JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělství

Studijní obor: Zemědělství

Katedra: Zootechnických věd

Vedoucí katedry: prof. Ing. Václav Matoušek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Stravitelnosti vlákniny kukuřičné siláže

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Luboš Zábranský Ph.D.

Autor bakalářské práce: Dominik Fous

České Budějovice, 2018

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: **2016/2017**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Dominik FOUS**
Osobní číslo:	**Z14133**
Studijní program:	**B4131 Zemědělství**
Studijní obor:	**Zemědělství - Prvovýroba**
Název tématu:	**Stravitelnosti vlákniny kukuřičné siláže**
Zadávající katedra:	**Katedra zootechnických věd**

Zásady pro vypracování:

Kukuřičná siláž je nejvýznamnějším objemným krmivem ve výživě laktujících dojnic. Stravitelnost vlákniny je pak jedním z faktorů, který významně ovlivňuje jejich užitkovost. Vláknina ve výživě dojnic je velmi důležitou živinou tvořenou mnoha sacharidovými složkami.
Cílem bakalářské práce je zpracování literární studie zabývající se stravitelností vlákniny kukuřičné siláže.
V literárním přehledu zpracujete technologii a konzervaci kukuřičné siláže, stravitelnost vlákniny a její význam ve výživě dojnic, popíšete stanovení stravitelnosti vlákniny kukuřičné siláže metodou in situ a in vitro. V závěru práce navrhnete doporučení pro praxi.

Rozsah grafických prací: **Dle pokynů vedoucího práce**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Bouška, J. et al. (2009): Chov dojeného skotu. Profi Press, Praha, 186 s. ISBN 80-86726-16-9.
Di Marco, O. N., Aello, M. S., Nomdedeu, M., Van Houtte, S. (2002): Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). Anim. Feed Sci. Technol., 99, pp. 37-43.
Gosselink, J. M. J., Dulphy, J. P., Poncet, C., Jailler, M., Tamminga, S., Cone, J. W. (2004): Prediction of forage digestibility in ruminants using in situ and in vitro techniques. Anim Feed Sci Technol., 115, pp. 227-246.
Reece, O. W. (1998): Fyziologie domácích zvířat. Grada Publishing, 449 s.
Třináctý, J. a kol. (2013): Hodnocení krmiv pro dojnice, AgroDigest, 1. vydání, 590 s. ISBN 978-80-260-2514-6
Zeman, L., Doležal, P., Kopřiva, A., Mrkvicová, E., Procházková, J., Ryant, P., Skládanka, J., Straková, E., Suchý, P., Veselý, P., Zelenka, J. (2006): Výživa a krmení hospodářských zvířat. 360 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Luboš Zábranský, Ph.D.**
Katedra zootechnických věd

Datum zadání bakalářské práce: **16. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2018**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

L.S.

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. ledna 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem odhalování plagiátu.

Datum Podpis

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na stravitelnosti vlákniny kukuřičné siláže. V práci je popsaná morfologie kukuřice, chemické složení zrna a některé pěstované druhy kukuřice. Součástí je kukuřičná siláž, technologie a konzervace kukuřičné siláže. Dále jsou popsány metody *in situ*, *in vitro* a systémy hodnocení krmiv dle NRC, INRA a MILK. V systémech hodnocení krmiva je popsáno jak postupovat při hodnocení jednotlivých látek v krmivu. Další část práce je zaměřena na vlákninu, na vliv vlákniny ve výživě zvířat a její hodnocení. V závěru práce je uvedeno doporučení pro praxi.

Klíčová slova:

Kukuřice, kukuřičná siláž, hodnocení krmiv, vláknina

Abstract

This thesis is focused on the fiber digestibility of maize silage. The thesis describes the morphology of corn, the chemical composition of the grain and some cultivated maize species. The corn silage, technology and preservation of corn silage are included. Metods In-situ, in-vitro and feed assessment systems according to NRC, INRA and MILK are also described. Feed assessment systems describe how to proceed with the evaluation of individual substances in the feed. Next part of the thesis is focused on fiber and its evaluation. In the end of the thesis are recommendations for practice.

Keywords:

Maize, corn silage, feed evaluation, fiber

Seznam zkratek:

AA – aminokyseliny

ADF – acidodetergentní vláknina

ADICP – nerozpustný protein v kyselém detergentu

ADL – acidodetergentní lignin

BNLV – bez dusíkaté látky výtažkové

BW – tělesná hmotnost

$CaCl_2$ – chlorid vápenatý

CCM – pošrotovaná směs palic s vřeteny bez listenů (corn cob mix)

CP – dusíkaté látky

Deg – teoretická degradovatelnost

dsi – intestinální (střevní) stravitelnost

FOM – fermentovatelná organická hmota

H_2O – voda

H_2SO_4 – kyselina sírová

H_3BO_3 – kyselina boritá

HCl – kyselina chlorovodíková

KH_2PO_4 – dihydrogenfosforečnan draselný

KOH – hydroxid draselný

LKS – hrubě pošrotované olistěné palice včetně vřeten (lieshcen kolben schrott)

$MgSO_4$ – síran hořečnatý

M-HCL – mol kyseliny chlorovodíkové

MJ NEL/kg – megajoule netto energie laktace na kilogram

Na_2CO_3 – uhličitan sodný

NaCl – chlorid sodný

NaOH – hydroxid sodný

NDF – neutrálně detergentní vláknina

NDFD – stravitelnost NDF metodou *in vitro*

NDICP – nerozpustný protein v neutrálním detergentu

NEL – netto energie laktace

NEV – netto energie výkrmu

NFC – nevláknité sacharidy

NH_3 – amoniak

N-látky – dusíkaté látky

OMd – stravitelnost organické hmoty *in vivo*

PDI – protein stavitelný v tenkém střevě

PDIE – protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem energie v bachoru

PDIN – protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem dusíku v bachoru

UFL – krmná jednotka laktace

UFV- krmná jednotka výkrmu

VÚVZ – výzkumný ústav výživy zvířat

Poděkování:

Děkuji panu Ing. Luboši Zábranskému, Ph.D. za pomoc, poskytnuté rady a vstřícný přístup při vypracování této bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod 12

2. Literární přehled 13

2.1 Kukuřice 13

2.1.1 Morfologie 13

2.1.2 Chemické složení kukuřičného zrna 16

2.1.3 Druhy 17

2.2. Kukuřičná siláž 18

2.2.1 Způsoby silážování kukuřice 21

2.2.1.1 Dělená sklizeň kukuřice 21

2.2.1.2 Celozrnná siláž kukuřice 22

2.2.1.3 Silážování mačkaného vlhkého zrna kukuřice 22

2.2.1.4 Siláž kukuřičné slámy 23

2.3 Hodnocení krmiv 23

2.3.1 Metoda in situ, in vitro a in vivo 23

2.3.2 Weendská analýza 24

2.3.3 Hodnocení dle NRC (2001) 24

2.3.3.1 Stanovení sušiny 24

2.3.3.2 Stanovení popele 25

2.3.3.3 Stanovení dusíkatých látek 25

2.3.3.4 Stanovení tuku 25

2.3.3.5 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny 26

2.3.3.6 Stanovení acidodetergentní vlákniny 26

2.3.3.7 Stanovení acidodetergentního ligninu 26

2.3.3.8 Stanovení dusíkatých látek nerozpustných v neutrálním detergentu 26

2.3.3.9 Stanovení dusíkatých látek nerozpustných v kyselém detergentu 26

2.3.3.10 Stanovení stravitelnosti NDF metodou in vitro 27

2.3.3.11 Stanovení obsahu škrobu v krmivu 27

2.3.3.12 Stanovení stravitelnosti živin 28

2.3.3.13 Stanovení cukrů 29

2.3.3.14 Stanovení kvality fermentace siláží 30

2.3.3.15 Stanovení obsahu alkoholů a silážních kyselin 31

2.3.4 Hodnocení dle INRA 31

2.3.4.1 Stanovení sušiny 32

2.3.4.2 Stanovení vlákniny 32

2.3.4.3 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny, acidodetergentní vlákniny a acidodetergentního ligninu 32

2.3.4.4 Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou 33

2.3.4.5 Stanovení degradovatelnosti dusíkatých látek enzymatickou metodou s použitím proteázy 34

2.3.4.6 Hodnocení energie krmiv dle systému INRA 34

2.3.4.7 Hodnocení proteinu krmiv dle systému INRA 34

2.3.4.8 Hodnocení plnivosti krmiv dle INRA 35

2.3.5 Hodnocení dle MILK 36

2.3.5.1 Stanovení parametru KPS (Kernel Processing Score) 36

2.3.5.2 Stanovení parametru DSA (Degree of Starch Acces) 37

2.3.5.3 Stanovení stravitelnosti škrobu kombinovanou in situ – in vitro metodou 37
2.3.5.4 Stanovení stravitelnosti NDF metodou in vitro 38

2.4 Vláknina 39
2.4.1 Vláknina v krmivu 39
2.4.2 Hodnocení vlákniny 40
2.4.2.1 Weendská metoda 41
2.4.2.2 Systém NRC (2001) 41
2.4.2.3 Systém dle MILK 41

3. Doporučení pro praxi 42

4. Závěr 43

5. Seznam literatury 44

1. Úvod

Siláž je v dnešním zemědělství nejvýznamnější objemné krmivo a jen těžko si lze představit chov hospodářských zvířat, především skotu, bez něj. Konzervace krmiva silážováním je známá už z dob starého Egypta, ale rozvoj silážování začal až ve 2. polovině 20. století, kdy se vyvíjely techniky zpracování, ale především kvalita a zdravotní nezávadnost silážního krmiva. Kukuřičná siláž patří k energeticky nejbohatšímu krmivu, jehož výroba není ekonomicky náročná. Při současném výběru mezi kukuřičnými hybridy je možné vyrobit kvalitní kukuřičnou siláž bez použití silážních aditiv a pěstovat kukuřici na siláž i ve výše položených regionech, a to až nad 500 m. Kukuřičná siláž se řadí mezi snadno vyrobitelná krmiva a je tedy vyráběna ve většině podniků s živočišnou výrobou. I přes snadnost výroby krmiva je důležité dbát na sklizňové, konzervační a skladovací podmínky a to od výběru pěstovaného hybrida a úpravy půdy, přes způsob sklizně až po rychlost uskladnění a kvalitu fermentace.

Cílem práce je popsat morfologii kukuřice, chemické složení zrna, způsoby technologie a konzervace kukuřičné siláže. Dále popsat metody *in situ*, *in vitro* a systémy hodnocení krmiv dle NRC, INRA a MILK. Následně zhodnotit vlákninu a její hodnocení. V závěru práce bude uvedeno doporučení pro praxi.

2. Literární přehled

2.1 Kukuřice

Původním domovem kukuřice je střední a jižní Amerika, za centrum domestikace je považováno Mexiko a Peru. Do dnešní doby však nebyla objevena původní divoká forma. Teorií o vzniku kukuřice je známo několik. Nejpravděpodobnější je, že vývoj probíhal vzájemným křížením různých forem kukuřice a příbuzných rodů ve střední Americe (Zimolka a kol., 2008). Nejstarší dochované zbytky kukuřice jsou staré více než 5500 let. Ve městě Inků byl nalezen chrám patřící bohyni kukuřice, v něm byly objeveny stříbrné a zlaté kukuřičné klasy (Šašková, 1993). Po objevení Ameriky se kukuřice dostala do Afriky, Asie a Evropy, kde se díky své přizpůsobivosti a produktivitě rychle šířila. Velký rozvoj pěstování kukuřice u nás začal na počátku 20. století s nástupem hybridních druhů (Zimolka a kol., 2008).

V dnešní době má kukuřice hlavní směry v pěstování na zrno, na siláž a pro výroby obnovitelné energie v bioplynových stanicích. V oboru krmivářství se neustále vyvíjí nové možnosti sklizně, úpravy, konzervace, skladování, ale také využití kukuřičných produktů (Zimolka a kol., 2008). Vedlejších směrů využití kukuřice je více, ale nemají velké zastoupení. Kukuřici je možné využít v chemickém, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu, dále se využívá k výrobě papíru, lepenky, bioplastů a v potravinářském průmyslu pro výrobu škrobu, izoglukózy. Z kukuřice se také získává tuk a olej a je možné ji využit i v pekařství (Novák, 1995).

Význam kukuřice v posledních letech stoupá a patří mezi nejvýznamnější a nejčastěji pěstované plodiny (Feranec, 1982). Dle Zimolky a kol. (2008) jsou možnosti využití kukuřice i díky změně klimatu širší a vedou k rozšiřování do nových oblastí. Z těchto důvodů probíhá šlechtěný nových odrůd, které jsou více tolerantní k odlišnému klimatu, teplotám, srážkám a k různým možnostem růstu.

2.1.1 Morfologie

Taxonomicky se kukuřice řadí do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), rodu kukuřice (*Zea*) a jde o jednoletou a jednodomou rostlinu (Skládanka, 2006).

Kukuřice má svazčitý kořenový systém, který může dosáhnout hloubky až 3 metry (Skládanka, 2006). Jemné kořínky sahají do hloubky pouze 20 centimetrů

a šířky přes 100 centimetrů. Kořeny kukuřice se dělí na dva typy, na primární a sekundární. Primární kořeny vznikají již v zárodku, sekundární během růstu. V zárodku je vždy založen jeden primární kořen a různý počet kořenů sekundárních. Primární kořen, tzv. radicula, roste do velké hloubky a dělí se na boční kořeny, které mají význam v začátku růstů rostliny. Hlavní zásobování vodou a živinami mají na starosti sekundární kořeny. Vývoj kořenů je v začátcích růstů velký, v prvních 4 týden sahají kořeny do hloubky až 40 centimetrů. Na třech až čtyřech nadzemních kolencích vznikají vzdušné kořeny, které mají za úkol chránit rostlinu před polehnutím, vyživují rostlinu a dokáží vstřebat vodu (Zimolka a kol., 2008).

Stéblo kukuřice je vzpřímeně dužnaté, na povrchu hladké a dosahuje výšky přes 300 centimetrů. Stéblo má podle hybridu 8 – 10 článků. Stejně jako stonky ostatních rostlin, i u kukuřice stonek umožňuje přenos látek mezi listy a kořeny. Článek, který na sobě nese klas je odkloněn od vertikální osy rostliny, aby byl schopný vyvažovat rostoucí klas. Z každého kolénka na stéble vyrůstá list a na vrcholu stébla je lata. Pevnost stébla je zvýšena obsahem dřeně v článcích stébla. Z kolének se mohou vytvořit postranní odnože, které však hlavnímu stéblu konkurují, a proto byli vyšlechtěni rostliny bez tvorby postranních větví. Velikost rostliny je ovlivněna stanovištěm, úrodností půdy, zásobením vodou a živinami, teplotou, délkou dne a organizací porostu. V optimálních podmínkách je stéblo schopné růst rychlostí až 15 centimetrů za den (Zimolka a kol., 2008). Podíl stonku závisí na hybridovi, z celé rostliny se pohybuje mezi 30 – 50 % (Skládanka, 2006).

Listy kukuřice jsou dlouze kopinaté, široké a na svrchní straně se objevují chloupky. List na stéble tvoří mohutnou pochvu, která chrání bázi článku a úžlabní pupeny. Prostor mezi stéblem a listovou pochvou zavírá jazýček. Tvar listu je žlábkovitý a vzhůru postavený, to umožňuje využití veškerých srážek a voda se tak odvádí ke kořenům (Zimolka a kol., 2008). Počet a velikost listů je, stejně jako u počtu internodií, dán hybridem. Hybridy rané mají menší počet listů než hybridy pozdní, celkový podíl listů je 10 – 15 %. Největším listem na stéble je čtvrtý list odspodu, směrem nahoru a dolu se listy zmenšují (Skládanka, 2006).

Kukuřice má různopohlavné a jednodomé květy, kdy samčí květy tvoří latu a samičí palici. Samičí květy mají tři prašníky, které jsou nejvýraznější v době metání. Pestíky obsahují dvoukvěté klásky, přičemž plodný je pouze vrchní a spodní

je zakrnělý. Lata se nachází na vrcholu rostliny (Zimolka a kol., 2008), palice se objevuje ve střední části stébla, vyrůstá z úžlabí listu a je tvořena vřetenem. Klas je obalen různým počtem listenů, nejčastěji v počtu 4 -12 (Skládanka, 2006). Při kvetení z klasů mezi listeny vyčnívají čnělky. V době kvetení se z laty uvolňuje velké množství pylových zrn, která jsou velice lehká, aby mohla být přenesena větrem. Po zachycení pylu na blizně začíná klíčení, pylová láčka prorůstá čnělkou k vajíčku. U kukuřice se oplodnění zúčastní dvě spermie, kdy z jedné se vyvine zárodek a druhá dá vzniknout triploidnímu endospermu (Zimolka a kol., 2008).

Zrna kukuřice jsou nažky, tedy jednosemenné, suché, nepukavé plody, skládající se ze zárodku, endospermu a oplodí. Zrno kukuřice může mít různou barvu, od bílé, přes žlutou a oranžovou, až po fialovou a skvrnitou. Zralé zrno je chráněno oplodím, které vzniká přeměnou semeníku, kdy probíhá dělení, zvětšování buněk, lignifikace a tvrdnutí obvodových stěn. Úkolem oplodí je chránit zrno před proniknutím patogenních látek a před poškozením. Zárodek tvoří pouze 10 – 14 % hmotnosti zrna, nalézá se na spodní boční straně zrna a štítkem přiléhá k endospermu. Vývoj zárodku probíhá od splynutí spermie s vajíčkem do 45. dne, kdy je ukončen. Druhá spermie se spojí s polárním jádrem a vznikne tak endosperm, který vyživuje zárodek v semeni během jeho vývinu. V prvních fázích vývoje endospermu nejsou patrné buněčné stěny, ty vznikají až v pozdějším vývoji. Endosperm tvoří 80 – 84 % podílu zrna a obsahuje aleuronovou vrstvu a škrobová zrna, která se zvětšují směrem do středu (Zimolka a kol., 2008). Hmotnost tisíce zrn se pohybuje mezi 300 – 350 g (Skládanka, 2006). Hmotnost zrn v palici není rovnoměrná, zrna s největší hmotností se vyskytují ve středu palice, nejlehčí zrna jsou na vrcholu (Šašková, 1993).

Zárodek je součástí zrna, jsou na něm patrné základy vegetativních orgánů a u kukuřice tvoří asi 10 % z celého zrna (Tichá, 2006). Při začátku klíčení, je patrných pět základu listů a kořínek s čepičkou. Dále zárodek obsahuje přeměněný zárodečný list, který se nazývá štítek. Klíčení probíhá při optimální vlhkosti a teplotě, která je 33 °C. Dnes pěstované hybridy jsou schopny klíčit při teplotě 5,5 °C. Při klíčení se začíná nejprve prodlužovat spodní část zárodku, tzv. koleorhiza, a aktivuje se primární kořínek, který se dostává do půdy. Na vrchní části zárodku vyrůstá koleoptile a otvorem na jejím vrcholu prorůstá asimilační list.

Energie a potřebné živiny ve fázi klíčení poskytuje endosperm, který látky dodává přes štítek (Zimolka a kol., 2008).

2.1.2 Chemické složení kukuřičného zrna

Na nutriční hodnotu zrna má vliv pěstovaný hybrid, půdní a klimatické podmínky, hnojení, sklizeň, posklizňová úprava a uskladnění zrna. Kukuřice jako krmná surovina se pro hospodářská zvířata využívá především pro vysoký obsah škrobu a tuku, naopak má nízký obsah vlákniny (Zimolka a kol., 2008). Vzhledem k vysokému obsahu škrobu se jedná o obilninu s největší energetickou hodnotou, kukuřice také obsahuje vysoký podíl BNLV (Tichá, 2006).

Na množství škrobu v zrnu má vliv velké množství faktorů, zejména snížená schopnost fotosyntézy (Zimolka a kol., 2008). Podíl škrobu v sušině obilky je 60 – 75 % (Zgažarová, 2010). Škrob obsažený v zrnech kukuřice je možné mimo jiné využívat v škrobárenském průmyslu, na výrobu škrobových sirupů, dextrinů a v současné době se využívá v potravinářství, v textilním, papírenském, farmaceutickém a chemickém průmyslu (Zimolka a kol., 2008). Škrob obsahuje amylózové a amylopektinové složky v poměru 1:3 (Zgažarová, 2010).

Bílkoviny jsou v zrnu zastoupeny z 10 % ze všech dusíkatých látek, nebílkovinné dusíkaté látky dosahují 1 – 5 %. Kukuřice je ceněna obsahem esenciálních aminokyselin methioninu a fenylalaninu, naopak má nízký obsah lyzinu a tryptofanu. V zárodku se vyskytuje 16 % bílkovin, v endospermu 80 % a zbytek se nachází v obalech zrna. V současné době probíhá u kukuřice šlechtění zaměřené na zvýšení obsahu aminokyseliny lyzinu. Množství dusíkatých látek se mění v průběhu růstu rostliny, se zráním se snižuje obsah rozpustného dusíky, ale zvyšuje se nerozpustný dusík (Zimolka a kol., 2008).

Důležitou složkou jsou tuky, jejichž množství obsažené v kukuřice je ovlivněno hybridem, půdními a klimatickými podmínkami. V zrnech obilovin je obsah tuků 1,5 – 2,5 % (Zgažarová, 2010). Dle Zimolky (2008) je v zrnu kukuřice 3 – 6 % tuku, což je druhé největší množství u obilovin. Kukuřičný olej je bohatý na nenasycené mastné kyseliny, a to kyselinu linolovou, která je esenciální a na kyselinu olejovou. V zrnu je největší obsah oleje v klíčku.

Vitamíny v kukuřičném zrnu jsou soustředěny především v klíčku a aleuronové vrstvě (Zgažarová, 2010). Kukuřice je bohatá na vitamín B_1 a E,

v menším množství se vyskytuje B_2, B_6, kyselina pantotenová a antipelargický PP. Vitamíny C, D a K se objevují pouze jako stopové prvky. V malém množství se také vyskytuje vitamín A, který je nejvíce zastoupen u žlutozrnných a červenozrnných hybridech. Spíše než vitamín A se v kukuřici vyskytuje provitamín A ve formě karotenů (Zimolka a kol., 2008).

Velký podíl minerálních látek v zrnu kukuřice je obsažen v klíčku, zbylé množství je v endospermu, množství popelovin v moučnaté části zrna je zanedbatelný (Zimolka a kol., 2008). Zgažarová (2010) tvrdí, že v obilninách celkově je vysoký obsah draslíku, fosforu, železa, ale také vápníku a hořčíku. Kukuřice má však množství vápníku a hořčíku nízké.

2.1.3 Druhy

Kukuřice obecná, setá (*Zea mays convar. indurata*) je jedna z nejstarších druhů kukuřice. Zrno je tvrdé, lesklé a na horní straně zaokrouhlené. Rostlina má rychlý vývoj a růst po vzejití. Kukuřice setá má široké využití, např. na zrno, na dělenou sklizeň a na siláž (Zimolka a kol., 2008). Barva zrna se může podle typu hybrida lišit, u nás se pěstuje nejčastěji žlutá varianta (Šašková, 1993).

Kukuřice koňský zub (*Zea mays convar. indentata*) má oproti kukuřici seté měkčí zrno, vyšší výnos a je pozdnější. Zrno má specifický tvar, kdy má nahoře malou jamku, odtud také název koňský zub. Tato jamka vzniká při zrání, kdy vysychá endosperm zrna. Většina dnešních hybridů vznikla z kukuřice seté a koňského zubu (Zimolka a kol., 2008). Využití je stejné jako u kukuřice obecné na dělenou sklizeň, na siláž a na zrno, také je možné využití pro výrobu škrobu a ethanolu. Koňský zub uzrává později, ale má výrazně větší výnosy (Hluska, 2015).

Kukuřice polozubovitá (*Zea mays convar. aorista*) vznikla křížením kukuřice obecné a koňského zubu, jedná se tedy o přechodnou formu mezi těmito dvěma druhy. Jamka na vrcholu není výrazná. Vzhledem k vzniku, se využívá na siláž, dělenou sklizeň a na zrno (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice pukancová, praskavá (*Zea mays convar. everta*) vytváří velmi malá zrna s rohovitým a tvrdým endospermem (Šašková, 1993). Podle tvaru se dělí na rýžovou a perlovou. Rýžová je zakončena zobákem a je skoro průhledná, perlová je zakulacená, hladká a lesklá. Kukuřice pukancová má vysokou výživnou hodnotu (Zimolka a kol., 2008). Využívá se k výrobě popcornu, kdy pražením zrno pukne,

vzhledem k změně vody v páru a endosperm s oplodím se několikrát zvětší (Hluska, 2015)

Zrno kukuřice cukrové (*Zea mays convar. saccharata*) je po dozrání svraštělé a má vysoký obsah bílkovin, oleje a lehce stravitelných sacharidů (Šašková, 1993). Zrno je svraštělé až po dozrání, kdy neobsahuje rohovitou vrstvu. Využívá se jako zelenina, kdy se sklidí v konzumní zralosti, v této fázi vývoje je ještě zrno okrouhlé (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice vosková (*Zea mays convar. ceratina*) je podobná kukuřici seté, především vzhledem a tvrdostí zrna, rozdílní je matný povrch. Endosperm neprůsvitný, má vlastnosti podobné vosku. Využívá se k technickým účelům (Zimolka a kol., 2008). Tento druh kukuřice se také nazývá kukuřice čínská (Šašková, 1993).

Kukuřice škrobnatá (*Zea mays convar. amylacea*) obsahuje málo bílkovin a má vysoký obsah škrobu. Využití ve škrobárenském průmyslu nebo k výrobě lihu (Hluska, 2015).

Kukuřice pluchatá (*Zea mays var. Tunicata*) má zrno uzavřeno ve zvětšených pluchách, rostlina silně odnožuje a je výrazně olistěna. Využití k botanickým a genetickým studiím, není vhodná k hospodářským účelům (Zimolka a kol., 2008).

2.2. Kukuřičná siláž

Silážování je způsob konzervace krmiva bez přístupu vzduchu, kdy se využívá rychlé snížení pH naskladněné, udusané hmoty s odpovídající délkou řezanky. Siláž se řadí mezi šťavnatá objemná krmiva, která mají nízké pH, z důvodu kvašení nízkomolekulárních sacharidů organickými kyselinami, především kyselinou mléčnou (Anonymous, 2008). Silážní proces je možné rozdělit do 4 fází. V první fázi, která probíhá po uzavření siláže, se spotřebuje přítomný kyslík. Druhá fáze zahrnuje růst populace kyseliny mléčného kvašení a anaerobních zárodků. Ve třetí fázi silážního procesu se bakterie mléčného kvašení vyvinou do populací tolerantních na kyselost. Ve čtvrté fázi je siláž již hotová, dosáhla tedy nízkého pH a je stabilní. Při nedosažení požadovaného nízkého pH dochází k vývoji klostridií, které odbourávají proteiny a kyselinu mléčnou, tím se pH siláže zvyšuje a dochází k procesům hnití a siláž je znehodnocena (Cempírková, 2008).

Siláž krmiva se využívá již od dob starého Egypta, kdy se silážoval čirok a kukuřice. Zmínky o silážování se našly také v Číně, římských kolonií, Španělsku a v Mexiku z dob Aztéků. Největší rozvoj však silážování zažilo v 2. polovině 20. století, kdy byli vytvořeny vědecké týmy na zkoumání siláží a technologie silážování se vyvíjela (Křepelka, 2010). Vzhledem k vyšlechtění nových odrůd a hybridů kukuřice, od roku 1997, výrazně stoupla kvalita kukuřičné siláže. Kukuřice je dnes pěstována v nadmořských výškách nad 500 m, i když se jedná původně o teplomilnou rostlinu. Kukuřičná siláž se řadí mezi krmiva s nejvyšší energetickou hodnotou a zároveň mezi nejlevnější krmiva. Konzervovaná objemná krmiva, ke kterým kukuřičná siláž patří, mají hlavní podíl v krmných dávkách, a tak nejvíce ovlivňují efektivitu chovu skotu a výroby mléka (Třináctý, 2013). Kvalita krmiva, z hlediska dietetických vlastností, patří mezi stresové faktory (Křepelka, 2010). Dojnice průměrně přemění 30 % krmné dávky na energii pro tvorbu mléka, tudíž je kladen velký důraz na kvalitu a vyrovnanost krmné dávky, aby byl umožněn správný průběh trávení v bachoru. Na kvalitu mléka a zdraví zvířat má velký dopad také hygienická jakost krmiva (Třináctý, 2013). Běžným důvodem horší hygienické kvality je dlouhá řezanka, pomalé plnění a špatné dusání, vyšší poréznost silážní hmoty, špatné zakrytí a použití silážních aditiv, nedostatečný proces kvašení, všechny tyto vlivy působí také na vyšší mikrobiální zahřívání siláže (Anonymous, 2008). Aby bylo možné zabránit nadměrnému zahřívání siláže, je důležité splnit technologické postupy, správné a dostatečné odebírání, odklízení již zahřátého krmiva, dále je možné krmivo ošetřit roztokem kyseliny propionové a vody (Kulovaná, 2002). Do krmných dávek nepatří krmiva poškozena plísní, s velkým množstvím kvasinek nebo hnilobných bakterií (Křepelka, 2010).

Význam kukuřičné siláže jako energetického krmiva pro dojnice začal stoupat a s tím roste i plocha, na které se kukuřice pěstuje (Zimolka a kol., 2008). Další využití má kukuřičná siláž v bioplynových stanicích, kde zaujímá největší podíl z používaných substrátů, a to až 34 % u nově plánovaných bioplynových stanicí (Procházka, 2013). Krmné dávky pro dojnice obsahují 25-35 %, podle některých zdrojů až 50 %, kukuřičné siláže, což činí přibližně 5,5-7,7 kg z 22 kg sušiny. U nově vyšlechtěných hybridů se zvedá stravitelnost organické hmoty a stonků, na kterou má vliv obsah škrobu (Třináctý, 2013).

Silážní kukuřice se řadí mezi lehce silážovaná krmiva díky vysokému obsahu lehce vodorozpustným sacharidů a nízké pufrační kapacitě. Kvalitní kukuřičnou siláž je proto možné vyrobit bez použití silážních aditiv, správným využitím technologických podmínek a splněním vnějších a vnitřních faktorů. Stejně jako všechny siláže, vzniká i siláž kukuřičná kvašením vodorozpustných sacharidů při anaerobních podmínkách (Skládanka, 2012). Během kvašení sacharidů vzniká řada kyselin, z nichž nejvýznamnější jsou kyselina mléčná a octová. Při silážování kukuřice, je důležité dbát na výběr vhodných odrůd, podíl palice na sušině rostliny, faktor silážní zralosti a způsobu určení, stravitelnost organické hmoty, způsob sklizně, výběru, použití silážních aditiv a konzervaci silážní hmoty (Zimolka a kol, 2008). Kukuřice musí mít optimální množství sušiny, asi 28 – 34 %, v případě vyšší sušiny dochází při silážování kukuřice k špatné úrovni udusání, větší lignifikaci stébla a podpůrných pletiv a tím k zhoršení stravitelnosti organických živin, výskytu plísní a toxinů, riziku aerobní nestability a je nutné upravit délku řezanky, aby bylo možné siláž dostatečně udusat Naopak při nižší sušině je siláž náchylná na vytváření a odtok silážních tekutin, fermentace, při kterých vzniknou heterofermentativní produkty, vytvoření málo stabilní siláže a není plně využit genetický potenciál sušiny a živin, hlavně energie (Křepelka, 2010).

Sklizeň a konzervace kukuřice na siláž je možné provést několika způsoby, a to sklizní a konzervací celé rostliny, sklizeň s vyšším strništěm, dělená sklizeň s využitím palice, silážování kukuřičné slámy, systém alkalage, silážování vlhkého zrna kukuřice a chemická konzervace vlhkého zrna v aerobních podmínkách (Zimolka a kol., 2008). Aby byla vyrobena kvalitní siláž, je nutné určit správný termín sklizně, snížit na minimum znečištění zeminou, která způsobuje dietetické a fermentační problémy, nastavit správnou délku řezanky a narušení zrna, včas využít silážní aditiva a co nejrychleji a vzduchotěsně siláž uzavřít (Skládanka, 2012). Obvyklé problémy s konzervací jsou spojené s operacemi na poli (nevyvážená výživa rostlin, přítomnost plísní nebo škůdců), skladovacími ztrátami při špatném technologickém postupu a požadavcích (špatný podíl sušiny, dusání, délky řezanky), poškozením krmiv a následné ztrátě živin vlivem nechtěné mikroflóry a poškozením siláže přístupem vzduchu, špatným uskladněním nebo odběru (Anonymous, 2008).

Kukuřičná siláž se řadí mezi lehce stravitelná krmiva, která má nízký obsah dusíkatých látek, vápníku a fosforu, vitamínu A, D a beta-karotenu. Tyto látky je

nutné ke kukuřičné siláži přidat, nejčastěji bílkovinnými a jadrnými krmivy. Siláže s vyšším obsahem sušiny mají lepší nutriční hodnotu, vyšší koncentraci energie a BNLV. Hlavním zdrojem energie v siláži je škrob, další významnou složkou energie je stravitelná vláknina, která má i zdravotní význam pro trávení v bachoru. Sklizeň kukuřice na siláž probíhá na konci těstovité zralosti zrna (Zimolka a kol., 2008).

2.2.1 Způsoby silážování kukuřice

Siláž je možné vytvořit silážováním celé rostliny, sklizní silážní kukuřice s vyšším strništěm, dělené sklizně s využitím palice, silážování kukuřičné slámy, systém alkalage, vlhkého zrna a chemická konzervace vlhkého zrna v aerobních podmínkách (Kulanová, 2002).

2.2.1.1 Dělená sklizeň kukuřice

Tuto metodu je možné provádět dvěma způsoby, a to jako hrubě pošrotované olistěné palice s vřeteny (LKS) nebo pošrotovaná směs palic s vřeteny bez listenů (CCM). Sklizeň se provádí v období, kdy je největší podíl škrobu v klasech. Tento způsob silážování je energeticky bohatý a má velký podíl škrobu s nízkou bachorovou stravitelností. Škrob obsažený v krmivu napomáhá snižovat výskyt acidóz. Obecně platí, že sušina silážované drtě zrna kukuřice je 60 – 70 %, hmota obsahuje 8 – 9,2 MJ NEL/kg sušiny, vlákniny 35 g/kg sušiny, 3 g lyzinu a stravitelnost škrobu se pohybuje mezi 55 – 88 % (Kulanová, 2002; Zimolka a kol., 2008).

LKS patří mezi energeticky bohatá krmiva, kdy se v 1 kg sušiny vyskytuje až 500 g škrobu (Anonymous, 2011). Z pohledu krmivářství, má siláž sušinu 50 – 60 % a je v ní 7,2 – 7,7 MJ NEL/kg sušiny, 80 – 120 g/kg vlákniny, lyzinu 2,2 g/kg sušiny a stravitelnost škrobu je 65 -90 % (Zimolka a kol., 2008). Výhodami systému LKS je možnost využít silážní kukuřice v méně přijatelných oblastech, hmota se sklízí o 14 – 21 dní dříve, nižší ztráty při sklizni, a to až o 20 %. Dalšími výhodami je snížení nákladů, vzhledem k tomu, že není nutné zrno sušit, hmota je také snadno silážovatelná, má jednodušší technologii sklizně. Metoda LKS obsahuje až 2x více živin, než jiné krmné obiloviny, také je dobrým zdrojem strukturální vlákniny, která je obsažena v listenech. LKS siláž je možné používat u skotu, hlavně v 1. a 2. fázi laktace (U+M Servis, 1999). Při používání této metody, je nutné pamatovat na to, že

v letních měsících hrozí u siláží druhotná fermentace, způsobující plesnivění. Odrůdy pěstované pro metodu LKS není vhodné použít jako tržní plodinu (Kulovaná 2002).

CCM siláže se řadí k energeticky bohatým krmivům s vysokým podílem škrobu. Oproti tradiční kukuřičné siláži má metoda CCM menší množství vlákniny a N-látek (Anonymous, 2011). CCM jako krmivo má sušinu 60 – 70 %, 8,0 MJ NEL/kg, vlákniny 60 – 70 g/kg sušiny, lyzinu 2,6 g/kg sušiny a 60 – 85 % stravitelnost škrobu. Výhodami CCM je časnější sklizeň, snížení nákladů za sušení, výroba vlastní siláže i v nepříznivých podmínkách, jako je vyšší nadmořská výška. Vzhledem k rizikům méně stabilních siláží v letních měsících, redukované fermentaci a jinému složení a obsahu sušiny se metoda CCM ve velkém rozsahu nevyužívá (Kulanová, 2002; Zimolka a kol., 2008).

2.2.1.2 Celozrnná siláž kukuřice

Tuto metodu je také možné nazývat jako silážování vlhkého kukuřičného zrna. Silážování u této metody probíhá v hermaticky těsných věžích, které mají speciální epoxypolyamidovou úpravu povrchu. Tato metoda využívá ke konzervaci hmoty oxid uhličitý. Oxid uhličitý je nutné na počátku konzervace do věží dodat ze zásobníků, později se využívá oxid uhličitý vzniklý dýcháním vlhkého zrna. Vzhledem k systému silážování je vzniklá hmota stabilizována pouze ve věžích a poté co je odebrána, rychle dochází k znehodnocení vlivem mikroorganismů. Mikroorganismy v silážované hmotě přežijí právě díky konzervaci pomocí oxidu uhličitého, který pouze zastaví veškerý vývoj. Z důvodu rizika znehodnocení se siláž využívá k okamžitému zkrmení (Zimolka a kol., 2008). Výhodami metody je snížení nákladů, které by byli potřeba pro sušení zrna, je také možné využít staré zásobníky na krmivo, které stačí pouze upravit, aby nedocházelo k pronikání kyslíku do hmoty. Nevýhodou metody je nestabilita krmiva a je tedy lepší metodu využívat v blízkosti stájí (Křepelka, 2014).

2.2.1.3 Silážování mačkaného vlhkého zrna kukuřice

Tato metoda patří mezi nejvýhodnější zpracování kukuřičného zrna ve výživě skotu. Vlhkost zrna by měla být 35 – 45 % a důležitou částí této metody je chemická konzervace hmoty ihned po rozmačkání. Dávkování se řídí podle vlhkosti zrna, čím je nižší vlhkost, tím více přípravku (Zimolka a kol., 2008). U metody mačkaného vlhkého kukuřičného zrna se zvyšuje stravitelnost, podíl cukrů a stabilitu siláže. U skotu je možné pozorovat lepší využití dusíku během první fáze fermentace

bachorové mikroflóry. Tyto aspekty lze pozorovat také na lepší produkční účinnosti krmiva, zvýší se užitkovost, obsahové složky mléka, zdravotní stav a reprodukce dojnic (Kulanová, 2001).

2.2.1.4 Siláž kukuřičné slámy

Jako krmivo má kukuřičná sláma dostatečný podíl sušiny 35 – 40 %, který obsahuje přijatelné množství zkvasitelných cukrů. Pro siláž z kukuřičné slámy jsou více vhodné stay green hybridy z hlediska nižší sušiny a delší fyziologické aktivitě pletiv. Kukuřičná sláma má nižší podíl vlákniny, a to díky vysoké míře inkrustace ligninem v dolních internodií stébla. Problémem siláže kukuřičné slámy je velké riziko kontaminace hlínou (Zimolka a kol., 2008).

2.3 Hodnocení krmiv

Hodnocení krmiva je důležité provádět, aby bylo možné vytvářet kvalitní a vyvážené krmné dávky se všemi potřebnými živinami pro zvíře. V České republice je od roku 1953 hodnocením krmiv zabýval VÚZV Pohořelice. Dnes se hodnocením krmiv zabývá výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o., Rapotín a firma AgroDigest s.r.o. (Třináctý, 2013).

2.3.1 Metoda in situ, in vitro a in vivo

Stravitelnost hodnocena metodou *in situ* probíhá v prostředí, které se podobá přirozeným podmínkám. Hodnocení *in situ* u skotu se provádí u dospělých jedinců, kteří mají plně vyvinutí bachor, pomocí ruminální kanyly. Hodnocené krmivo se naváží a předá do sáčků, které jsou přichycené na nosič a i s nosičem se vzorky vloží ruminální kanylou do bachoru. Po uplynutí 2, 4, 8, 16, 24 a 48 hodin se vzorky odebírají a hodnotí. Vyjmuté sáčky je nutné zbavit nečistot a následně se přenesou do chladícího boxu, kde se uchovají do skončení celé inkubace. Všechny vzorky se vloží do pračky, kde jsou proprány, následně se usuší a hodnotí (Třináctý, 2013).

Metoda *in vitro,* neboli "ve skle", spočívá v nahrazení přirozených podmínek v laboratorním prostředí. Při hodnocení krmiv určených pro skot je použita pufrovaná bachorová tekutina, aerobní podmínky jsou vytvořeny oxidem uhličitým a zkumavka se vzorkem se přenese do vodní lázně, kde je udržována stálá teplota (Hutařová, 2014) .

In vivo využívá k hodnocení stravitelnosti krmiva přirozené prostředí, tedy trávicí soustavu skotu. Metoda je složena ze dvou částí, kdy v první fázi je nutné skot

navyknout na prostředí, manipulaci, používané zařízení a v druhé fázi probíhá samotný odběr a hodnocení vzorků. Pro správné hodnocení se provádí hodnocení živin v krmivu před krmením a následně po vyloučení odpadních látek z těla. Zjištěné hodnoty se mezi sebou porovnávají (Hutařová, 2014).

2.3.2 Weendská analýza

Weendská analýza je základní analýzou krmiv a hodnotí vlhkost a sušinu krmiva, obsah dusíkatých látek, tuku, vlákniny, popela a v analýze se počítá podíl BNLV a organické hmoty (Anonymous, 2018).

Weendská metoda byla vyvinuta Hennebergem a Stohmannem již v roce 1860 a i přes nedostatky v metodě se využívá dodnes. Jedním z nedostatků Weendské metody je zařazení sacharidů do hrubé vlákniny a BNLV. Při hodnocení hrubé vlákniny se určitý podíl strukturálních sacharidů zahrnuje do této skupiny, další složky se dostávají do skupiny BNLV a dochází tak k zhoršenému hodnocení využitelnosti živin (Jeroch, 2006).

2.3.3 Hodnocení dle NRC (2001)

NRC (2001) analýzu poprvé uvedl Van Soest a chtěl tak určit obsah živin a vypočítat nutriční hodnoty krmiv. V hodnocení se zjišťuje sušina, obsah popele, dusíkatých látek, tuku, neutrálně detergentní vlákninu, acidodetergentní vlákninu a acidodetergentní lignin. Dále se stanoví dusíkaté látky nerozpustné v neutrálním a kyselém detergentu, stravitelnost NDF *in vitro*, škrob v krmivu a jeho stravitelnost. V NRC (2001) se také provádí hodnocení stravitelnosti živin bachorou kanylou, stanoví se cukry. Touto metodou se také hodnotí kvalita fermentace siláží (Třináctý, 2013).

2.3.3.1 Stanovení sušiny

U hodnocení sušiny se podle předepsaných podmínek zjistí obsah vlhkosti v krmivu. Každé krmivo má předepsané vlastní podmínky pro stanovení sušiny. Krmiva s velkým obsahem vlhkosti je nutné předsušit po dobu 24 hodin. Vzorek o hmotnosti 1000 g se suší při teplotě 50 °C a po vysušení a vychladnutí se vzorek zváží. Pro zjištění absolutní sušiny se vzorek pomele a po 24 hodinách se naváží 10 g. Vzorek se suší 4 hodiny při teplotě 105 °C a po vychladnutí se opět zváží. Současně se hodnotí dva vzorky a v případě odchylky 0,5 % se hodnocení provádí znovu (Třináctý, 2009).

2.3.3.2 Stanovení popele

Do vyžíhaného a zváženého spalovacího kelímku, který byl zahřátý na teplotu 550 °C, se naváží 5 g vzorku (Nařízení komise, 2009). Kelímek se vzorkem se položí na topnou desku, látka se nechá zuhelnatět a poté se vloží do muflové pece předehřáté na 550 ± 5 °C. Zuhelnatělých částic prostý popel se spolu s kelímkem vyjme z pece, vloží se do exsikátoru a po zchlazení se zváží (Třináctý, 2009). K zjištění, zda je hmotnost popela konstantní, se vzorek po zvážení opět 30 minut spaluje a poté se zváží (Nařízení komise, 2009).

2.3.3.3 Stanovení dusíkatých látek

Principem hodnocení je vzorek katalyzovat mineralizovanou kyselinou sírovou, vzniklý kyselý roztok je alkalizován roztokem hydroxidem sodným. Amoniak, který reakcí vznikl, se vodní parou vytěsní do kyseliny borité a roztok je titrován roztokem kyseliny chlorovodíkové (Nařízení komise, 2009).

U samotného postupu se naváží 0,3 – 1 g vzorku, záleží na odhadovaném podílu proteinu, přidá se katalyzátor a 12 ml H_2SO_4. Vzniklý roztok se 60 minut mineralizuje v blokovém inkubátoru za teploty 420 °C. Po změně barvy z tmavě šedé na světle zelenou se nechají zkumavky vychladnout a umístí se do destilačního zařízení společně s předlohou, do které se přidá 25 ml H_3BO_3. Do mineralizační baňky je postupně přidáno 50 ml NaOH a amonné ionty jsou titrovány v předloze roztokem HCl (Třináctý, 2013).

2.3.3.4 Stanovení tuku

Hodnocení tuku je možné provádět dvěma postupy. Mohou se hodnotit přímo extrahované tuky nebo celkový obsah tuku, který se využívá u krmiv, u nichž není možné tuk extrahovat bez předchozí hydrolýzy (Třináctý, 2009).

U přímo extrahovaných tuků se naváží 1 – 5 g vzorku do extrakční patrony, která se uzavře tukuprostou vatou a vloží se do extrakčního přístroje, kde se 7 hodin extrahuje petroletherem (Třináctý, 2013). Po oddestilování rozpouštědla je zbylá směs v patroně 1,5 hodiny sušena za teploty 100 ± 3 °C a po zchlazení zvážena. Po zvážení se vzorek ještě 30 minut suší, aby byla zjištěna konstantnost tuku (Nařízení komise, 2009).

U druhého postupu se do kádinky naváží 2,5 g vzorku a společně s varnými kamínky se přidá 100 ml HCl. Vzniklý roztok se po 1 hodinu mírně vaří. Důležité je,

aby se na stěnách nesrážely části směsi (Nařízení komise, 2009). Po zchlazení se do roztoku přidá filtrační prostředek a směs se přes dvojitý filtr filtruje. Zbytek směsi na filtru je nutné promývat do té doby, dokud není filtr neutrální. Filtr na hodinovém skle se vloží do sušárny, kde se suší za teploty 100 ± 3°C 1,5 hodiny. Po uplynutí doby se vysušený filtr přenese do extrakční patrony a postupuje se podle postupu pro přímo extrahované tuky (Třináctý, 2009).

2.3.3.5 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny

Na 1 mm sítě se rozemele vysušený vzorek a poté se naváží 0,5 g vzorku a přidá se 100 ml roztoku neutrálního detergentu, 50 mikrolitrů alfa amylázy a 1 g siřičitanu sodného. Vzniklá směs se umístí pod zpětný chladič, kde se po 60 minut vaří a následně se zfiltruje. Zfiltrovaná směs se 3x promyje vařící vodou, poté acetonem, vysušení se při teplotě 103 °C a zváží se (Třináctý, 2009).

2.3.3.6 Stanovení acidodetergentní vlákniny

K 1 g vysušeného, na 1 mm rozemletého vzorku, se přidá 100 ml roztoku kyselého detergentu a směs se 60 minut vaří pod zpětným chladičem. Povařený vzorek se 3x promyje vařící vodou a acetonem, poté se vysuší při teplotě 103 °C a zváží se. Výsledem je acidodetergentní vláknina (Třináctý, 2013).

2.3.3.7 Stanovení acidodetergentního ligninu

Stanovení ligninu se hodnotí z vysušeného a zváženého vzorku, ke kterému se na 3 hodiny přidá 72 % kyselina sírová. Směs je poté promyta vodou a acetonem, aby byla voda odstraněna. Vzorek se při teplotě 102 °C suší 2 – 3 hodiny a následně se spálí a zváží (Třináctý, 2009).

2.3.3.8 Stanovení dusíkatých látek nerozpustných v neutrálním detergentu

Toto hodnocení je součástí stanovení dusíkatých látek a navazuje na hodnocení NDF. Při metodě NRC (2001) upravuje tato metoda hodnoty NDF na podíl zbytkových dusíkatých látek. Postup hodnocení je stejný jako postup NDF, po promytí vodou se vzorek zmineralizuje a množství dusíkatých látek se stanovuje destilační metodou (Třináctý, 2013).

2.3.3.9 Stanovení dusíkatých látek nerozpustných v kyselém detergentu

Toto hodnocení je součástí stanovení dusíkatých látek a navazuje na hodnocení ADF. Při metodě NRC (2001) se využívá výpočet množství skutečně stravitelných dusíkatých látek v krmivu. Postup hodnocení je stejný jako postup

ADF, po promytí vodou se vzorek zmineralizuje a množství dusíkatých látek se stanovuje destilační cestou (Třináctý, 2013).

2.3.3.10 Stanovení stravitelnosti NDF metodou in vitro

Metoda NRC (2001) využívá pro výpočet skutečné stravitelnosti NDF množství ligninu. Bylo zjištěno, že hodnota zjištěna rovnicí trNDF = 0,75 x (NDF – ADL) x [1 – (ADL/NDF) 0,667], má nižší vzájemný vztah s hodnotami zjištěnými *in vivo*, než využití koeficientu stravitelnosti zjištěném metodou *in vitro*. V metodě NRC (2001) je standartní počítat s parametrem ADL. Při hodnocení stravitelnosti NDF je využívána doba inkubace 48 hodin. Některé laboratoře vzorek inkubují pouze 30 hodin, vzhledem k přiblížení se skutečnému času krmiva v bachoru (Třináctý, 2009).

Hodnocení stravitelnosti NDF metodou *in vitro* je možné provádět dvěma způsoby. U obou způsobů se využívá inkubace v bachorové tekutině, která je zředěná pufrem a poté se vzorek vaří v roztoku neutrálního detergentu, což nahrazuje funkci pepsinu. Rozdíl metod je ve využití laboratorního vybavení. V první metodě se k inkubaci využívají kyvety a jiné nádoby v termostatu. Materiál, který se inkuboval, se přesune do přístroje pro stanovení vlákniny, kde se směs vaří v neutrálním detergentu. Druhá možnost zahrnuje uzavíratelné sáčky, které se inkubují v rotujících nádobách inkubátoru. U druhého postupu je nutné využít přístroj, který je schopen vyhodnotit vlákninu sáčkovou metodou, toto hodnocení je ekonomicky náročnější, ale vykazuje vyšší produktivitu (Třináctý, 2013).

2.3.3.11 Stanovení obsahu škrobu v krmivu

Hodnocení je možné provést dvěma způsoby. V USA se využívá metoda enzymatická s kolorimetrickou detekcí glukózy a v Evropě je využita metoda rozkladu škrobu kyselou hydrolýzou a vzniklá glukóza je hodnocena polarimetricky (Třináctý, 2009).

Při polarimetrickém hodnocení se vzorek smíchá s horkou a zředěnou kyselinou chlorovodíkovou. Směs je po vyčeření filtrována a polarimetricky změřena. Roztok je následně extrahován 40 % ethanolem, okyselen kyselinou chlorovodíkovou, vyčeřen, zfiltrován a opět polarimetricky měřen (Třináctý, 2013).

Hodnocení enzymatickou metodou využívá hydrolýzu škrobu enzymem amyloglukosidázy a vzniklá glukóza je hodnocena na přístroji YSI-2700 na principu

imobilizovaného enzymu glukózo-oxidázy. Ze vzorku, který se 48 hodin sušil za teploty 55 °C a rozemlel na velikost 0,25 mm, naváží 0,5 g do Erlehmayerových baněk. Do baněk se přidá 25 ml destilované vody. Do směsi je přidáno 10 ml 2M-NaOH a směs se zahřeje na 90 °C na dobu 20 minut. Poté se provede neutralizace 10 ml 2M-HCl a roztok se zchladí na 50 °C, přidá se 10 ml acetátového pufru, 5,0 ml amyloglukosidázy a po dobu 60 minut se udržuje teplota 40 °C. po uplynutí doby se hydrolýza přidáním 5 ml 25 % kyseliny trichloroctové zastaví, baňky se ochladí a směs se fosfátovým pufrem přenese do 100 ml odměrných baněk. Pro hodnocení glukózy se využívá enzymatická oxidace glukózaoxidázy a vznik peroxidu vodíku. V roztoku vzniká barevný komplex díky reakci peroxidu s 4 – aminophenazonem a fenolem. Množství glukózy je vypočteno z kalibrační křivky, která se zjistí měřením různých roztoků glukózy. Podíl glukózy je nutné převést na škrob, a to tak, že se vynásobí 0,9 a výsledek je dělen návratností škrobu ze standardu amylopektinu. V případě, že je návratnost vyšší než 10 %, provádí se hodnocení znovu (Třináctý, 2009).

2.3.3.12 Stanovení stravitelnosti živin

Hodnocení se uskutečňuje u dospělého skotu v plné vyvinutým bachorem a s bachorovou kanylou. Krmná dávka se podává 2x denně alespoň po 9 hodinách, voda je neustále přístupná. Pro stanovení je nutné vzorek rozemlít na 2 mm sítě a navážit množství odpovídající sáčku. Množství objemného krmiva je 1300 g, jadrného 2,00 g. Časový úsek umístění v bachoru skotu je 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 a někdy se využívá i 72 hodin. U objemného krmiva se v každém časovém úseku sledují 3 vzorky. Sáčky s testovaným krmivem se upevní na nosič, který se vloží do ruminální kanyly před ranním krmením. Po uplynutí časových intervalů se jednotlivé sáčky vyndávají, opláchnou se a vloží se do mrazicího boxu. Po ukončení inkubace se všechny sáčky propírají studenou vodou 3x po 4 minutách. K propírání se využívají automatické pračky. Po promytí se sáčky suší 48 hodin za teploty 55 ± 2 °C, následně se vzorek ponechá 24 hodin v laboratoři a zváží se (Třináctý, 2009).

Úprava na mikrobiální hmotu se ve francouzském a severském systému nevyužívá. Hodnoty se pro objemná krmiva v těchto systémech upřesňují čelistním homogenizátorem. Stanovení dusíku v severském systému se u jadrných krmiv vykonává na vyprané částice. 1 g vzorku se společně s 20 ml destilované vody umístí

do odstředivé kyvety, ve které se nechá hodinu inkubovat. V průběhu inkubace se každých 15 minut směs promíchá. Po inkubaci se směs odstředí a supernatant se pod vakuem zfiltruje přes zvážený filtr. Stejný postup se ještě jednou opakuje a konečný vzorek převedený na filtr se 3x propláchne 20 ml destilované vody. Vzorek s filtrem se při teplotě 55 °C suší 48 hodin, poté se nechá 24 hodin v laboratoři a zváží se. Využije se jako stanovení dusíku a rozdíl množství sušiny a dusíku u původního a vypraného vzorku udává vodorozpustné složky (Třináctý, 2013).

2.3.3.13 Stanovení cukrů

Cukry se hodnotí společně se stanovením NFC, tudíž není jejich samotné hodnocení v systému NRC (2001) vyžadováno. U samostatného stanovení cukru jde pouze o upřesňující hodnotu. U vzorku je nutné nejdříve provést extrakci. Vzorek o hmotnosti 2,5 g se společně s 200 ml ethanolem přenese do odměrné baňky, ve které se hodinu míchá. Následně se do vzorku přidá 5 ml Carrezova činidla I, roztok se minutu míchá a po minutě se přidá 5 ml Carrezova činidla II a opět se míchá minutu. Vzniklý roztok se doplní ethanolem a přefiltruje. Odpipetuje se 200 ml filtrátu, který se následně nechá odpařit na polovinu. Zbylý vzorek se převede do odměrné baňky za pomoci horké vody. Vzorek se doplní vodou, promíchá a filtruje. Pro stanovení redukujících cukrů se odpipetuje 25 ml vzorku, který se hodnotí Luff-Schoorlovou metodou a výsledek se uvádí jako množství glukózy v procentech (Třináctý, 2009).

Hodnocení celkového množství cukrů po inverzi se dosáhne odpipetováním 50 ml roztoku do odměrné baňky, kam se přidá pár kapek methyloranže a při míchání roztoku se přilévá kyselina chlorovodíková (4,0M) do červené barvy. Následně se přidá 15 ml kyseliny chlorovodíkové (0,1M) a baňka s roztokem se vloží do vařící vodní lázně na 30 minut. Následně je nutné baňku zchladit na 20 °C a přilije se 15 ml roztoku hydroxidu sodného, dolije se voda do 10 ml a směs se promíchá. Následující postup je shodný s redukujícími cukry (Třináctý, 2009).

Pro titraci se do 300 ml Erlenmeyerovy baňky odpipetuje 25 ml Luff-Schoorlova činidla a přidá 25 ml vyčeřeného cukerného roztoku, dvě granule pemzy, při míchání se směs zahřívá nad plamenem, aby se dostala do varu během 2 minut. Baňka se přemístí nad kahan, připojí se na zpětný chladič a po dobu 10 minut se vaří. Po zchlazení roztoku se titruje. Do směsi se přidá 10 ml roztoku jodidu draselného,

25 ml kyseliny sírové (3M) a titrace probíhá roztokem thiosíranu sodného (0,1M) do kalně žluté. Titrace se dokončí přidáním škrobového indikátoru. V průběhu titrace probíhá také titrace slepého vzorku. S využitím tabulky se spočítá množství glukózy v mg. Obsah glukózy je shodný s rozdílem mezi hodnotami titrací. Výsledek je vyjádřen jako množství glukózy ve vzorku v procentech (Třináctý, 2013).

2.3.3.14 Stanovení kvality fermentace siláží

U systému hodnocení krmiv NRC (2001) je možné také hodnotit kvalitu siláží a jejich schopnost kvašení. Z předem zhomogenizovaného vzorku, který byl smyslově posouzen, se odebere část na hodnocení sušiny a kvalitu fermentace. Aby bylo možné hodnotit kvalitu fermentace, připravuje se vodní výluh. Do mixéru se přenese 50 ± 0,1 g vzorku, 450 ml destilované vody a celé hmota se 4 minuty mixuje. Vzniklá směs se filtruje přes suchý řídký filtr do kádinky, první podíl filtrátu se nezachycuje. Výluh lze konzervovat přidáním 0,5 ml toluenu před filtrací (Třináctý, 2009).

Z vodního výluhu je možné měřit aktivní kyselost, která se uvádí v hodnotě pH a měří se na přesnost 0,1 pH. Dále se hodnotí kyselost vodního výluhu, která je úměrná množství mastných kyselin a rovná se pufrační kapacitě siláže. Hodnocení probíhá odměřením vodného roztoku a titrací roztokem hydroxidu draselného do hodnoty pH 8,5 nebo na indikátor fenolftalein. Výsledek se hodnotí jako mg KOH ve 100 g původní hmoty. Na kyselost vodního výluhu navazuje formolová titrace, která hodnotí kyselost vázanou v karboxylové skupině volných aminokyselin. Tato kyselost se projevuje až po zablokování aminoskupiny reakcí s formaldehydem. K vzorku s hodnotou pH 8,5 se přidá 10 ml zneutralizovaného roztoku formaldehydu, což způsobí pokles pH. Při stálém míchání roztoku se titruje hydroxid draselný opět, dokud nedosáhne hodnota pH 8,5. Výsledek se uvádí v g NH_3 na kg hmoty (Třináctý, 2013).

Stanovení množství amoniaku lže zjistit třemi způsoby. Hodnocený amoniak dle Conwaye je uvolněn ve slabě alkalickém prostředí účinkem uhličitanu draselného. Do mezikruží Conwayovy misky se vloží 10 ml vodného výluhu siláže a do střední části se odměří 3 ml roztoku kyseliny borité. Do vodného výluhu se přidá 1 ml roztoku uhličitanu draselného a miska se hermeticky uzavře s pomocí malého množství glycerinu. Po promíchání se miska nechá 12 hodin stát v laboratoři.

Po 12 hodinách se do střední části přidá směsný indikátor a ihned se titruje roztokem kyseliny sírové do vzniklé barevné změny. Indikátor je v tomto případě methylová červeň a methylová modř v poměru 1:1. Množství amoniaku je uvádí v g NH_3 původní hmoty a zjistí se výpočtem z kalibračního grafu různých koncentrací chloridu amonného (Třináctý, 2009).

Stanovení amoniaku destilací se provádí z vodného roztoku, u kterého je pH upraveno na hodnotu 7,4. Plynný NH_3 se přesouvá do roztoku kyseliny borité, kde se jako amonný iont stanovuje titračně. Do destilační baňky se odměří vodní výluh v množství, které odpovídá vydestilovanému amoniakálního dusíku v rozpětí 1 – 25 mg, nejčastěji 80 ml. Vzorek se zneutralizuje roztokem KOH na pH 7, přidá se 5 ml fosforečnanového pufru a destiluje se do předlohy s 2% roztokem kyseliny borité pomocí vodní páry. Po destilaci se směs titruje kyselinou sírovou na směsný indikátor. Současně s hodnocením se provádí hodnocení slepých vzorků. Výsledná hodnota se vyjadřuje v g NH_3 na kg původní hmoty (Třináctý, 2013).

Výpočtem stupně proteolýzy se stanoví, jaké množství dusíku ze všech dusíkatých látek zaujímá dusík z amoniaku a volných aminokyselin. Výsledek se zjistí výpočtem z rovnice: stupeň proteolýzy (%) = 5,147 x 10^4 x (A + F)) / (N-CP + DM), kdy A značí množství amoniaku v g NH_3 na kg původní hmoty, F je výsledek formolové titrace, N-CP je množství dusíkatých látek stanovené podle hodnocení obsahu dusíkatých látek a DM je obsah sušiny (Třináctý, 2013).

2.3.3.15 Stanovení obsahu alkoholů a silážních kyselin

Hodnocení alkoholu se provádí z vodního výluhu siláže metodou plynové chromatografie. Stejným způsobem je možné hodnotit také těkavé mastné kyseliny. Metoda plynové chromatografie se nepoužívá u hodnocení kyseliny mléčné, která má při této metodě nižší citlivost a tím také menší přesnost při stanovení. Pro vyhodnocení kyseliny mléčné se doporučuje použít například postup fotometrickou metodou dle Madrid et. al (1999). Možnost hodnotit veškeré kyseliny obsažené v siláži, tedy i kyselinu mléčnou, je kapilární izotachoforéza (Třináctý, 2009).

2.3.4 Hodnocení dle INRA

INRA byl založen v roce 1946, jedná se o národní institut zemědělského výzkumu a pochází z Francie. Hodnocení krmiv dle INRA slouží k zjištění sušiny, tuku, hrubé vlákniny, popele, tuku a dusíkatých látek, metoda je rozšířená

o stanovení NDF, ADF a ADL. Aby bylo možné zjistit hodnoty PDIE a PDIN, je důležité znát stravitelnost organické hmoty, degradovatelnost dusíkatých látek v bachoru a stravitelnost nedegradovaných dusíkatých látek ve střevě. Hodnocení dle INRA využívá shodné hodnocení jako hodnocení dle NRC pro popel, dusíkaté látky a tuk (Třináctý, 2013).

2.3.4.1 Stanovení sušiny

Hodnocení sušiny v systému hodnocení INRA probíhá stejným způsobem jako v systému NRC. V systému INRA se přesnost sušiny u siláží zvyšuje korekcí na těkavé fermentační produkty. Sušina siláže se hodnotí při teplotě 80 °C, kdy vytěká méně fermentačních produktů (Třináctý, 2013).

2.3.4.2 Stanovení vlákniny

Vláknina se hodnotí podle tradičního postupu, kdy se vzorek zbaví tuku, poté na něj působí vroucí roztok kyseliny sírové a hydroxidu draselného o přesné koncentraci. Zbylí roztok, je filtrován přes skleněný kelímek, následně se promyje, vysuší, zváží, spálí při teplotě 475 – 500 °C a opět se zváží. Výsledná hodnota udává množství vlákniny ve vzorku (Nařízení komise, 2009).

2.3.4.3 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny, acidodetergentní vlákniny a acidodetergentního ligninu

V systému hodnocení dle INRA se pro hodnocení NDF, ADF a ADL využívá jeden společný vzorek. Výhodnou stanovení NDF, ADF a ADL je lepší biologické znázornění k trávicímu aparátu přežvýkavců, než u hodnocení hrubé vlákniny. Úpravou metod je možné také zjistit další složky vlákninového komplexu, jako je například při odečtení ADF od NDF, kdy výsledek je množství hemicelulóz (Třináctý, 2009). Toto hodnocení množství hemicelulóz podhodnocuje z důvodu vyššího obsahu pektinu, který se v neutrálním detergentu rozpouští, ale v kyselém detergentu je stabilní. K vyloučení těchto problému se využívá postupné hodnocení NDF, ADF a ADL z jednoho vzorku. Popsaný postup se používá při stanovení na zařízení Fibertec s použitím frit (Třináctý, 2009).

Pro vyhodnocení neutrálně detergentní vlákniny se naváží 1 g, na 1 mm rozemletého, vzorku a umístí se do zařízení. K vzorku je přidáno 100 ml vařícího roztoku neutrálního detergentu, 50 mikrolitrů alfa amylázy a směs se vaří 1 hodinu. Po 60 minutách se směs zfiltruje, 3x promyje vařící vodou, následně se promyje

acetonem, nechá se vysušit při teplotě 103 °C a zbylí vzorek se zváží (Třináctý, 2009).

Hodnocení ADF navazuje na předchozí stanovení NDF. Zbytek vzorku se umístí zpět do přístroje na frity a dodá se 100 ml roztoku kyselého detergentu. Směs se znovu vaří 1 hodinu a poté se filtruje, 3x se promyje vařící vodou, vysuší a zváží (Třináctý, 2013).

Vzorek ADF se vloží na frit do zařízení, kde probíhá extrakce 72 % kyselinou sírovou 3 hodiny. Extrahovaná směs se promyje vodou a acetonem, který odstraní veškerou vodu. Vzorek se ponechá, aby došlo k vyprchání acetonu, následně se suší při teplotě 103 °C a zváží se. Druhé vážení probíhá po mineralizaci, která trvá 5 hodin při teplotě 500 °C (Třináctý, 2009).

2.3.4.4 Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou

Nejvíce používanou metodou pro zjištění stravitelnosti sušiny a organické hmoty je metoda in vitro s využitím bachorové tekutiny, ke které je potřeba kanylované zvíře, což je pro laboratoře limitující faktor. Dalším limitujícím faktorem je různá aktivita bachorové tekutiny. Vzhledem k těmto problémům se využívají metody průmyslově vyráběných enzymů s definovanou aktivitou. Pepsin-celulázová metoda je založena na simulaci činnosti bachorových mikroorganismů díky celulázy v pufrovaném roztoku. Pepsin v silně kyselém prostředí napodobuje trávení ve slezu. V první fázi hodnocení je použit pepsin a ve druhé celuláza, pokud by byl postup obrácen, došlo by k odstraňování balastních látek a následnému zvýšení účinnosti celulázy (Třináctý, 2009).

Počáteční příprava na hodnocení je stejná jako příprava na organické hodnocení. 0,5 g usušeného, pomletého hodnoceného krmiva se vloží ve fritě na 24 hodin do inkubátoru s teplotou 40 °C, přidá se 50 ml roztoku pepsinu v 0,1 M-HCL. Uzavřená frita se při teplotě 80 °C po dobu 30 minut ohřívá, aby se hydrolýzou odboural škrob. Následně se směs 3x promyje a vzorek se inkubuje s 50 ml celulózy v octanovém pufru stejným principem jako inkubace s pepsinem. Po inkubaci je hodnocená směs opět 3x promyta vodou, vysušena při teplotě 103 °C, zchlazena v exsikátoru a zvážena. Tímto krokem je hodnocení objemných krmiv

ukončeno, v případě jadrných krmiv je nutné provést mineralizaci při teplotě 500 °C na 5 hodin a po vychlazení zvážit vzorek (Třináctý, 2013).

2.3.4.5 Stanovení degradovatelnosti dusíkatých látek enzymatickou metodou s použitím proteázy

Hodnocení je stejně jako hodnocení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou, závislé na použití ruminálně kanylovaných zvířat. Během standardizace tohoto hodnocení byla snaha najít způsoby bez použití zvířat, a tak zjednodušit a zlevnit hodnocení. U objemných krmiv jsou využívány regresní rovnice, díky dobré korelaci hodnot deg s podílem CP (Třináctý, 2013).

U jadrných krmiv se využívá enzymatická metoda in vitro s použitím proteázy dle Aufrère et al. (1989). Jadrné krmivo je hydrolyzováno proteázovým enzymem v borito-fosfátovém pufru o pH 8 na 1 hodinu. Příprava vzorku je stejná jako u organického hodnocení, pouze mletí je zde na 0,8 mm. Do centrifugační tuby se přenese 500 mg vzorku, přidá se 50 ml roztoku enzymu o teplotě 40 °C a uzavřené tuby se vloží do lázně s teplotou 40 °C. Na začátku lázně a v 55 minutě se tuby ručně promíchají a po hodině jsou centrofugovány a filtrovány. Hodnocení dusíku se provádí metodou dle Kjeldhala. Vzorek je vhodné vyhodnotit 2-3x a vytvořit 1 slepý vzorek (Třináctý, 2009).

2.3.4.6 Hodnocení energie krmiv dle systému INRA

V systému INRA se množství využitelné energie hodnotí podle hodnocení stravitelnosti organické hmoty. Získané hodnoty jsou využívány k lepšímu sestavený krmných dávek. V systému INRA se také hodnotí netto energie, u dojnic NEL, u skotu na výkrm NEV. Hodnota NEL zahrnuje energii dojnic na záchovu, laktaci, a pokud se NEL hodnotí u jalovic, je do hodnot započítán denní přírůstek. Množství netto energie se počítá v krmných jednotkách (UFL, UFV). 1 UFL odpovídá 1 700 kcal NEL a jednotka 1 UFV odpovídá hodnotě 1 820 kcal NEV u ječmene. V hodnocení energie systémem INRA se dále počítá brutto energie, stravitelnost organické hmoty, stravitelná energie, metabolizovatelná energie a obsah netto energie (Třináctý, 2013).

2.3.4.7 Hodnocení proteinu krmiv dle systému INRA

Dnešní metody výživy přežvýkavců mají za cíl přesně předpovědět tok degradovatelného proteinu do tenkého střeva. Nejdůležitější složkou je mikrobiální protein, který má podíl 60 – 80 % z celkového množství dusíkatých látek v tenkém

střevě. Mikrobiální protein je součástí mikroorganismů, které v bachoru tráví potravu. Vzhledem k aminokyselinovému složení, patří mezi kvalitní proteiny a ve výživě přežvýkavců nahrazují živočišní protein. Pro zjištění toku degradovatelného protein do tenkého střeva je mikrobiální protein nutné správně odhadnout. Druhá složka je nestravitelný protein krmiva, který nebyl natráven v bachoru (Třináctý, 2013).

U objemného a jadrného krmiva se také hodnotí efektivní a střevní stravitelnost. Dle systému INRA je možné také vypočítat PDI, PDIN, PDIE, PDIA, PDIMN, PDIME a AADI. Hodnota PDIN určuje protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem dusíku v bachoru a hodnotí se součtem PDIA a PDIMN. Rovnicí PDIE = PDIA + PDIME se zjistí hodnota proteinu stravitelného v tenkém střevě limitovaného zdrojem energie v bachoru. PDIE neboli protein z krmiva nedegradovaný v bachoru a stravitelný v tenkém střevě se hodnotí rovnicí PDIA = CP krmiva x (nedegradovaná frakce CP) x (obsah AA v nedegradované frakci) x (intestinální stravitelnost) nebo PDIA = CP x 1,11 (1-deg) x dsi. PDIMN označuje množství mikrobiálního proteinu, které může být v bachoru syntetizováno z degradovatelného proteinu krmiva, není-li obsah dostupné energie a dalších živin limitující. PDIMN se hodnotí rovnicí PDIMN = CP krmiva x (degradovaná frakce CP krmiva) x účinnost konverze degradovaného proteinu na mikrobiální CP) x (obsah AA v této frakci) x stravitelnost nebo rovnicí PDIMN = CP x (1 – (1,11 x (1 – deg))) x 0,576. PDIME = (fermentovaná organická hmota) x (efektivnost syntézy mikrobiálního proteinu) x (obsah AA v této frakci) x stravitelnost nebo PDIME = FOM x 0,0928 určuje hodnotu množství mikrobiálního proteinu, které může být v bachoru syntetizováno z dostupné energie, není-li obsah degradovatelného proteinu krmiva a dalších živin limitující. AADI je zkratka pro aminokyseliny stravitelné v tenkém střevě a je možné tuto hodnotu určit dvěma způsoby. První ze způsobů je založen na absolutním potřebném množství aminokyseliny, druhý hodnotí aminokyselinu pomocí ideálního proteinu (Třináctý, 2009).

2.3.4.8 Hodnocení plnivosti krmiv dle INRA

Plnivost krmiva se uvádí v jednotkách plnivosti, která jsou rozdělena pro kategorie laktující dojnice, ostatní skot a ovce. Jedná se o relativní veličinu, která se vztahuje k objemnému krmivu. Hodnocení určuje, kolikrát zvíře přijme sušinu

standartního krmiva v porovnání s dobrovolně přijatou sušinou hodnoceného krmiva. U laktující dojnice, která je ve čtvrtém měsíci laktace s užitkovostí 25 kg FCM a hmotností 600 kg, je dobrovolný příjem standartního krmiva stanoven na 140 g. kg^{-1} $BW^{0,75}$, což je 17 kg sušiny. U ostatního skotu v kategorii jalovice 16 – 18 měsíců, živá hmotnost 350 – 450 kg je dobrovolný příjem krmiva určen na 95 g. kg^{-1} $BW^{0,75}$, což činí 11,5 kg sušiny. Aby bylo možné určit plnivost krmiva je nutné znát analýzu krmiva, výpočet OMd, hodnotu dobrovolného příjmu sušiny hodnoceného krmiva a vlastní výpočet plnivosti (Třináctý, 2013).

2.3.5 Hodnocení dle MILK

Systém MILK vznikl jako zjednodušení hodnocení kukuřičné siláže v USA, výsledkem je zjištění kvality a výnosů hybridů silážní kukuřice. Výsledky jsou vyjádřeny ve formě dvou indexů, kdy jeden udává produkci mléka na hmotnost sušiny siláže a druhý uvádí výnos na jednotku plochy. Do výpočtu indexů je zahrnut odhadovaný příjem sušiny siláže, což je základní ukazatel objemného krmiva (Třináctý, 2013).

Na rozdíl od systému NRC upravuje metoda MILK množství skutečně degradovaných nevlákninných sacharidů (tdNDF) pro vysoký podíl škrobu v kukuřici. Úprava probíhá samostatným hodnocením obsahu skutečně stravitelného škrobu a skutečně degradovatelných neškrobových nevlákninných sacharidů. Dále metoda MILK hodnotí tdNDF pouze metodou *in vitro*, jejíž výsledky jsou přesnější než využití hodnoty ADL (Třináctý, 2013).

Analýza krmiv systémem MILK probíhá podle systému NRC, rozdíl je ve stanovení škrobu. Dále u metody MILK není požadováno hodnocení ADL, NDICP a ADICP. U hodnocení NDFD a stravitelnosti škrobu jsou u metody MILK tyto hodnoty upřesněny. Stravitelnost škrobu je možné hodnotit metodou KPS, DSA nebo IV-IS (Třináctý, 2010).

2.3.5.1 Stanovení parametru KPS (Kernel Processing Score)

Stravitelnost škrobu v první řadě závisí na rozdrcení zrn kukuřice. KPS hodnotí škrob v zrnech, která jsou menší než 4,75 mm. V případě, že jsou částice větší, patří mezi negativní dopady na dosažitelnost škrobu. KPS tedy hodnotí nastavení sklízecí řezačky při sklizni kukuřice (Třináctý, 2010).

Pro stanovení KPS se naváží 50 – 80 g vzorku, který se 48 hodin sušil při teplotě 55 °C. Navážka se následně vloží na 10 minut na síta s velikostí otvorů 19,0, 13,2, 9,50, 6,70, 4,75, 3,35, 2,36, 1,18, 0,60, 0,30 mm a vzorek na každém sítě se zváží. Poté se částice na sítech 19,0 – 4,75 mm sloučí, rozemelou na velikost 1 mm a stanovuje se množství škrobu, společně s tímto hodnocením probíhá také hodnocení celého vzorku. Výsledek se spočítá rovnicí KPS (%) = 100 x [celkový škrob (%) / 100 – (podíl frakce > 4,75 (%) / 100)] / (celkový škrob (%) / 100). Optimální výsledek je pokud je výsledek vyšší než 70 %, průměrný je 50 – 70 % a pod 50 % je nedostatečná (Třináctý, 2010).

2.3.5.2 Stanovení parametru DSA (Degree of Starch Acces)

DSA hodnotí dostupnost škrobu z pohledu velikosti částic, obsahu sušiny při sklizni a hybridu kukuřice. Metoda zvyšuje vztah stravitelnosti škrobu stanovený metodou *in vivo* a využívá nesušený a nemletý vzorek, díky čemuž je možné hodnotit všechny zmíněné frakce. Vztah s metodou *in vivo* je především díky enzymatickému stanovení. Hodnota DSA nahrazuje hodnotu PAF v systému NRC (Třináctý, 2010).

Hodnocení probíhá společně porovnávacím vzorkem, který hodnotí kukuřičný škrob o váze 2,5 g. 20 g vzorku kukuřičné siláže se přenese do litrové skleněné nádoby a oba vzorky se zalijí 150 ml destilované vody, 200 ml fosfátového pufru, který obsahuje 14 g dihydrogenfosforečnanu sodného na 1 litr roztoku, který má nastavené pH na 6,5 díky 2M-NaOH. Skleněné nádoby se směsí se postaví na teplý zdroj o teplotě 90 °C a po dobu 25 minut se stále míchají. Následně se přidá dalších 100 ml destilované vody a při teplotě 80 °C se přidá 3 ml alfa-amylázy. Při poklesu teploty na 50 °C se přilije 100 ml acetátového pufru a 50 ml amyloglukosidázy, vzorky se 1 hodinu míchají. Poté se odebere 6 ml směsi, přidá se 0,5 ml roztoku kyseliny trichloroctové, která ukončí reakci. Vzorek je nutné stabilizovat, a to tak, že se přidá 3,5 ml fosfátového pufru a hodnotí se množství glukózy. Glukóza se s úpravou na referenční vzorek přepočítá na množství škrobu a výsledek je obsah škrobu v procentech (Třináctý, 2010).

2.3.5.3 Stanovení stravitelnosti škrobu kombinovanou in situ – in vitro metodou

Stanovení vzniklo na základě metody dle Calsamiglia a Stern (1995), která byla vyvinuta pro střevní stravitelnost dusíkatých látek. Hodnocení je rozděleno do tří fází, inkubace v bachoru, v pepsinu, v pankreatinu a spojuje metodu nylonových

sáčků a metodu *in vitro*. Hodnocení se zaměřuje především na typ endospermu zrna, nikoli na velikost částic (Třináctý, 2010).

Hodnocení vzorek je 48 hodin sušen při teplotě 55 °C, pomlet přes síto velikosti 6 mm a přesunut do bachoru, kde se 14 hodin inkubuje. Následně se vzorek promyje, vysuší, zváží a v uzavíratelných sáčcích se inkubují v roztoku pepsinu 2 hodiny při 38 °C. Po uplynutí 2 hodin se roztok neutralizuje 1M roztoku NaOH a přidá se pankreatin. Vzorek s pankreatinem se inkubuje 6 hodin opět při 38 °C, následně se sáčky vyperou a vysuší. Hodnocení škrobu se provádí pro homogenizaci zbytku, výsledkem je procentuální úbytek škrobu (Třináctý, 2010).

2.3.5.4 Stanovení stravitelnosti NDF metodou in vitro

V systému NRC se pro hodnocení stravitelnosti NDF využívá množství ligninu. Během dalších studií metod bylo zjištěno, že skutečně stravitelná NDF hodnocena systémem NRC má nižší korelaci s výsledky hodnocení *in vivo*, než hodnoty získané metodou *in vitro*. Z těchto důvodu se při hodnocení systémem MILK využívá metoda *in vitro*. Při hodnocení skutečně stravitelnosti NDF se využívá inkubace v pufrované bachorové tekutině a inkubace v kyselém roztoku pepsinu. Van Soest a Wine (1966) a Goering a Van Soest (1970) nahradili pepsin roztokem neutrálního detergentu z důvodu kontaminace. Vztažením zbytku získaného touto metodou k množství NDF ve vzorku původním se dosáhne hodnoty skutečně stravitelné NDF. Hodnotit stravitelnost NDF je možné dvěma způsoby. V prvním, tradičním postupu, probíhá inkubace v tubách, vzorky se následně přenesou na frity zařízená Fibertec, kde se hodnotí nestrávené NDF. Druhý způsob využívá sáčky a inkubaci v rotujících nádobách vložených do inkubátoru, tento postup však pro hodnocení potřebuje hodnotit vlákninu sáčkovou metodou na přístroji firmy Ankom. Druhý způsob hodnocení je ekonomicky méně výhodný, ale dosahuje vyšší produktivity práce (Třináctý, 2010).

Inkubační doba je v systému MILK shodná se systémem NRC, a to 48 hodin. Dle některých studií způsobuje inkubace po dobu 48 hodin nadhodnocení stravitelnosti NDF a doba inkubace by měla být více přizpůsobena skutečnému času, po který se trávenina v bachoru nachází. Tyto studie určují inkubační dobu na 30 hodin (Třináctý, 2010).

Pro hodnocení se připravuje roztok ruminální tekutiny, ve které probíhá inkubace vzorku, složený z dvousložkového pufru a inokula. V prvním pufru je KH_2PO_4, $MgSO_4$. $7H_2O$, NaCl, $CaCl_2$. $2H_2O$ a močovina, v druhém pufru je Na_2CO_3 a Na_2S . $9H_2O$. příprava inokula zahrnuje odběr bachorové tekutiny z kanylovaných zvířat, doporučuje se odběr od více jedinců. Společně s bachorovou tekutinou se odebírá také pevný obsah bachoru, který se následně 30 s mixuje výkonným mixérem a poté se tekutina filtruje přes 4 vrstvy tkaniny. Během přípravy se udržuje teplota 39 °C a anaerobní prostředí. Následně se pufr a inokulum smíchají v poměru 4:1, kdy převládá pufr a směs se zakonzervuje oxidem uhličitým (Třináctý, 2010).

K inkubaci je možné využít kyvety s Bunsenovým ventilem nebo inkubátor Daisy II. Inkubace v kyvetách probíhá při teplotě 39 °C, vzorek se musí 3 – 4 x denně promíchat a po ukončení inkubace se vzorek přenese na frity zařízení Fibertec, kde probíhá stanovení množství NDF. Inkubátor Daisy II zajišťuje míchání během inkubace, poté se sáčky properou a hodnocení NDF probíhá v přístroji Ankom Fiber Analyzer. Vztažením původního množství NDF se vypočítá hodnota stravitelnosti NDF (Třináctý, 2010).

2.4 Vláknina

Vláknina je složena ze strukturálních sacharidů, zejména z celulózy, hemicelulózy a nestravitelných inkrustujících látek, jako je lignin. Kudrna (1998) označuje vlákninu jako lignosacharidový nebo lignocelulázový komplex. Vláknina je pro skotu důležitá vzhledem k její podpoře bachorové funkce, ovlivnění mléčné užitkovosti, přežvykování, úpravy hodnoty pH v bachoru a pocitu nasycenosti. Stravitelná vláknina, která je zdrojem celulózy pro mikroflóru žijící v bachoru, ovlivňuje syntézu kyseliny octové, která zlepšuje podíl pevných částic v mléce (Kudrna, 1998). Objemná krmiva s velkým obsahem vlákniny je nutné v bachoru provlhčit a částečně krmivo fermentovat, což umožňují pohyby bachoru, které způsobují promíchání obsahu bachoru (Reece, 2011).

2.4.1 Vláknina v krmivu

Obecné rozdělení vlákniny je na strukturální, acidodetergentní, neutrálně detergentní a rozpustná. V kompletní směsné krmné dávce by měl být podíl vlákniny do 16 %, z toho 17 – 21 % ADF, 28 – 31 % NDF, 30 % degradované vlákniny (Pařilová, 2007). Podobný obsah NDF a ADF uvádí také Urban (1997), a to 27 – 30 % NDF a 19 – 21 % ADF. Dle Pařilové (2007) by měla mít strukturální

vláknina 2,5 – 5 cm, s délkou strukturální vlákniny 2,5 cm souhlasí Hulsen (2014). Pokud je v krmné dávce větší procento vlákniny, může docházet ke snižování příjmu krmiva, vyšší podíl acidodetergentní vlákniny zhoršuje stravitelnost krmné dávky (Výživa dojnic: sborník příspěvků, 2008)

Ve vláknině je vysoký obsah energie, která se však nedá využít. Živočišné organismy nejsou schopné vytvářet enzymy, které by měli možnost degradovat vlákninu a využít energii celulózy. Enzymy, které jsou schopné vlákninu rozložit, vytváří mikroorganismy, žijící v trávicím traktu (Kudrna, 1998). Nejlépe využívají energii uloženou ve vláknině přežvýkavci, kteří využívají mikroorganismy v bachoru, tenkém a tlustém střevě (Štěrchová, 2012). Takto získaná energie není ve formě glukózy, ale energie vytvořená rozkladem až na těkavé mastné kyseliny (Kudrna, 1998).

Význam NDF je především dodat energii pro mikrobiální syntézu a zajistit správnou činnost bachoru spojenou se zdravotním stavem zvířat (Výživa dojnic: sborník příspěvků, 2008). Problémem neutrálně detergentní vlákniny jsou nadýmací účinky, které snižují příjem krmiva, naopak při nízkém obsahu se zmenšuje produkce kyseliny octové, což snižuje obsah tuku v mléce (Pařilová, 2007). Stejného názoru je také Lád (2006), který uvádí vliv stravitelnosti NDF na užitkovost a produktivitu dojnic, avšak připomíná, že NDF má vliv na nasycenost a ovlivňuje tak příjem krmiva. Lád (2006) také zmiňuje vliv stravitelnost NDF na příjem sušiny a na mléčnou produkci u dojnic. Pro dobré množství účinné vlákniny je vhodné uhradit 75 % NDF v krmivu pící.

Acidodetergentní vláknina je pomalu stravitelná část buněčných stěn (Hulsen, 2014). Velikost ADF stejně jako NDF rozhoduje o nutnosti přežvykování krmiva, která mají větší množství ADF a NDF musí skot více žvýkat (Lád, 2006).

2.4.2 Hodnocení vlákniny

Hodnocení vlákniny probíhá ve Weendské metodě a v systémech dle NRC (2001), INRA a MILK. Systém hodnocení dle INRA využívá k hodnocení NDF, ADF a ADL stejný postup jako systém dle NRC. Jediným rozdílem je využití jednoho vzorku pro analýzu všech kategorií při hodnocení dle INRA.

2.4.2.1 Weendská metoda

Vývoj Weendské metody probíhal v roce 1860, a proto metoda hodnotí pouze hrubou vlákninu, nikoli hodnoty NDF, ADF a ADL, které jsou v současnosti hojně využívány. Hrubá vláknina je hodnocena jako organický zbytek vzorku, který po působení kyseliny a následně po působení louhu zbyl z hodnoceného vzorku. Složky vlákniny při Weendské metodě jsou především polysacharidy v buněčné stěně a ostatní buněčné látky. Podíl těchto látek se během hodnocení připočítává k hodnotě BNLV a tuto skupinu znehodnocuje (Jeroch, 2006).

2.4.2.2 Systém NRC (2001)

Systém hodnotí neutrálně detergentní vlákninu, acidodetergentní vlákninu a acidodetergentní lignin.

Při hodnocení NDF se na sítě rozemele předem vysušený vzorek, poté se z něj naváží 0,5 g, přidá se 100 ml roztoku neutrálního detergentu, 50 mikrolitrů alfa amylázy, 1 g siřičitanu sodného a vzniklá směs se umístí pod zpětný chladič, kde se po 60 minut vaří a následně se zfiltruje. Po filtraci se směs 3x promyje vařící vodou, následně acetonem, vysušení se při teplotě 103 °C a zváží (Třináctý, 2013).

Na hodnocení ADF se naváží 1 g vysušeného, na 1 mm rozemletého vzorku, se přidá 100 ml roztoku kyselého detergentu a směs se 60 minut vaří pod zpětným chladičem. Povařený vzorek se 3x propláchne vařící vodou a acetonem, po vysušení při teplotě 103 °C se zváží (Třináctý, 2013).

Poslední fází hodnocení vlákniny v systému NRC je hodnocení ADL, k jeho zjištění se k vysušenému a naváženému vzorku přidá na 3 hodiny 72 % kyselina sírová. Po uplynutí času je směs promyta vodou. K odstranění zbytku vody se vzorek promyje acetonem. Vzorek se při teplotě 102 °C suší 2 – 3 hodiny a následně se spálí a zváží (Třináctý, 2013).

2.4.2.3 Systém dle MILK

Při hodnocení NDF metodou MILK se využívá metoda *in vitro*. Hodnocení tedy probíhá v laboratorních podmínkách, kde probíhá inkubace v pufrované bachorové tekutině a v roztoku pepsinu. Vzorek se inkubuje 48 hodin buď v kyvetách, nebo v inkubátoru Daisy II. Inkubace probíhá při teplotě 39 °C a poté se NDF hodnotí na fritách v přístroji Fibertec nebo v přístroji Ankom Fiber Analyzer (Třináctý, 2013).

3. Doporučení pro praxi

Kukuřičná siláž je nejvyužívanější objemné krmivo ve výživě hospodářských zvířat, vzhledem k jednoduchosti výroby, nízkým ekonomickým nákladům a možnosti pěstovat kukuřici na siláž i ve vyšších nadmořských výškách. Spousta podniků je schopna vyrobit kvalitní a zdravotně nezávadnou siláž, kterou pokryjí velkou část výživy zvířat. Bohužel v dnešní době se začíná kvalita a nezávadnost siláží brát jako samozřejmost a nedbá se na správné podmínky pro růst a sklizeň kukuřice, na dostatečně rychlé naplnění silážních prostorů, udusání, rychlé zakrytí hmoty a na správné odebírání hotové siláže. Všechny tyto kroky vedou ke zhoršení kvality a snížení obsahu důležitých látek v siláži. Ze siláží se tak stávají škodlivé látky, které při podávání zvířatům ohrožují jak jejich zdravotní stav, tak i užitkovost. Krmiva, která se zvířatům podávají, nejvíce ovlivňují jejich užitkovost a tím tedy i ekonomiku podniku. Pokud bude siláž poškozena nebo nekvalitní, snižuje se tak jejím zkrmováním užitkovost zvířat, naopak při kvalitní siláže dosáhneme kvalitní užitkovosti. Proto je důležité dbát na výrobu siláží.

Důležité je znát u krmiva, kterým se krmí hospodářská zvířata, obsah všech látek, které se v krmivu nacházejí. U přežvýkavců, je vedle složek, jako jsou například tuky a vitamíny, důležité znát množství vlákniny, především neutrálně detergentní vlákniny. Při nízkém obsahu neutrálně detergentní vlákniny je omezen vznik kyseliny octové, která má vliv na obsah tuku v mléce, naopak pokud je obsah NDF velký, snižuje se příjem krmiva. Vláknina má vliv také na mléčnou užitkovost, na úpravu pH v bachoru, ovlivňuje přežvykování a podporuje správné funkce bachoru.

4. Závěr

V práci byly popsány způsoby sklizně a silážování kukuřice, chemické složení kukuřičného zrna a samotná morfologie kukuřice. Dále se práce zaměřuje na popis hodnocení krmiv způsobem *in situ*, *in vitro* a na metody NRC, INRA, MILK a Weendskou analýzu. Poslední část práce je zaměřena na vlákninu, přesněji na její vliv ve výživě a na hodnocení vlákniny

Při porovnávání metod pro hodnocení krmiva byly popsány postupy dle NRC, INRA a MILK. U hodnocení krmiva dle NRC bylo popsáno stanovení sušiny, popele, dusíkatých látek, tuku, neutrálně detergentní vlákniny, acidodetergentní vlákniny a acidodetergentního ligninu. Dále se popisovalo stanovení dusíkatých látek nerozpustných v neutrálním a kyselém detergentu, stravitelnost NDF metodou *in vitro*, obsah škrobu, stravitelnost živin a cukrů, fermentace siláží a obsah alkoholu a silážních kyselin v siláži. U systému INRA bylo popsáno stanovení sušiny, vlákniny, NDF, ADF a ADL, dále stravitelnost sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou, degradovatelnost dusíkatých látek enzymatickou metodou s použitím proteázy, hodnocení energie a proteinu krmiv a hodnocení plnivosti. U systému MILK byly popsány postupy skutečně degradovatelných nevláknitých sacharidů, stanovení parametru KPS a DSA, stravitelnost škrobu kombinovanou *in situ – in vitro* metodou a stravitelnost NDF metodou *in vitro*.

5. Seznam literatury

ANONYMOUS. *Analýza a hodnocení kvality krmiv - návody do cvičení: 3. Laboratorní analýza krmiv*[online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=6928&typ=html

ANONYMOUS. *Sborník přednášek: LKS - nový trend ve výživě skotu*. Třeboň: U+M Servis, 1999.

ANONYMOUS. *Sklizeň kukuřice a zásady konzervace* [online]. 15.8.2008 [cit. 2018-03-5]. Dostupné z: http://zemedelec.cz/sklizen-kukurice-a-zasady-konzervace/

CEMPÍRKOVÁ, R. a B. ČERMÁK. *Krmiva konvenční a ekologická: Feedstuffs conventional and ecological*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2008. ISBN 978-80-7394-141-3.

DVOŘÁČKOVÁ, J. *Krmivo: Kukuřice LKS* [online]. 2011 [cit. 2018-03-6]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/krmivo.php?krmivo=3

EVROPSKÁ UNIE. *NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 152/2009: ze dne 27. ledna 2009, kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv*. In: . Brusel, 2009, L 54.

FERANEC, P. *Systémy pestovania kukurice*. Bratislava, 1982.

HLUSKA, T. *Kukuřice koňský zub Zea mays convar. indentata Sturt.* [online]. 2015 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: https://www.biolib.cz/cz/taxon/id852448/

HUTAŘOVÁ, J. *Porovnání in vitro a in situ metod pro hodnocení stravitelnosti vlákniny kukuřičné siláže u dojnic*. Brno, 2014. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA ÚSTAV BIOCHEMIE.

HULSEN, J. a D. AERDEN. *Signály krmení: praktická příručka ke krmení dojnic pro jejich zdraví a užitkovost*. Praha: Profipress, 2014. ISBN 978-80-86726-62-5.

JEROCH, H., B. ČERMÁK a V. KROUPOVÁ. *Základy výživy a krmení hospodářských zvířat: vědecká monografie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2006. ISBN 80-7040-873-1.

KOUKOLOVÁ, V., P. HOMOLKA a V. KUDRNA. *Vliv strukturních sacharidů na bachorovou fermentaci, zdraví zvířat a kvalitu mléka*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2010. ISBN 978-80-7403-066-6.

KUDRNA, V. *Produkce krmiv a výživa skotu*. Praha: Agrospoj, 1998. ISBN 80-239-4241-7.

KULOVANÁ, E. *Silážování vlhkého mačkaného zrna kukuřice.* [online]. 17.10.2001 [cit. 2018-03-6]. Dostupné z: http://uroda.cz/silazovani-vlhkeho-mackaneho-zrna-kukurice/

KULOVANÁ, E. *Způsoby sklizně kukuřice* [online]. 14.2.2002 [cit. 2018-03-1]. Dostupné z: http://uroda.cz/zpusoby-sklizne-kukurice/

KULOVANÁ, E. *Konzervace kukuřice nejen z technologického pohledu* [online]. 15.8.2008 [cit. 2018-03-5]. Dostupné z: http://uroda.cz/konzervace-kukurice-nejen-z-technologickeho-pohledu/

KŘEPELKA, J. *Hlavní zásady výroby kukuřičné siláže* [online]. 13.8.2010 [cit. 2018-03-3]. Dostupné z: http://zemedelec.cz/hlavni-zasady-vyroby-kukuricne-silaze/

KŘEPELKA, J. *Skladování a konzervace vlhkého zrna* [online]. 2014 [cit. 2018-04-8]. Dostupné z: http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/010.pdf

LÁD, F. *Vliv vybraných ukazatelů na kvalitu silážovaných krmiv: vědecká monografie: The influence of choice parameters for quality of ensilage feeds : scientific monograph*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006. ISBN 80-7040-885-5.

NOVÁK, D. a J. VZRAL. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995. ISBN 80-7105-097-0.

PROCHÁZKA, J., M. DOHÁNYOS, M. KAJAN a J. DIVIŠ. *Produkce bioplynu z kukuřice* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: http://www.czba.cz/produkce-bioplynu-z-kukurice.html

PAŘILOVÁ, M. *Vláknina a energie v krmné dávce* [online]. 8.4.2007 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: http://naschov.cz/vlaknina-a-energie-v-krmne-davce/

REECE, William O. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3282-4.

SKLÁDANKA, J. *Kukuřice setá* [online]. 2006 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html

SKLÁDANKA, J., P. DOLEŽAL a I. VYSKOČIL. *Kukuřičné siláže* [online]. 2012 [cit. 2018-03-8]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picvk/index.php?N=10&I=1

ŠAŠKOVÁ, D. *Trávy a obilí*. Praha: Artia, 1993. ISBN 80-85805-03-0.

ŠTĚRCOVÁ, E a KOL. *Stanovení obsahu vlákniny* [online]. 2012 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://fvhe.vfu.cz/static/informace-o-fakulte/sekce-ustavy/uvv/chemicka_analyza_krmiv/vlaknina.html

TICHÁ, M. a P. VYZÍNOVÁ. *Obilniny* [online]. 2006 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/obilniny.htm

TŘINÁCTÝ, J. a M. RICHTER. *Hodnocení proteinu krmiv pro dojnice dle systému INRA*. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín, 2009. ISBN 978-80-87144-10-7.

TŘINÁCTÝ, J. *Hodnocení krmiv pro dojnice*. Pohořelice: AgroDigest, 2013. ISBN 978-80-260-2514-6.

TŘINÁCTÝ, J., M. RICHTER a L. KŘÍŽOVÁ. *Hodnocení energie krmiv pro dojnice dle NRC (2001)*. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín, 2009. ISBN 978-80-87144-12-1.

TŘINÁCTÝ, J., M. RICHTER a L. KŘÍŽOVÁ. *Hodnocení kukuřičné siláže pro dojnice dle systému MILK 2006*. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín, 2010. ISBN 978-80-87144-15-2.

Výživa dojnic: sborník příspěvků: Dairy Cows Nutrition : (proceedings of contributions) : Pohořelice, 5.6.2008. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín, 2008. ISBN 978-80-87144-02-2.

ZGAŽAROVÁ, M. *Základní technologické rozbory obilovin pro lidskou výživu* [online]. Zlín, 2010 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/12663/zga%C5%BEarov%C3%A1_2010_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: Fakulta technologická.

ZIMOLKA, J. a KOL. *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. Praha: Profi press, 2008. ISBN 9788086726311.