokem HCl nebo NaOH.

Do předem vysušených a zvážených frit se naváží 0,5 g vzorku. Frity se vzorkem jsou vloženy do horké jednotky a je k nim přidáno 100 ml roztoku ND. Vzorek s roztokem ND se 1 hodinu vaří a poté je promýván horkou destilovanou vodou a to do té doby, dokud není ze vzorku vymyt všechen detergent. Poté je vzorek promyt 2 × 50 ml acetonu a je sušen v sušárně při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin. Následně je vzorek vložen do exikátoru a po vychladnutí je zvážen. Rezidua jsou z frit vymyta destilovanou vodou na bezpopelový filtrační papír. Vzorek je vysušen a převeden do mineralizačních tub pro stanovení dusíku na Kjeldahlově aparatuře. Poznámka: v rámci stanovení NDIN se nepoužívá siřičitan sodný.

5. Výpočty

Obsahy dusíku u všech výše uvedených parametrů se převedou na dusíkaté látky násobením koeficientem 6,25 a vyjádří se v procentech sušiny vzorku. Z výsledných parametrů lze vypočítat příslušné dusíkaté frakce A, B1, B2, B3 a C (Licitra et al., 1996) nebo je lze v původní formě přímo zadávat do příslušného softwaru pro optimalizaci krmných dávek pro dojnice na bázi Cornellského systému (např. software DinaMilk italské firmy Fabermatica, dodávaný firmou Softmatic, spol. s r.o., ČR).



2.5 Krmiva na bázi řepky v krmných dávkách dojníc

2.5.1 Porovnání nutriční hodnoty krmiv na bázi řepky se sójou dle databází různých systémů hodnocení krmiv

V Tab. č. 2 až 6 jsou porovnány živinové hodnoty a další související parametry krmiv na bázi řepky s odpovídajícími hodnotami pro sóju převzaté z celosvětových databází systémů pro hodnocení krmiv. Řepka v průběhu posledního čtvrtstoletí pronikla do krmivové základny především v evropských zemích, v USA se začala řepka prosazovat teprve před pěti lety. V průběhu tohoto období se zvýšil export krmiv na bázi řepky z Kanady do USA více než dvojnásobně (Evans, 2015).

Struktura údajů o obsahu živin v uvedených krmivech závisí na systému hodnocení živin pro přežvýkavce, který určuje skupinu analýz potřebných pro následnou interpretaci obsahu živin v krmné dávce a potřebu živin pro hospodářská zvířata. V ČR jsou dostupné výsledky analýz vztahující se k francouzskému systému (Tab. 2, 3 a 4).

Databáze krmiv systému NRC 2001 je poplatná době svého vzniku, informace o krmivech na bázi řepky jsou neucelené (Tab. 5). Vzhledem k tomu, že Cornellský systém byl v poslední době aktualizován, poskytuje o řepce více údajů (Tab. 6). Z tabulek je zřejmé, že pouze v případě neupravených semen vykazuje řepka vyšší obsah NEL ve srovnání se sójou. Je to v důsledku více než dvojnásobného obsahu tuku, který má vysoké spalné teplo.

V případě vedlejších produktů vzniklých po zpracování obou produktů vykazuje řepka standardně nižší obsah NEL (dle porovnávaných zdrojů 1,07 až 1,25 krát), což souvisí s vyšším obsahem hůře stravitelné vlákniny pocházející z vyššího podílu slupek. Z pohledu zdroje proteinu mají krmiva na bázi řepky ve srovnání se sójou také nižší obsah dusíkatých látek (1,18 až 1,45 krát). Vzhledem k tomu, že hovoříme o proteinových krmivech, stěžejním údajem je v tomto případě podíl dusíkatých látek nedegradovaných v bachoru, tedy již zmiňovaný bypass protein jinak také značený RUP. V evropských systémech hodnocení krmiv, které vychází z francouzského PDI systému INRA 1989

(Jarrige et al., 1989), tedy systémů které používají metodu *in situ*, se tabuluje hodnota tzv. efektivní degradovatelnosti značené deg (% NL). Jedná se o podíl ruminálně degradovatelných dusíkatých látek a parametr RUP tak lze vyjádřit jako rozdíl (100 – deg). Pokud porovnáme hodnoty uvedeného parametru mezi obdobně upravenými krmivem na bázi řepky a sóji, např. řepkový a sójový extrahovaný šrot, řepka obvykle vykazuje nižší hodnotu parametru 100 - deg (RUP). Další vlastností krmiv na bázi řepky, především těch, které nejsou tepelně upravené, je vyšší podíl rozpustných dusíkatých látek, frakce A. V systémech hodnocení proteinových krmiv postavených na metodách *in situ* je tato frakce považována za kompletně degradovatelnou, proto se nepodílí na hodnotě RUP. V důsledku to znamená, že pokud nahrazujeme v krmné dávce pro dojnici sójový extrahovaný šrot řepkovým, při optimalizaci krmné dávky užitím francouzského systému, nestačí pouze zajistit stejný obsah NL v krmné dávce, ale je potřeba podíl řepkového doplňku dále navýšit, aby se vyrovnal i obsah RUP.

V experimentech (viz níže) však bylo prokázáno, že i v případě pouhého zajištění izonitrogenosti (shodný obsah NL v porovnávaných krmných dávkách), dojnice krmené řepkou vykazovaly vyšší užitkovost i lepší efektivitu využití přijatých dusíkatých látek (záleží však také na typu krmné dávky, zda je základem travní, nebo kukuřičná siláž). Interpretace těchto výsledků je tak z pohledu těchto systémů problematická. Jak už bylo řečeno, aktualizovaný Cornellský systém zohledňuje ve svých výpočtech ověřený fakt, že i rozpustné dusíkaté frakce mohou uniknout degradaci v bachoru a přispět tak ke zvýšení podílu bypass proteinu. Jak je vidět v Tab. 6, podíl rozpustných NL u řepkového extrahovaného šrotu je standardně vyšší než u sójového, přesto řepka vykazuje v systému CNCPS mnohem vyšší hodnotu RUP. Jde o diametrálně odlišné hodnoty ve srovnání s ostatními systémy, které však umožňují lépe interpretovat výsledky zmíněných experimentů. Jak uvádí Evans et al. (2016) umožňuje to optimalizovat krmné dávky pro dojnici s nižším obsahem NL. Důležitou informací u proteinových krmiv je jejich aminokyselinové složení,

kteří ovlivňuje efektivitu využití NL z krmiva na tvorbu mléčného proteinu, jak už bylo zmíněno v kap. 2.3.1.2 v souvislosti s mléčným aminokyselinovým skóre. Z příložených tabulek je zřejmé, že krmiva na bázi řepky obecně vykazují vyšší podíl methioninu, a díky této skutečnosti má řepka vyšší mléčné aminokyselinové skóre ve srovnání se sójou. Většina systémů vyjadřuje koncentrace aminokyselin krmiv v procentech celkového obsahu NL, důležitější je však informace o aminokyselinovém složení bypass proteinu (RUP), neboť ten potom ovlivňuje efektivitu využití celkového metabolizovatelného proteinu v tenkém střevě.

Většina systémů ve svých výpočtech předpokládá, že zastoupení esenciálních aminokyselin v RUP je shodné s celkovým proteinem původního krmiva. Vzhledem k tomu, že u některých krmiv byly mezi RUP a původním proteinem zjištěny i poměrně velké rozdíly v zastoupení některých aminokyselin, Cornellský systém zavedl vyjadřování obsahů aminokyselin v procentech RUP (O'Connor et al., 1993). Z těchto důvodů se obsahy aminokyselin převzaté z Cornellského systému v Tab. 6 odlišují od hodnot z ostatních databází. Uvedené hodnoty se však nestanovovaly ve zbytku po degradaci v bachoru, ale bachorová degradace byla simulovaná extrakcí krmiva pufrem. V současné době však byly zjištěny některé nedostatky v tomto způsobu vyjadřování obsahů aminokyselin a navíc tento způsob nezahrnuje aminokyseliny pocházející z bypassované rozpustné dusíkaté frakce. Z těchto důvodů se v nové aktualizaci Cornellského systému plánuje standardní vyjadřování obsahů aminokyselin v celkovém obsahu NL v původním krmivu (Van Amburgh et al., 2015), tak jako u ostatních systémů.

Hodnoty PDIA, PDIE a PDIN, vztahující se k tabulkám 2, 3 a 4, jsou uvedeny v tabulce 15.

Tab. 2. Venclov systém (Venclov et al., 1991; Sommer et al., 1994) používaný v ČR (tabulky krmiv; Zeman et al., 1996)

Položka	Jednotka	Řepka plnotučná semeno	Sója plnotučná boby	Řepkové pokruty	Sójové pokruty	Řepkový extrahovaný šrot-průměr	Sójový extrahovaný šrot-průměr	Sója plnotučná extrudovaná
Sušina	%	90,0	90,0	90,0	90,0	91,0	89,0	88,0
NL	% suš.	22,5	39,6	38,0	47,9	38,9	50,0	42,9
Tuk	% suš.	45,4	20,0	9,5	5,6	3,6	1,7	22,7
Popel	% suš.	5,2	5,6	8,0	6,1			
CF	% suš.	7,6	7,0	13,0	6,4	12,9	7,2	7,9
deg	% NL	90,3	90,0	70,0	69,0	69,4	61,1	49,0
(100-deg)	% NL	9,7	10,0	30,0	31,0	30,6	38,9	51,0
dsi	% NL	62,7	85,2	76,0	94,0	78,3	90,0	85,0
ME	MJ/kg suš.	20,4	16,2	12,8	13,6	11,6	13,0	16,7
NEL	MJ/kg suš.	13,0	10,1	7,8	8,4	7,0	8,0	10,5
Esenciální aminokyseliny								
Lys	% NL	5,6	6,3	5,5	6,3	5,4	6,1	6,3
Thr	% NL	5,1	4,1	4,4	4,0	4,4	3,9	3,9
Met	% NL	1,9	1,5	2,0	1,4	2,0	1,4	1,5
Trp	% NL	1,2	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4
Ile	% NL	4,0	4,3	3,9	5,1	3,9	4,7	4,5
Val	% NL	5,3	4,4	5,2	5,2	5,1	4,6	4,7
Leu	% NL	7,0	7,1	7,1	7,9	7,0	7,7	7,7
Phe	% NL	3,9	5,1	4,1	4,9	4,0	4,8	4,9
His	% NL	2,6	2,7	2,8	2,5	2,7	2,6	2,7
Arg	% NL	5,8	7,5	5,9	7,0	5,8	7,3	7,0

Legenda: CF – hrubá vláknina, deg – efektivní degradovatelnost, dsi – intestinální stravitelnost, ME – metabolizovatelná energie, NEL – netto energie laktace

Tab. 3. Francouzský systém INRA 2007 (tabulky krmiv; Sauvant et al., 2004)

Položka	Jednotka	Řepka plnotučná semeno (n=959)	Sója plnotučná extrudovaná (n=1162)	Řepkový extrahovaný šrot (n=2820)	Sójový extrahovaný šrot - 50 % NL (n=1453)	Řepka plnotučná extrudovaná	Řepkový šrot extrudovaný
Sušina	%	92,2	88,1	88,7	87,6	92,2	88,7
NL	% suš.	20,7	39,5	38,0	53,9	20,7	38,0
Tuk	% suš.	45,6	20,3	2,6	1,7	45,6	2,6
Popel	% suš.	4,3	5,9	7,9	7,2	4,3	7,9
CF	% suš.	8,9	5,9	14,0	4,5	8,9	14,0
NDF	% suš.	19,1	12,5	31,9	10,2	19,1	31,9
ADF	% suš.	13,4	7,3	22,1	5,5	13,4	22,1
ADL	% suš.	6,0	1,1	10,7	0,5	6,0	10,7
A	% NL	40,0	16,0	27,0	13,0	-	15,0
B	% NL	55,0	80,0	67,0	85,0	-	85,0
Kd	% h-1	14,5	4,0	10,0	8,5	-	8,0
deg	% NL	79	47	69	63	52	64
(100-deg)	% NL	29	53	31	37	48	36
dsi	% NL	80	88	79	96	87	81
ME	MJ/kg suš.	20,3	16,1	11,3	13,6	20,3	11,3
NEL	MJ/kg suš.	13,0	10,3	6,8	8,6	13,0	6,8
Esenciální aminokyseliny							
Lys	% NL	6,2	6,2	5,3	6,1		
Thr	% NL	4,8	4,0	4,3	3,9		
Met	% NL	2,2	1,5	2,0	1,4		
Trp	% NL	1,3	1,3	1,2	1,3		
Ile	% NL	4,0	4,6	4,0	4,6		
Val	% NL	5,2	4,8	5,1	4,8		
Leu	% NL	6,4	7,5	6,7	7,3		
Phe	% NL	3,8	5,0	3,9	5,0		
His	% NL	2,7	2,7	2,6	2,7		
Arg	% NL	6,0	7,4	6,0	7,4		

Legenda: CF – hrubá vláknina, deg – efektivní degradovatelnost, A – rozpustná rychle degradovatelná proteinová frakce, B – pomalu degradovatelná proteinová frakce, Kd – rychlost degradace, dsi – intestinální stravitelnost, ME – metabolizovatelná energie, NEL – netto energie laktace

Tab. 4. Porovnání parametrů řepkových extrudovaných pokrutin (suchá extruze, 125 °C) a extrudované plnotučné sóji (Protex) (Třináctý et al., 2016a)

Položka	Jednotka	Řepkové pokrutiny extrudované	Sója plnotučná extrudovaná
Popel	% suš.	6,3	7,5
NL	% suš.	37,1	43,3
Tuk	% suš.	10,1	19,5
CF	% suš.	17,2	6,0
NDF	% suš.	29,9	12,2
ADF	% suš.	25,9	9,7
ADL	% suš.	11,9	1,5
A	% NL	43,5	21,8
B	% NL	49,8	89,8
Kd	% h-1	9,2	4,1
deg	% NL	73,1	58,1
(100-deg)	% NL	26,9	41,9
dsi	% NL	76,5	90,8
ME	MJ/kg suš.	12,9	15,2
NEL	MJ/kg suš.	7,8	9,6
Esenciální aminokyseliny			
Lys	% CP	6,8	7,1
Thr	% CP	4,9	3,7
Met	% CP	1,7	1,4
Ile	% CP	4,7	4,6
Val	% CP	6,1	5,1
Leu	% CP	8,1	8,0
Phe	% CP	4,6	5,8
His	% CP	3,0	2,9
Arg	% CP	8,0	9,8

Legenda: CF – hrubá vláknina, deg – efektivní degradovatelnost, A – rozpustná rychle degradovatelná proteinová frakce, B – pomalu degradovatelná proteinová frakce, Kd – rychlost degradace frakce B, dsi – intestinální stravitelnost, ME – metabolizovatelná energie, NEL – netto energie laktace

Tab. 5. Americký systém NRC 2001 (tabulky krmiv; NRC 2001)

Položka	Jednotka	Řepka plnotučná semeno	Sója plnotučná semeno	Řepkové pokrutiny	Sójové pokrutiny	Řepkový extrahovaný šrot	Sójový extrahovaný šrot - 48	Řepkový extrahovaný šrot tepelně upravený	Sójový extrahovaný šrot tepelně upravený
Sušina	%	89,9	90	90,3	89,6		89,5		89
NL	% suš.	20,5	39,2	37,8	46,3	38,4	53,8	38,4	50,0
Tuk	% suš.	40,5	19,2	5,4	8,1		1,1		2,3
Popel	% suš.	4,6	5,9	7,4	5,5		6,4		6,8
NDF	% suš.	17,8	19,5	29,8	21,7		9,8		29,7
ADF	% suš.	11,6	13,1	20,5	10,4		6,2		9,5
ADL	% suš.	2,7	1,2	9,5	1,5		0,5		3,7
A	% NL	35,2	27,8	23,2	8,7	23,4	15,0	18,3	2,4
B	% NL	59,5	70,2	70,4	91,3	69,2	84,4	74,8	97,6
C	% NL	5,3	2,0	6,4	0,0	7,4	0,6	6,9	0,0
Kd	% h-1	20,1	10,9	10,4	2,4	13,1	7,5	10,4	1,7
RUP1	% NL	15,5	21,5	26,6	58		30,8		69,4
RUP2	% NL	21,3	30,4	35,7	69		42,6		79,4
strav. RUP	% NL	50,0	85,0	75,0	93,0	70,0	93,0	75,0	93,0
ME3x	MJ/kg suš.	20,6	16,9	11,5	15,1		14,3		14,3
NEL3x	MJ/kg suš.	14,7	11,5	7,4	10,0		9,2		9,2
Esenciální aminokyseliny									
Arg	% CP	7,01	7,52	7,01	7,40	6,17	7,32	6,17	6,78
His	% CP	2,80	2,76	2,80	2,77	2,8	2,77	2,8	2,4
Ile	% CP	3,83	4,42	3,83	4,56	3,93	4,56	3,93	4,56
Leu	% CP	6,77	7,41	6,77	7,81	7,09	7,81	7,09	8,92
Lys	% CP	5,62	5,98	5,62	6,27	5,62	6,29	5,62	5,78
Met	% CP	1,87	1,47	1,87	1,45	2,04	1,44	2,04	1,32
Cys	% CP	2,54	1,46	2,54	1,48	2,54	1,5	2,54	1,46
Phe	% CP	4,06	4,99	4,06	5,26	4,06	5,26	4,06	5,6
Thr	% CP	4,42	3,96	4,42	3,98	4,42	3,96	4,42	4,31
Trp	% CP	1,46	1,3	1,46	1,27	1,3	1,26	1,3	1,27
Val	% CP	4,73	4,7	4,73	4,71	5,09	4,64	5,09	5,46

Legenda: A – rozpustná rychle degradovatelná proteinová frakce, B – pomalu degradovatelná proteinová frakce, C – nedegradovatelná proteinová frakce, Kd – rychlost degradace frakce B, dsi – intestinální stravitelnost, ME – metabolizovatelná energie, NEL – netto energie laktace, RUP1 – ruminálně nedegradovaný protein (příjem sušiny 2 % živé hmotnosti, podíl píče 50 % sušiny), RUP2 – ruminálně nedegradovaný protein (příjem sušiny 4 % živé hmotnosti, podíl píče 25 % sušiny), strav. RUP – RUP stravitelný v tenkém střevě, ME3x – metabolizovatelná energie, NEL3x – netto energie laktace při trojnásobném příjmu nad záchovu

Tab. 6. Americký systém CNCPS v 6.1 (databáze softwaru DinaMilk verze 6)

Položka	Jednotka	Sója plnotučná	Řepkové pokrutiny	Řepkový extrahovaný šrot	Sójový extrahovaný šrot - 47,5	Sója plnotučná extrudovaná	Sójový extrahovaný šrot extrudovaný
Sušina	%	90	90,0	90,2	90,0	93,6	91,3
Tuk	% suš.	18,8	5,7	4,8	2,8	18,8	15,5
Popel	% suš.	6,0	7,3	8,0	6,7	6,0	5,7
NDF	% suš.	13,0	30,1	27,7	10,0	13,0	19,2
ADF	% suš.	6,0	20,7	19,1	6,0	6,0	12,9
ADL	% suš.	0,2	8,0	7,4	0,3	0,2	3,1
NL	% suš.	42,8	36,0	41,5	51,5	42,8	43,7
rozp. NL	% NL	44,0	23,0	30,0	20,0	8,0	13,4
A	% NL	5,3	8,1	10,5	2,4	1,0	1,6
B1	% NL	38,7	15,0	19,5	17,6	7,0	11,8
B2	% NL	50,0	45,0	48,0	76,9	81,0	78,8
B3	% NL	4,0	23,0	15,8	1,1	8,0	5,1
C	% NL	2,0	9,0	6,2	2,0	3,0	2,7
Kd-A	% h-1	200	200	200	200	200	200
Kd-B1	% h-1	20,0	16,0	16,0	23,0	15,0	23,0
Kd-B2	% h-1	10,0	10,0	10,0	11,0	5,0	11,0
Kd-B3	% h-1	0,20	0,15	0,15	0,20	0,18	0,20
strav. A	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
strav. B1	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
strav. B2	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
strav. B3	%	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
RUP1x	% NL	16	40,0	31,0	18,0	38,0	22,0
Esenciální aminokyseliny							
Met	% RUP	0,8	1,4	1,4	1,3	1,0	1,4
Lys	% RUP	5,8	6,7	6,7	6,5	5,9	5,9
Arg	% RUP	6,4	6,8	6,8	7,7	6,7	7,1
Thr	% RUP	3,6	4,8	4,8	4,8	3,3	3,9
Leu	% RUP	7,2	8,0	8,0	8,7	7,1	7,4
Ile	% RUP	4,6	4,9	4,9	4,0	4,6	4,4
Val	% RUP	4,9	6,4	6,4	4,4	5,0	4,7
His	% RUP	3,0	4,0	4,0	2,7	2,8	2,5
Phe	% RUP	4,8	4,7	4,7	5,2	4,9	4,8
Trp	% RUP	1,3	1,2	1,2	1,4	1,3	1,3

Legenda: A, B1, B2, B3, C – proteinové frakce, B – pomalu degradovatelná proteinová frakce, C – nedegradovatelná proteinová frakce, Kd-A, B1, B2, B3, C – rychlost degradace jednotlivých frakcí, strav. A, B1, B2, B3 – RUP jednotlivých frakcí stravitelný v tenkém střevě, RUP1x – ruminálně nedegradovaný protein při záchovné dávce

Tab. 7. Obsahy esenciálních aminokyselin v původním materiálu a v RUP řepkového šrotu (Canola Council of Canada, 2015)

Table 2. Essential amino acid composition of canola meal and the canola meal escape protein fraction as determined by Cornell University¹

AMINO ACID	AMINO ACIDS AS % OF DM		AMINO ACIDS AS % OF TOTAL PROTEIN	
	RUP FRACTION	INTACT MEAL	RUP FRACTION	INTACT MEAL
ARG	2.23	2.17	6.19	6.03
HIS	0.91	0.92	2.53	2.56
ILE	1.28	1.24	3.56	3.44
LEU	2.68	2.52	7.44	7.00
LYS	1.76	1.84	4.89	5.11
MET	1.55	1.27	4.31	3.53
PHE	1.49	1.44	4.14	4.00
TRP	0.51	0.48	1.42	1.33
VAL	1.54	1.44	4.28	4.00

¹Ross, et al., 2013

Příklad: Amino acids as % of DM – aminokyseliny v % sušiny, Amino acids as % of total protein – aminokyseliny v % celkového proteinu, RUP fraction – frakce nedegradovaného proteinu, intact meal – původní (neinkubovaný) šrot

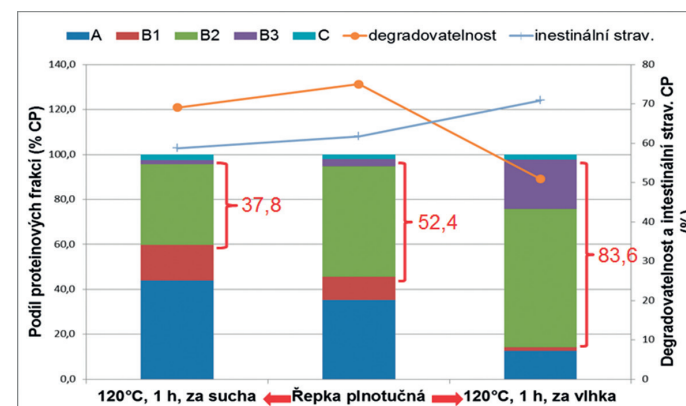
V textu již byla zmíněna pravděpodobnost rozdílu v aminokyselinovém složení mezi proteinem původního (v bacheru nedegradovaného) krmiva a RUP. Dle nových postupů hodnocení krmiv v rámci Cornellského systému v oblasti stravitelnosti proteinu v tenkém střevě (Ross et al., 2013) bylo zjištěno, že řepkový RUP má značně vyšší zastoupení methioninu než celkový protein intaktního krmiva (Tab. 7). Znamená to, že řepka má jako zdroj methioninu mezi ostatními proteinovými krmivy výsadní postavení. Aby se co nejvýrazněji projevilo příznivé aminokyselinové složení RUP řepky, je proto třeba zajistit maximální ochranu proteinu před jeho degradací v bacheru.

2.5.2 Užití Cornellského systému pro hodnocení účinnosti tepelné úpravy krmiv na bázi řepky

Na hodnocení účinnosti tepelného procesu při úpravě krmiv za účelem zvýšení podílu bypass proteinu se v rámci většiny systémů používá metoda *in situ*. Jak už bylo zmíněno v kapitole o systému hodnocení proteinu krmiv, jde o poměrně náročný a nákladný postup vyžadující kanylovaná zvířata. Pro optimalizaci tepelného procesu úpravy krmiv v rámci vývoje nových technologií, kdy je potřeba vyhodnotit mnoho variant nastavení vstupních parametrů, je tato metoda neefektivní. Pro tento účel je proto výhodné použít laboratorní metodu frakcionace proteinu dle Licitry et al. (1996) používané pro hodnocení proteinu krmiv v rámci Cornellského systému (viz kap. 2.3.5.2).

V rámci hodnocení účinnosti tepelného procesu se posuzuje změna v zastoupení nerozpustných frakcí B2 a B3. Především frakce B3 vykazuje nejnížší rychlost degradace, a proto lze při jejím navýšení očekávat nižší degradovatelnost NL, jak je znázorněno na Obr. 12. Důležitým parametrem je i podíl frakce C, její nepřiměřené navýšení způsobuje pokles intestinální stravitelnosti. Výsledné vlastnosti tepelně upravených krmiv jsou ovlivněny nejen použitou technologií (mikronizace, toustování, extruze aj.), teplotou a dobou jejího působení, ale i dalšími parametry jako je vlhkost. Autoři Samadi et al. (2013; viz Obr. 12) porovnávali vliv vlhkosti při tepelné úpravě plnotučné řepky na strukturu proteinu na další parametry související s metabolismem NL u přežvýkavců. Tepelný proces za vlhka navýšil součet frakcí B2+B3 (z 52,4 na 83,6 % NL) na úkor frakcí A a B1, což zajistilo snížení degradovatelnosti NL (ze 75,0 na 50,9 % NL) se současným navýšením intestinální stravitelnosti (ze 61,8 na 70,9 % RUP) (Obr. 12). Ze sledování vyplývá, že řepka je představitelem proteinových krmiv, u kterých má tepelná úprava za sucha spíše negativní důsledky v podobě snížení podílu součtu frakcí B2+B3 (z 52,4 na 37,8 % NL) a navýšení podílu frakce C v důsledku Maillardovy reakce, a tím i snížení intestinální stravitelnosti (ze 61,8 na 58,8 % RUP).

Obr. 12. Vliv vlhkosti při tepelné úpravě plnotučné řepky na přesun proteinových frakcí, degradovatelnost a intestinální stravitelnost dusíkatých látek (Samadi et al., 2013)



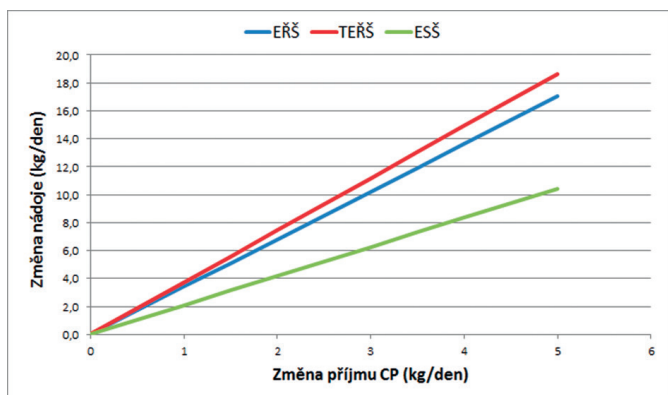
2.5.3 Porovnání odezvy užitkovosti na přidavek krmiv na bázi řepky do krmných dávek dojnic

Jak už bylo zmíněno v úvodu, po zákazu zařazování krmiv na bázi živočišných proteinů do krmných dávek přežvýkavců se sója stala majoritním zdrojem rostlinného proteinu. Vzhledem k negativním vlivům souvisejících s touto komoditou (závislost na světových cenách, rozšíření jako GMO) se hledaly jiné především tuzemské zdroje, z nichž řepka hraje nejvýznamnější roli. Značný počet experimentů zaměřený na ověření jejího zařazení do krmných dávek dojnic používal jako srovnávací proteinové krmivo právě sóju. Nejrozsáhlejší rešerši a metaanalýzu v této oblasti publikovali Huhtanen et al. (2011) (122 publikací, 292 porovnávaných průměrů). Publikované experimenty na dojnicích spojoval typ krmné dávky postavený převážně na travní senáži s případným přidavkem jetelovinové nebo cereální siláže. Se sójovým extrahovaným šrotem byl porovnáván neupravený nebo tepelně upravený řepkový šrot. Autoři potvrdili, že přidavek proteinového doplňku na bázi řepky do krmné dávky dojnic měl výraznější odezvu v přírůstku nádoje (3,4 kg mléka na 1 kg CP) ve srovnání se sójovým extrahovaným šrotem (2,1 kg mléka na 1 kg CP), přičemž tepelně

upravený řepkový šrot vykazoal o něco strmější nárůst (3,7 kg mléka na 1 kg CP), viz Obr. 13. Současne byl v případě proteinových doplňků na bázi řepky potvrzen ($P < 0,01$) vyšší příjem sušiny ve srovnání se sójovým extrahovaným šrotem. Průměrné navýšení příjmu sušiny činilo 0,026 kg na 1 g přírůstku NL v 1 kg sušiny krmné dávky u neupraveného řepkového šrotu, 0,035 kg u tepelně upraveného řepkového šrotu a pouze 0,011 kg v případě sójového extrahovaného šrotu. Obdobným směrem zaměřenou metaanalýzu provedli také autoři Martineau et al. (2013) (22 publikací, 27 experimentů, 88 diet), kteří však do hodnocení zahrnuli i krmné dávky postavené na cereálních silážích a senážích (kukuřice, ječmen na zeleno).

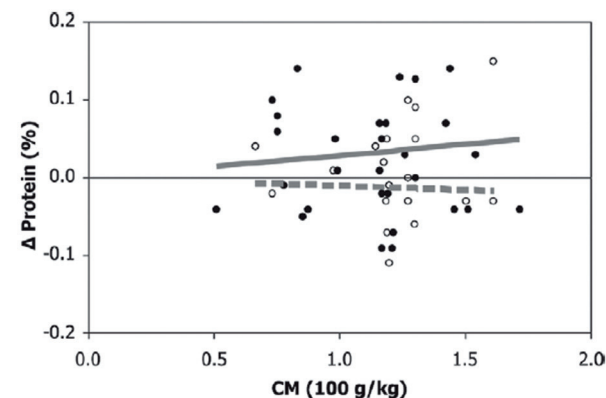
Autoři dokladovali, že jednoznačně pozitivní odezva koncentrace mléčného proteinu na kladnou diferenci mezi přidavkem dusíkatých látek prostřednictvím proteinových doplňků na bázi řepky a sójovým extrahovaným šrotem byla dosahována u krmných dávek postavených na travních nebo jetelovinotravních silážích. V případě krmných dávek na bázi cereálních siláží (obilné senáže, kukuřičná siláž) se difference přidavku dusíkatých látek mezi řepkou a sójou na změně obsahu mléčného proteinu neprojevil (Obr. 14).

Obr. 13. Vztah mezi změnou příjmu dusíkatých látek a změnou nádoje u extrahovaného řepkového šrotu neupraveného, tepelně upraveného a sójového extrahovaného šrotu (vypočítáno z výsledků rešerše autorů Huhtanen et al., 2011)



Legenda: EŘŠ – extrahovaný řepkový šrot, TERŠ – tepelně upravený řepkový šrot, ESŠ – extrahovaný sójový šrot

Obr. 14. Vztah mezi přidavkem řepkového šrotu a změnou koncentrace mléčného proteinu (Martineau et al., 2013)



Δ Protein (%) = změna v koncentraci mléčného proteinu, CM (100g/kg) = rozdíl mezi přidavkem řepkového šrotu a kontrolního proteinového doplňku (sójového šrotu), plná čára a plné body = odezva u travních a jetelotravních krmných dávek, čárkovaná čára a nevyplněné body = odezva u cereálních siláží

Dle Huhtanena et al. (2011) je hlavním důvodem vyšší užitkovosti dojníc s proteinovým doplňkem na bázi řepky jeho aminokyselinové složení příznivější pro tvorbu mléčného proteinu ve srovnání se sójou. Jak je zřejmé z Obr. 5, řepkový protein je vedle methioninu současně dobrým zdrojem histidinu. Právě histidin je limitující aminokyselinou v krmných dávkách na bázi travních siláží (Vanhatalo et al., 1999). Huhtanen et al. (2011) se domnívá, že právě příznivější aminokyselinové složení řepky lépe vyvažuje krmnou dávku na potřebu jednotlivých esenciálních aminokyselin, což vede v důsledku potenciálně vyšší mléčné produkce k vyšší potřebě energie a tím i zvýšenému příjmu sušiny. Paradoxně zde může hrát pozitivní roli i nižší obsah energie u krmiv na bázi řepky ve srovnání se sójou, což může dále navyšovat příjem sušiny.

Uvedené poznatky o bypassu rozpustných NL byly zapracovány do aktualizace Cornellského systému verze 6.1. Z Tab. 6 je zřejmé, že přes vyšší podíl rozpustných NL řepkový extrahovaný šrot vykazuje vyšší hodnotu RUP než sójový

extrahovaný šrot, což umožňuje správněji interpretovat výše uvedený pozitivní vliv přídatku krmiv na bázi řepky do krmné dávky dojníc. Z těchto důvodů je právě Cornellský systém vhodný pro hodnocení krmiv a optimalizaci krmných dávek na bázi řepky pro dojnice.

2.5.4 Příklady krmných dávek na bázi řepky pro dojnice

2.5.4.1 Náhrada sójového extrahovaného šrotu tepelně upravenými řepkovými pokrutinami v krmné dávce pro dojnice založené na travní senáži

V severských zemích se již více než 15 let ve výživě dojníc využívají hydrotermálně upravené řepkové expelery s pozitivním efektem na užitkovost. Experiment s porovnáním tepelně upravených řepkových pokrutin se sójovým extrahovaným šrotem v krmné dávce pro dojnice publikovali autoři Shingfield et al. (2003).

Parametry dojníc

- počet: 16 ks
- plemeno: Finnish Ayrshire (ŽH = 555 kg)
- průměrný počet laktací: 2,4
- průměrný počet dnů laktace: 100
- průměrná dojivost: 34,1 kg

Cíl experimentu

Porovnání 2 proteinových doplňků na 3 úrovních přídatků (izoenergetická a izonitrogenní krmná dávka): tepelně upravené řepkové pokrutiny, sójový extrahovaný šrot. Řepkové pokrutiny získány systémem „předlis – dolis“ při 80 °C, expelery zahřívány po dobu 45 min při 100 °C a vlhkosti 18 % v hydrotermálním reaktoru

Tepelně upravené řepkové pokrutiny a sójový extrahovaný šrot byly použity na přípravu krmných směsí, jejichž složení je uvedeno v Tab. 8. Podíl proteinových doplňků byl upraven tak, aby obsahy NL v kontrolní a porovnávaných krmných dávkách (R1 vs. S1, R2 vs. S2, R3 vs. S3) činily 120, 150, 180 a 210 g/kg sušiny.

Tab. 8. Složení krmných směsí (g/kg krmné hmoty)

Komponenta	Kontrola	R 1	R 2	R 3	S 1	S 2	S 3
Ječmen	380	333	287	240	346	313	280
Oves	380	333	287	240	346	313	280
Řepné řízky	190	167	143	120	173	156	140
Tepelně upravené řepkové expelery	120	240	360				
Sójový extrahovaný šrot					80	160	240
Vitamíny a minerály	20	20	20	20	20	20	20
Fosforečné minerály a vitamíny	15	10	5		22	26	30
Uhlíčitán vápenatý	10	10	10	10	8	7	5
Chlorid sodný	5	7	9	10	5	5	5

Tab. 9. Živinové složení travní senáže a krmných směsí

		Krmná směs						
	Silage	Control	R 1	R 2	R 3	S 1	S 2	S 3
Sušina (g/kg)	279	882	882	884	885	879	877	875
Živinové složení (g/kg)								
Organická hmota	920	914	912	912	911	906	902	897
NDF	550	228	234	240	246	213	199	185
Tuk	42,1	28,5	36,4	44,4	52,3	27,1	25,8	24,6
NL	157	117	147	177	207	147	178	209
ME (MJ/kg sušiny)	10,59	12,12	12,15	12,18	12,14	12,14	12,09	12,04

Tab. 10. Příjem sušiny, produkce mléka a mléčných složek, koncentrace mléčných složek, obsah močoviny a efektivita využití dusíku

Parametr	Kontrola	R 1	R 2	R 3	S 1	S 2	S 3	SEM	P (R vs. S)
Příjem sušiny (kg/den)									
Travní siláž	11,6	11,9	12,3	12,4	12	12,2	12,5	0,13	***
Celkem	20	20,6	20,9	20,8	20,3	20,4	20,5	0,18	**
Výtěžek									
Mléko (kg/den)	26,2	28,2	29,3	30,1	26,9	27	28,5	0,43	**
Tuk (g/den)	1325	1354	1343	1410	1335	1342	1404	27,3	*
Protein (g/den)	859	930	967	993	902	889	954	14,1	**
Obsah									
Tuk (g/kg)	51,2	48,9	46,9	47,3	50,8	50,7	49,9	0,87	**
Protein (g/kg)	33,5	33,9	33,7	33,4	34,3	33,6	33,8	0,3	
Močovina (mmol/l)	3,3	3,9	4,71	5,24	4,37	5,19	5,87	0,124	**
Efektivita využití									
Mléko-N/ příjem-N (g/g)	0,3	0,29	0,27	0,27	0,28	0,26	0,26	0,003	*

Závěr

Jak vyplývá z Tab. 10, přídatek v podobě tepelně upravených řepkových expele-rů zajistil ve srovnání se sójovým extrahovaným šrotem zvýšení nádoje v průměru o 1,7 kg/den. Řepka též vykazovala lepší efektivitu využití dusíku. V krmných dávkách na bázi travních siláží lze sójový extrahovaný šrot nahradit proteinovým doplňkem na bázi řepky při zajištění stejné koncentrace NL v krmné dávce s pozitivním efektem na mléčnou produkci. Nejlepší efektivita využití dusíku se jeví při obsahu NL v krmné dávce ve výši 150 g/kg sušiny.

2.5.4.2 Náhrada sójového extrahovaného šrotu řepkovým extrahovaným šrotem v krmné dávce pro dojnice založená na kukuřičné siláži s přídatkem vojtěškové senáže (Broderick et al., 2015)

Cíl experimentu

Porovnání 2 proteinových doplňků na 2 úrovních přídávků (izoenergetická a izo-nitrogenní krmná dávka): sójový extrahovaný šrot (SEŠ), řepkový extrahovaný šrot (ŘEŠ)

Uvedené proteinové doplňky byly zařazeny do směsné krmné dávky ve dvou úrovních koncentrace NL (cca 15 a 17 %) postavené na 40 % suš. kukuřičné siláže a 26 % vojtěškové senáže.

Tab. 11. Komponenty krmné dávky (% suš.)

Parametr	15% NL		17% NL	
	ESŠ	EŘŠ	ESŠ	EŘŠ
Kukuřičná siláž	40	40	40,1	39,9
Vojtěšková senáž	26,1	26,1	26,1	26,1
Vlhké kukuřičné zrno	21,1	18,1	17,1	13,1
Drcené kukuřičné zrno	1,38	1,38	1,38	1,38
Extrahovaný sójový šrot	8,7	0	12,7	0
Extrahovaný řepkový šrot	0	11,4	0	17,1
Melasa	0,03	0,03	0,03	0,03
Síran vápenatý	1,36	1,36	1,36	1,36
Monokalciom fosfát	0,22	0,22	0,22	0,22
Chlorid sodný	0,18	0,18	0,18	0,18
Magnezium oxid/síran	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitaminy, mikroprvky	0,13	0,13	0,13	0,13

Tab. 12. Živiny krmné dávky (% suš.)

Parametr	15 % NL		17 % NL	
	ESŠ	ERŠ	ESŠ	ERŠ
NL	14,7	14,5	16,6	16,4
Popel	5,9	6,2	6,1	6,6
NDF	28,9	31,6	29	32,9
ADF	19,2	20,9	19,4	21,8
NDIN, % NL	14	20,5	11,4	20,7
ADIN, % NL	8,6	7,4	5,3	5,8
B3, % NL	5,4	13,2	6,1	14,9
Tuk	2,5	2,8	2,5	2,7
NFC	50,1	47,8	47,7	44,8
Škrob	28,8	27,3	28,4	23,1
Vápník	0,89	0,94	0,9	0,98
Fosfor	0,36	0,42	0,38	0,47
NEL Mcal/kg	1,51	1,5	1,51	1,51

Tab. 13. Příjem sušiny, produkce mléka a mléčných složek, koncentrace mléčných složek, obsah močoviny a efektivita využití dusíku

Parametr	15 % NL		17 % NL		SEM
	SBM	CM	SBM	CM	
Příjem sušiny (kg/d)	23,7	24,3	24,5	24,5	0,62
Mléko (kg/d)	38,4	39,3	39,4	40,5	1,32
Tuk (%)	3,99	3,95	3,97	4,09	0,099
Tuk (kg/d)	1,53	1,54	1,57	1,64	0,062
Skuteč. protein (%)	3,06	3,06	3,05	3,1	0,054
Skutečný protein (kg/d)	1,17	1,19	1,2	1,23	0,038
MUN ¹ (mg/dL)	9,9	8,4	12,7	11,8	0,26
Milk-N:N intake (%)	32,8	32,9	28,8	30	0,64

¹ milk urea nitrogen – mléčný močovinný dusík

Závěr

Jak vyplývá z Tab. 13, v případě krmné dávky postavené na kukuřičné siláži s přidavkem vojtěškové senáže se vyšší užitkovost (+ 0,9 kg mléka na den) v případě přidavku ŘEŠ ve srovnání se SEŠ projevila pouze na nižší úrovni NL (15 %) v krmné dávce. U krmné dávky s vyšší koncentrací NL (17 %) byl zaznamenán shodný nádoj, přidavek ŘEŠ však zajistil lepší efektivitu využití dusíku.

2.6 Praktická doporučení pro zařazování krmiv na bázi řepky do krmných dávek pro dojnice

2.6.1 Řepka jako zdroj proteinu a aminokyselin

2.6.1.1 Obsah dusíkatých látek

Obsah NL u proteinových krmiv na bázi řepky (s výjimkou neupraveného řepkového semene) se pohybuje v průměru ve výši **39 % NL** v suš. (rozpětí 37 až 42 %). Ve srovnání se SEŠ, u kterého se uvádí průměrná hodnota ve výši **50 % NL** v suš. (rozpětí 39 až 54 %), je tento obsah v průměru **1,28-krát nižší** (1,18 až 1,45-krát nižší). Shingfield et al. (2003), kteří v experimentu na dojnicích nahrazovali SEŠ tepelně upravenými řepkovými pokrutinami s nižším obsahem NL použily 1,5-krát vyšší přidavek expelerů. Broderick et al. (2015) při náhradě SEŠ použili 1,3-krát vyšší přidavek ŘEŠ. Při náhradě sóji krmivem na bázi řepky je třeba přihlídnout k tomuto rozdílu v obsahu NL a příslušně navýšit podíl řepky v krmné dávce dojnic pro dosažení obsahu NL původně zajišťovaného sójovým proteinovým doplňkem. Z krmných experimentů na dojnicích vyplývá, že nejlepší efektivita využití přijatých NL byla dosahována při koncentraci NL v krmné dávce v rozpětí mezi 15 až 17 % NL v suš.

2.6.1.2 Bypass protein

V souvislosti s podílem bypass proteinu u ŘEŠ je třeba přihlídnout k novým informacím týkajících se možnosti bypassu rozpustných proteinových frakcí, které implementoval do svých výpočtů nově aktualizovaný Cornellský systém

pro optimalizaci krmných dávek pro dojnice. V rámci aktualizace Cornellského systému (Van Amburgh et al., 2010) byly v souvislosti s přehodnocením výsledků četných experimentů provedeny opravy rychlostí bacherové degradace jednotlivých proteinových frakcí, čímž se přiblížily k reálným hodnotám (Tab. 14). Snížení průměrných rychlostí degradace frakcí A a B1 umožnilo vysvětlit tu skutečnost, že i rozpustné dusíkaté frakce mohou uniknout degradaci v bacheru a přispět tak ke zvýšení podílu RUP (bypass proteinu). Dle aktualizovaného Cornellského systému tak ŘEŠ vykazuje vyšší podíl RUP (31 % NL) ve srovnání se SEŠ (18 % NL), což vysvětluje obvykle lepší odezvu v mléčné produkci na přidání ŘEŠ do krmných dávek pro dojnice. V rámci ostatních dosud používaných systémů hodnocení krmiv je tak ŘEŠ po stránce zdroje metabolizovatelného proteinu ve srovnání se SEŠ podhodnocován.

Tab. 14. Porovnání rychlostí degradace (%×h-1) jednotlivých proteinových frakcí v bacheru mezi původní a aktualizovanou verzí Cornellského systému (Van Amburgh et al., 2010)

Názvy frakcí	Definice frakcí	Původní verze (CNCPS 6.0)	Aktualizovaná verze (CNCPS 6.1)
		Rychlost degradace Kd (%×h-1)	
A	NPN (neproteinové NL)	10 000	200
B1	peptidy s delším řetězcem a rozpustné proteiny	130 - 300	10 - 40
B2	většina albuminů a gluteliny	2 - 20	3 - 20
B3	proteiny navázané do vlákninového komplexu	0,05 - 2	1 - 18
C	nestravitelný protein	0	0

2.6.1.3 Aminokyseliny

Krmiva na bázi řepky jsou ve srovnání se sójou lepším zdrojem methioninu, což přispívá k optimálnějšímu aminokyselinovému složení pro tvorbu mléčného proteinu. Uvedené lepší mléčné aminokyselinové skóre u řepky zajišťuje efektivnější využití přijatých NL a krmná dávka vybalancovaná na potřebu aminokyselin tak dále podporuje zvyšování příjmu sušiny dojniciemi a současně i zvyšování příjmu ostatních esenciálních aminokyselin především histidinu, jehož je řepka také dobrým zdrojem. Histidin je limitující aminokyselinou u krmných dávek postavených na travní a jetelo-travní senáži s přidáním obilnin (kromě kukuřice) především ječmene nebo ovsu, který obsahuje v bacheru rychle degradovatelný škrob. Uvedený typ krmné dávky zvyšuje produkci bacherového mikrobiálního proteinu, který je deficitní právě na zmíněný histidin. Z těchto důvodů se náhrada SEŠ v krmných dávkách pro dojnice postavených na senážích s krmným doplňkem na bázi řepky projevuje na mléčné produkci výrazně pozitivně.

2.6.2 Řepka jako zdroj energie

ŘEŠ (NDF = 28 % suš., ADL = 11 % suš., NEL = 6,8 MJ/kg suš.) obsahuje v průměru téměř 3x vyšší podíl vlákniny (NDF) a o řád vyšší obsah ligninu (ADL) ve srovnání se SEŠ (NDF = 10 % suš., ADL = 0,5 % suš., NEL = 8,6 MJ/kg suš.), což negativně ovlivňuje obsah energie (NEL). Obsah energie je tak v případě ŘEŠ v průměru **1,25-krát** nižší ve srovnání se SEŠ. Vzhledem k tomu, že v případě náhrady SEŠ přidáváme do krmné dávky dojníc pro vyvážení potřeby NL cca **1,28-krát** vyšší přírůstek ŘEŠ (viz výše), toto navýšení přibližně vyvažuje i deficit energie. Dle rešerše autorů Huhtanen et al. (2011), proteinové doplňky na bázi řepky díky optimálnímu aminokyselinovému složení mají tendenci zvyšovat příjem sušiny a tím i energie, což dle autorů postačuje na eliminaci potenciálního energetického deficitu u krmných dávek na bázi řepky. Znamená to tedy, že při náhradě sóji v krmných dávkách pro dojnice proteinovými doplňky na bázi řepky, není nutné krmnou dávku dotovat energeticky koncentrovanými doplňky.

Tab. 15. Doplněné parametry živinové hodnoty krmiv uvedených tabulkách č. 2, 3 a 4

Doplněk k tabulce č. 2 (Venclov systém)								
Položka	Jednotka	Řepka plnotučná semeno	Sója plnotučná boby	Řepkové pokruty	Sójové pokruty	Řepkový extrahovaný šrot-průměr	Sójový extrahovaný šrot-průměr	Sója plnotučná extrudovaná
PDIA	% suš.	1,5	3,7	9,6	15,5	10,3	19,5	20,6
PDIN	% suš.	13,1	24,0	24,2	33,6	25,1	35,8	31,4
PDIE	% suš.	4,1	8,7	14,2	21,0	15,3	25,0	23,4
Doplněk k tabulce č. 3 (Francouzský systém INRA 2007)								
Položka	Jednotka	Řepka plnotučná semeno (n=959)	Sója plnotučná extrudovaná (n=1162)	Řepkový extrahovaný šrot (n=2820)	Sójový extrahovaný šrot - 50 % NL (n=1453)	Řepka plnotučná extrudovaná	Řepkový šrot extrudovaný	
PDIA	% suš.	3,9	20,4	10,4	19,3	9,7	12,3	
PDIN	% suš.	13,0	29,7	24,7	36,1	15,2	25,4	
PDIE	% suš.	6,6	24,3	15,6	25,3	11,8	17,4	
Doplněk k tabulce č. 4 (Třináctý et al., 2016a)								
Položka	Jednotka	Řepkové pokruty extrudované	Sója plnotučná extrudovaná					
PDIA	% suš.	5,6	6,3					
PDIN	% suš.	5,1	4,1					
PDIE	% suš.	1,9	1,5					

Legenda: PDIA – protein z krmiva nedegradovaný v batoru stravitelný v tenkém střevě, PDIN – protein stravitelný ve střevě limitovaný zdrojem dusíku v batoru, PDIE – protein stravitelný ve střevě limitovaný zdrojem energie v batoru

3. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Dosud používané systémy hodnocení proteinu krmiv postavené na metodě *in situ* vykazují nepřesnosti v odhadu nedegradovaného podílu NL v důsledku podceňování vlivu rozpustné frakce. Tento hendikep se zvyrazňuje především u krmiv s vyšším podílem rozpustných proteinových frakcí, mezi které se řadí i krmiva na bázi řepky. V metodice jsou uvedeny postupy analýz v oblasti frakcionace dusíkatých látek, které jsou součástí nově aktualizovaného Cornellského systému, plně použitelného v podmínkách ČR a navazují na některé dřívější práce, např. Venclov et al. (1991), Zeman et al. (1995) a Sommer et al., (1994). Nové metody hodnocení krmiv na bázi řepky tak, vedle celkového zpřesnění použitím moderních analýz, přispívají k lepší optimalizaci krmných dávek a zlepšují situaci ve využívání tuzemských zdrojů krmiv.



4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika hodnocení kvality krmiv na bázi řepky po stránce zdroje proteinu aktualizuje postupy používané v ČR krmivářskými a poradenskými firmami. Umožňuje také rozšířit kvalitu výuky na školách biologického a zemědělského zaměření. Jedná se o střední školy, vysoké školy a výzkumná pracoviště.



5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předpokládané ekonomické přínosy uplatnění metodiky lze rozdělit do dvou položek:

1. Aktualizovaný systém hodnocení proteinu krmiv na bázi řepky umožňuje optimalizovat krmné dávky pro dojnice s nižším obsahem NL.
2. Náhrada sójového extrahovaného šrotu (SEŠ) v krmných dávkách pro dojnice proteinovými krmivy na bázi řepky snižuje v důsledku stabilního cenového rozdílu náklady na krmiva a v důsledku lepší efektivity využití NL zvyšuje současně mléčnou produkci.

Ad 1. V rámci dosud používaných systémů hodnocení krmiv vykazoval řepkový extrahovaný šrot (ŘEŠ) o více než 20 % nižší podíl v bachoru nedegradovatelného proteinu (RUP) ve srovnání se SEŠ. Z těchto důvodů bylo pro zajištění potřeby RUP při náhradě SEŠ v krmných dávkách pro dojnice doporučováno o tuto položku navýšit podíl ŘEŠ, který se tak pohyboval v průměru 1,5 násobku původního podílu SEŠ. Na základě výsledků aktualizovaného systému hodnocení krmiv proteinové doplňky na bázi řepky vykazují srovnatelný nebo i vyšší podíl RUP než SEŠ. Při náhradě SEŠ v krmných dávkách pro dojnice tak postačuje pouze dorovnat obsah dusíkatých látek. Uplatněním metodiky lze proto uspořit téměř 20 % proteinových doplňků na bázi řepky.

Ad 2. Podíl proteinových doplňků na bázi řepky při náhradě SEŠ v krmných dávkách pro dojnice se dle aktualizovaného systému bude pohybovat v průměrné výši 1,28 násobku původního podílu SEŠ. Ceny ŘEŠ se dle údajů z r. 2015 pohybovaly v průměru ve výši 55 % ceny SEŠ. Uvedený cenový rozdíl zajišťuje, že i při 1,28- násobném navýšení proteinových doplňků na bázi řepky při náhradě SEŠ v krmných dávkách pro dojnice, předpokládaná celková cena za proteinový doplněk bude minimálně o 20 % nižší. V důsledku lepší efektivity využití dusíkatých látek u proteinových doplňků na bázi řepky lze ve srovnání se SEŠ předpokládat vyšší užitkovost. Na základě seriózního odhadu



lze při náhradě SEŠ proteinovým doplňkem na bázi řepky v krmné dávce pro dojnice očekávat navýšení dojivosti o cca 0,5 kg/den.

Lze předpokládat, že do pěti let bude metodika uplatněna v cca 10 % chovů dojníc, což představuje cca 37 tis. dojníc s průměrnou denní dojivostí ve výši 21,9 litrů/kus a roční dojivostí 8 000 litrů/kus (celková roční produkce 295 mil. litrů mléka) dle Kvapilík et al. (2016). Při nárůstu dojivosti o 0,5 litrů mléka na den a kus to představuje navýšení celkové roční produkce mléka o 6,75 mil. litrů, což odpovídá navýšení tržeb za mléko při výkupní ceně 7,66 Kč/l (Kvapilík et al., 2016) ve výši cca 52 mil. Kč.



6. SEZNAM POUŽITÉ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Baranyk, P. 2013: Pěstování a zpracování řepky olejné. Tisková konference „Řepkový olej – olej nad zlato“ 13. února 2013 (http://www.olejnadzlato.cz/wp-content/uploads/2013/02/TM_Baranyk.pdf)
- Broderick, G.A., A.P. Faciola and L.E. Armentano. 2015: Replacing dietary soybean meal with canola meal improves production and efficiency of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98: 5672-5687
- Canola Council of Canada. 2015. Canola Meal Feeding Guide. 5th Edition. Canola Council of Canada, Winnipeg, MB. (http://www.canolacouncil.org/media/516716/2015_canola_meal_feed_industry_guide.pdf)
- Carpenter, K. J. 1960. The estimation of the available lysine in animal-protein foods. *Biochem J.*, 77, 604–610.
- Evans, E., Callum, C., Dyck, B. 2016: Review: New findings regarding the feeding value of canola meal for dairy cows. *J. Adv. Dairy Res.*, 4:1-3.
- Harstad, O.M., Prestløkken, E. 2000: Effective rumen degradability and intestinal indigestibility of individual amino acids in solvent-extracted soybean meal (SBM) and xylose-treated SBM (SoyPass®) determined in situ. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 83, 31–47.
- Huhtanen, P., M. Hetta, and C. Swensson. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a metaanalysis. *Can. J. Anim. Sci.* 91:529–543.
- Jarrige, R. (ED.), 1989: Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. INRA, John Libbey Eurotext, Paris, 400 pp. ISBN 0-86196-247-8.
- Koukal, P. 2016: GMO – strašák nebo východisko. *Náš chov*, 7, 26-27.
- Kvapilík, J., Kučera J., Bucek, P., Abrahamová, M., Škaryd, V., Veselá, Z., Koudelová, L., Vondrášek, L., Hřeben, F., Kopec, T., Král, P. 2016: Ročenka 2015. Chov skotu v české republice. Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2015. Praha. 2016.

- Licitra, G., T.M. Hernandez, and P.J. Van Soest. 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Sci. Feed Technol.*, 57, 347.
- Martineau, R., Ouellet, D. R., Lapierre, H. 2013: Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. *J. Dairy Sci.*, 96, 1701–1714.
- Moughan, P.J., Rutherford, S.M. 1996: A New Method for Determining Digestible Reactive Lysine in Foods. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 2202–2209.
- NRC 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC., pp. 381.
- O'Connor, J. D., Sniffen, C. J., Fox, D. G., Chalupa, W. 1993: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. *J. Anim. Sci.*, 71, 1298–1311.
- Orskov, E.R. and McDonald, I., 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92, 499-503.
- Pahm, A. A., C. Pedersen, and H. H. Stein. 2008b: Application of the reactive lysine procedure to estimate lysine digestibility in distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Agric. Food Chem.* 56: 9441–9446.
- Ross, D.A., Gutierrez-Botero, M., Van Amburgh, M. E. 2013: Development of an in vitro intestinal digestibility assay for ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* p190-202.
- Samadi, Theodoridou, K. and Yu. P. 2013. Detect the sensitivity and response of protein molecular structure of whole canola seed (yellow and brown) to different heat processing methods and relation to protein utilization and availability using ATRFT/IR molecular spectroscopy with chemometrics. *Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spectrosc.*, 105, 304-313.
- Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. Eds. 2004: Tables of composition and nutritive value of feed materials. INRA Editions Versailles, 304 p. ISBN 9076998418.

- Shingfield, K., Vanhatalo, A. and Huhtanen, P. 2003: Comparison of heat-treated rapeseed expeller and solvent-extracted soya-bean meal protein supplements for dairy cows given grass silage-based diets. *Anim. Sci.*, 77, 305-317.
- Sniffen, C. J., J. D. O'Connor, P. J. Van Soest, D. G. Fox, and J. B. Russell. 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, 70, 3562.
- Sommer, A., Čerešňáková, Z., Frydrych, Z., Králík, O., Králíková, Z., Krása, A., Pajtáš, M., Petrikovič, P., Pozdíšek, J., Šimek, M., Třináctý, J., Vencl, B., Zeman, L., 1994: Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. Pohořelice, 198 s.
- Svobodová, I. 2015: Situační a výhledová zpráva – olejniný. Odbor rostlinných komodit MZe., Ministerstvo zemědělství, ISBN 978-80-7434-224-0.
- Tiefenthaler, F. 2008: Heimische Eiweißfuttermittel - in der Milchviehfütterung. <http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen>
- Třináctý, J. (editor): Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest, Pohořelice, 2013, 592 s. ISBN: 978-80-260-2514-6.
- Třináctý, J., Richter, M., Křížová, L., 2009: Hodnocení energie krmiv pro dojnice dle NRC (2001). Metodika pro praxi., 42s. ISBN 978-80-87144-12-1
- Třináctý, J., Richter M., Křížová, L. 2016a: Comparison of maize silagebased diets for dairy cows containing extruded rapeseed cake or extruded full-fat soybean as major protein sources. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64, 901–909.
- Třináctý, J., Richter, 2010: Hodnocení kukuřičné siláže pro dojnice dle systému MILK 2006. Metodika pro praxi., 36s.
- Třináctý, J., Nedělník, J., Lang, J., Loučka, R., Kučera, J., 2016b: Effect of maize kernel endosperm type and maturity stage on ruminal in situ degradability and post-ruminal in vitro dry matter and starch digestibility. *Czech J. Anim. Sci.*, 61: 351-359.

- Třinácť, J., Šimek, M., Komprda, T., 1996. The influence of a nylon bag carrier on alfalfa crude protein degradability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 129–137.
- Van Amburgh, M. E., E.B. Recktenwald, D.A. Ross, L. E. Chase, and T. R. Overton 2010: Updates to the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Syracuse, NY.*
- Van Amburgh, M.E., Collao-Saenz, E.A., Higgs, R.J., Ross, D.A., Recktenwald, E.B., Raffrenato, E., Chase, L.E., Overton, T.R., Mills, J.K., Foskolos, A. 2015: The Cornell Net Carbohydrate and Protein System: Updates to the model and evaluation of version 6.5. *J. Dairy Sci.*, 98, 1-20.
- Vanhatalo, A., P. Huhtanen, V. Toivonen, and T. Varvikko. 1999: Response of dairy cows fed grass silage diets to abomasal infusions of histidine alone or in combinations with methionine and lysine. *J. Dairy Sci.* 82: 2674–2685.
- Vencl, B., Frydrych, Z., Krása, A., Pospíšil, R., Pozdíšek, J., Sommer, A., Šimek, M., Zeman, L., 1991: Nové systémy hodnocení krmiv pro skot (The New Systems of Feed Evaluation for Cattle). *Sborník AZV ČSFR č. 148, Praha, 134 s.*
- Zeman, L., Šimeček, K., Krása, A., Šimek, M., Lossman, J., Třinácť, J., Rudolfová, Š., Veselý, P., Háp, I., Doležal, P., Kráčmar, S., Tvrzník, P., Michele, P., Zemanová, D., Šiške, V., 1995: *Katalog krmiv. ČAZ, Pohořelice, 465 s.*

7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY

METODICE

- Richter, M., Třinácť, J., Doležal, P., 2007: Nová metoda stanovení živinové hodnoty kukuřičné siláže. *Krmivářství*, 11 (6), 42.
- Richter, M., Třinácť, J., Křížová, L., Zobač, P., 2007: Real consumption of NEL and PDI measured on dairy cows in comparison to requirement values calculated according to INRA. *Dairy cows nutrition and milk quality, Pohořelice, March, 105–108.*
- Sommer, A., Čerešňáková, Z., Frydrych, Z., Králík, O., Králíková, Z., Krása, A., Pajtáš, M., Petrikovič, P., Pozdíšek, J., Šimek, M., Třinácť, J., Vencl, B., Zeman, L.: *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. Pohořelice, 1994, 198 s.*
- Třinácť, J. (editor): *Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest, Pohořelice, 2013, 592 s. ISBN: 978-80-260-2514-6.*
- Třinácť, J., Nedělník, J., Lang, J., Loučka, R., Kučera, J.: Effect of maize kernel endosperm type and maturity stage on ruminal in situ degradability and post-ruminal in vitro dry matter and starch digestibility. *Czech J. Anim. Sci.*, 61, 2016b: 351-359.
- Třinácť, J., Richter, M., Křížová, L., 2009: Hodnocení energie krmiv pro dojnice dle NRC (2001). *Metodika pro praxi.* 41 s., ISBN 978-80-87144-12-1.
- Třinácť, J., Richter, M., 2010: Hodnocení kukuřičné siláže pro dojnice dle systému MILK 2006. *Metodika pro praxi.*, 36s.
- Třinácť, J., Richter, M., Zeman, L., 2007: Nové metody hodnocení siláží. *Náš chov*, 67, 50–52.
- Vencl, B., Frydrych, Z., Krása, A., Pospíšil, R., Pozdíšek, J., Sommer, A., Šimek, M., Zeman, L., 1991: Nové systémy hodnocení krmiv pro skot (The New Systems of Feed Evaluation for Cattle). *Sborník AZV ČSFR č. 148, Praha, 1991, 134 s.*



Zeman, L., Šimeček, K., Krása, A., Šimek, M., Lossman, J., Třináctý, J., Rudolfová, Š., Veselý, P., Háp, I., Doležal, P., Kráčmar, S., Tvrzník, P., Michele, P., Zemanová, D., Šiške, V.: Katalog krmiv. ČAZ, Pohořelice, 1995, 465 s.



8. DEDIKACE

Metodika pro praxi byla vypracována s institucionální podporou na rozvoj organizace MZe 1716.

Vydavatel: Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Troubsko,
Zahradní 1, Troubsko, 66441

Vydání: první

Náklad: 400 výtisků

Grafická úprava: Jana Adamová

Tisk: Agriprint, s.r.o., Wellnerova 7, 779 00 Olomouc

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN: 978-80-88000-14-3