

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra pícninářství a trávnickářství**



**Vliv použití biologických silážních aditiv na ztráty sušiny  
při konzervaci píce**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Martin Písařík**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Hakl, Ph.D.**

© 2015 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv použití biologických silážních aditiv na ztráty sušiny při konzervaci píče" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7.4. 2015

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za odborné konsultace a cenné připomínky k mé práci. Dále své rodině za podporu.

# Vliv použití biologických silážních aditiv na ztráty sušiny při konzervaci píce

## Abstrakt

Cílem práce bylo vyhodnotit účinek dvou typů silážních inokulantů na fermentační ztráty sušiny v lisované siláži o vyšší sušině z trvalých travních porostů. Práce dále porovnává metodu zjištění ztrát sušiny na základě změn ztrát hmotnosti siláže, změny koncentrace popelovin a dusíkatých látek. Pokus probíhal na zemědělské farmě v horské oblasti Děčínského regionu ve třech variantách: kontrolní (bez přídatku aditiv), varianta č. 1 ošetřená heterofermentativním aditivem v dávce 1g/t, varianta č. 2 ošetřená homofermentativním aditivem v dávce 1g/t. Pomocí ližinových vah se zjistila hmotnost balíků ihned po zabalení do folie a dále po 6 týdnech fermentace. Laboratorně se stanovila sušina, popeloviny a dusíkaté látky před fermentací i po fermentaci. Mimo to byla stanovena slisovatelnost balíků. Byly prokázány statisticky významné rozdíly ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ) ve ztrátách sušiny, mezi bakteriálně inokulovanou a kontrolní siláží, zjištěné z popelovin a hmotnostních ztrát. U siláže o vyšší sušině ošetřené homofermentativním aditivem byly zjištěny nejnižší ztráty sušiny, heterofermentativní aditivum také vykazovalo nižší ztráty než kontrola. Bylo zjištěno, že sledování změn v obsahu dusíkatých látek nepřináší srovnatelné údaje, neboť je zatíženo ztrátami při proteolýze. Stanovení ztrát z koncentrace popelovin před fermentací a po fermentaci poskytuje srovnatelné výsledky jako stanovení hmotnostních ztrát sušiny.

**Klíčová slova:** silážní inokulanty, technologie silážování, fermentační proces, bakterie mléčného kvašení, ztráty sušiny

# **The effect of biological silage additives on the fermentation losses during forage ensiling**

## **Summary**

The aim of this thesis was the evaluation of the influence of two different silage inoculants on fermentation losses of dry matter in round-baled haylage from permanent grasslands. Thesis also compares methods of measuring losses of dry matter by differences in weight, concentration of ash and concentration of nitrates. Experiment was performed on a farm in mountain area near Děčín. It was divided into three different variants: control variant (without any additives), variant 1 treated by heterofermentative additive and the variant 2 treated by homofermentative additive, both with uniform dosage of 1 gram of additive per ton. Bales were weighted on rail scales right after they were wrapped with foil and then again after 6 weeks of fermentation. Amounts of dry matter, crude ash and crude protein were measured in laboratory before and after fermentation. Compressibility of bales was also defined. From crude ash and weight losses was found that there were significant differences in losses ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ) of dry matter between inoculated and non-inoculated haylage. Higher dry matter haylage, with homofermentative additive, had the lowest reduction of dry matter. Haylage with heterofermentative additive also had lower reduction of dry matter than control variant. Measuring of nitrates values does not give us valid information because it is effected by losses during proteolysis. Measuring losses of concentration of crude ash before and after fermentation gives us equal results as measuring weight differences of dry matter.

**Key words:** silage inoculant, silage technology, fermentation process, lactic acid bacteria, dry matter losses

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1 ÚVOD.....  | 8  |
| 2 CÍL PRÁCE .....  | 9  |
| 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE .....  | 10 |
| 3.1 Současné trendy v silážování.....                              | 10 |
| 3.2 Mikroorganismy v silážích.....                                 | 10 |
| 3.2.1 Bakterie mléčného kvašení v procesu silážování.....          | 10 |
| 3.2.2 Nežádoucí mikroorganizmy.....                                | 15 |
| 3.2.3 Epifytní mikroorganizmy.....                                 | 17 |
| 3.3 Fermentační proces .....                                       | 18 |
| 3.3.1 Aerobní fáze.....  | 18 |
| 3.3.2 Fermentační fáze .....                                       | 18 |
| 3.3.3 Fáze stability .....   | 18 |
| 3.3.4 Fáze zkrmování .....   | 19 |
| 3.4 Technologie silážování víceletých píce a TTP.....              | 20 |
| 3.4.1 Termín sklizně.....  | 20 |
| 3.4.2 Vegetační fáze a silážovatelnost plodin.....                 | 21 |
| 3.4.3 Metody sklizně .....   | 22 |
| 3.4.4 Délka řezanky.....   | 23 |
| 3.4.5 Vytvoření anaerobního prostředí a zakrytí silážní hmoty..... | 24 |
| 3.5 Ztráty během silážování .....                                  | 25 |
| 3.5.1 Fermentační ztráty sušiny .....                              | 25 |
| 4 MATERIÁL A METODY .....  | 27 |
| 4.1 Charakteristika přírodních podmínek.....                       | 27 |
| 4.2 Charakteristika porostu .....                                  | 27 |
| 4.3 Sklizeň a konzervace píce .....                                | 28 |
| 4.4 Předběžná sušina.....  | 29 |

|   |    |
|---|----|
| 4.5 Inokulace siláže.....   | 29 |
| 4.6 Stanovení hmotnosti balíků .....  | 30 |
| 4.6.1 Slisovatelnost .....  | 31 |
| 4.7 Odebírání vzorků .....  | 31 |
| 4.8 Použité analytické metody.....  | 32 |
| 4.8.1 Stanovení sušiny .....  | 32 |
| 4.8.2 Stanovení popelovin .....   | 33 |
| 4.8.3 Stanovení dusíkatých látek.....   | 33 |
| 4.9 Stanovení ztrát .....   | 33 |
| 4.10 Zpracování výsledků .....  | 33 |
| 5 VÝSLEDKY .....  | 34 |
| 5.1 Píce před fermentací.....   | 34 |
| 5.2 Píce po fermentaci.....   | 34 |
| 5.3 Změny hmotnosti balíků a hmotnostní ztráty sušiny .....                           | 35 |
| 5.3.1 Slisovatelnost .....  | 35 |
| 5.4 Fermentační ztráty sušiny na základě změn koncentrace sledovaných parametrů ..... | 36 |
| 5.5. Porovnání metod sledování ztrát sušiny.....                                      | 37 |
| 6 DISKUSE.....  | 39 |
| 6.1 Vliv bakteriálních inokulantů na ztráty sušiny .....                              | 39 |
| 6.2 Metody zjištění ztrát sušiny .....  | 40 |
| 6.3 Vliv technologických parametrů.....   | 41 |
| 6.3.1 Utužení silážované hmoty.....   | 42 |
| 6.3.2 Balicí folie.....   | 42 |
| 7 ZÁVĚR.....  | 44 |
| 8 SEZNAM LITERATURY .....   | 45 |
| 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....  | 50 |

## 1 ÚVOD

Silážování probíhalo již ve starověkém Egyptě 1000 - 1500 př. n. l. v kamenných nádobách. Dnes je silážování jeden z nejrozšířenějších způsobů konzervace, jak uchovat dietetické a nutriční parametry konzervovaného materiálu. Ke zvýšení konkurenceschopnosti farem je zapotřebí vykazovat co nejnižší náklady na výrobu krmiv, neboť představují nejvyšší položku v nákladech na chov hospodářských zvířat. Při silážování však dochází ke značným ztrátám. Proto je třeba pečlivě zvážit výrobní technologii při silážování a možnosti využívání silážních aditiv, aby ztráty během silážování byly co nejnižší. Jedním z hlavních technologických prvků je používání silážních aditiv, která mohou významnou měrou ovlivňovat konzervaci objemného krmiva. Bakteriální inokulanty mají vliv na zvýšenou produkci kyseliny mléčné a tím při správné technologii urychlují fermentační proces. Dochází k zabránění vlivu nežádoucích mikroorganismů, které krmivo rozkládají a jinak narušují žádoucí fermentaci. Rychlejší fermentace by měla vést k nižším ztrátám sušiny během fermentace silážovaného materiálu. Otázkou zůstává jak významný vliv bakteriální inokulanty na ztráty sušiny během fermentace mají. Další problém pak představuje, že ztráty během fermentace je poměrně obtížné sledovat, a proto zde významnou roli hraje i volba vhodné metody zjišťování ztrát. Metoda by měla být co nejjednodušší, ale zároveň co nejpřesněji postihovat ztráty sušiny během fermentace.



## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo vyhodnotit účinek homofermentativního a heterofermentativního silážního inokulantu na ztráty sušiny během fermentačního procesu v siláži z trvalých travních porostů.

Hypotéza:

- I. Použití silážních aditiv snižuje ztráty sušiny.
- II. Určení ztrát na základě změn v hmotnosti siláže poskytuje stejné výsledky jako zjišťování ztrát sušiny na základě změn koncentrace popelovin nebo dusíkatých látek.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Současné trendy v silážování

Silážování se stalo důležitým nástrojem, který vyžaduje poměrně vysokou úroveň odborných znalostí, aby proběhlo co nejlépe a silážované plodiny neztrácely na kvalitě (Wattiaux, 2005). Podle Weinberga *et* Mucka (1996) je silážní proces složitý a zahrnuje vzájemné působení různých chemických a mikrobiologických procesů. Volbu vhodného silážního inokulantu proto musíme přizpůsobit daným podmínkám, plodině a technologii silážování.

V dnešní době existuje mnoho typů a forem komerčně prodávaných kmenů bakterií, které slouží jako silážní inokulanty (Buxton *et al.*, 2003). Rada *et* Vlková (2010) uvádí, že hlavním cílem inokulantů je konzervační činnost – produkce organických kyselin. Soest (1994) zjistil, že organické kyseliny ovlivňují průběh fermentace jednak poklesem hodnoty pH a také mohou měnit poměr mezi sacharidy a proteinem. U inokulantů byly prokázány i pozitivní účinky na zdraví zvířat. Mezi další efekty silážních inokulantů patří možné vlivy na nutriční hodnotu a stavitelnost siláže (Rada *et* Vlková, 2010).

Nedávné pokroky v silážní mikrobiologii jsou přezkoumávány. Nové techniky v silážní mikrobiologii využívají polymerázové řetězové reakce (PCR). Tyto techniky nám umožňují identifikovat a kvantifikovat druhy, ale i dělat analýzy celé komunity mikroorganismů. Techniky založené na PCR odkrývají nové druhy, hlavně bakterie a plísně vyskytující se v krmivech. Silážní inokulanty jsou široce dostupné, nové výzkumy se nyní zabývají účinností bakteriálních aditiv. Bylo zjištěno, že některé bakteriální kmeny produkují bakteriociny a další sloučeniny, které inhibují jiné bakterie a plísně. Tím zlepšují jejich šanci na úspěch v silážním procesu (Muck, 2013).

### 3.2 Mikroorganismy v silážích

#### 3.2.1 Bakterie mléčného kvašení v procesu silážování

Většina silážních inokulantů je složena z *L. plantarum*, který je převládajícím homofermentativním kmenem v siláži a typickým kmenem pocházejícím z rostlinných materiálů. Vlastnosti bakteriálních kmenů se ale liší i v rámci stejného druhu (Ohmono, *et al.* 2002). Bakterie mléčného kvašení (BMK) jsou všudypřítomné v přírodním prostředí. Fermentují cukry a produkují kyselinu mléčnou, která je hlavním konečným produktem (Tyrolová *et* Výborná, 2008). Kolem 90 % celosvětové produkce kyseliny mléčné

je vytvořeno fermentací BMK. Zbýlých 10 % je vyráběno synteticky. (Tyrolová *et* Výborná, 2010). Nové výzkumy ukazují, že některé bakteriálně inokulované siláže mohou příznivě ovlivnit bachorové mikroorganismy, snížením produkce metanu a v některých případech i zvýšení produkce mikrobiální biomasy (Muck, 2013).

Jejich funkcí je podpora rychlého a efektivního využití vodorozpustných sacharidů (WSC) v silážovaných rostlinách, což má za následek intenzivnější produkci kyseliny mléčné a rychlý pokles pH. Kromě toho, očkovací látky mají zabránit druhotné fermentaci siláže a zlepšit užítkovost zvířat (Weinberg *et* Muck, 1996).

Biologické silážní aditiva mají výhody oproti chemickým přísadám, jsou snadno použitelné, neznečišťují životní prostředí a jsou považovány ekologické látky (Varadiová *et al.*, 2013).

### **3.2.1.1 Homofermentativní**

Homofermentativní bakterie v inokulantech rozkládají cukry přímo na kyselinu mléčnou za vzniku jen malého množství vody. Pokles pH je přitom mnohem rychlejší než při heterofermentaci. Při pH 4 je degradace živin v původní hmotě zastavena a při rychlejším poklesu pH se získá vyšší podíl živin (Ježková, 2010).

Homofermentativní bakterie mléčného kvašení (LAB) jsou nejčastější biologické přísady používané při konzervaci siláže. Mají vliv na rychlý pokles pH, nízké hodnoty konečného pH, vysoký obsah kyseliny mléčné, nízký obsah etanolu, amoniakálního dusíku a nižší ztráty sušiny v siláži. Na rozdíl od heterofermentativních bakterií produkují méně mastných kyselin s krátkým řetězcem (SCFA), které podporují inhibici kvasinek a tím zlepšují aerobní stabilitu siláže. To vedlo k výrobě inokulantů obsahující heterofermentativní i homofermentativní bakterie (Hashemzadeh-Cigari *et al.*, 2014).

#### *Lactobacillus plantarum*

*Lactobacillus plantarum* patří k bakteriím s nevyšším výskytem v komerčně prodávaných silážních inokulantech. Jedná se o grampozitivní anaerobní bakterii, která se nachází v různém prostředí. Vyskytuje se např. v lidských slinách, kde byla poprvé izolována, v gastrointestinálním traktu zvířat i lidí, v potravinách (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

Contreras-Govea *et al.* (2013) zjistili, že *L. plantarum* v siláži má vliv na degradaci proteinu při fermentaci.

### *Enterococcus faecium*

Přídavek této bakterie do travní siláže zlepšuje fermentační charakteristiku, zejména zlepšuje konečný poměr mezi kyselinou mléčnou a octovou (Varadiová *et al.*, 2013). Z pokusu Marciňáková *et al.* (2008) vyplývá, že siláže ošetřené *Enterococcus faecium*, konkrétně kmenem EF9296, mají prokazatelně vyšší obsah sušiny již 7. den fermentace oproti neošetřené kontrole. Žádné vlivy na hodnoty obsahu dusíku nebyly prokázány. Na konci fermentace vykazovala siláž ošetřená *E. faecium* nižší počty kvasinek než tomu bylo u kontroly. Při testu aerobní stability vykazovala ošetřená siláž vysokou hodnotu kyseliny mléčné, nízké hodnoty kyseliny octové a máselné. Varadiová *et al.* (2013) prokázali, že *E. faecium* produkuje bakteriociny, které mají převážně antilisteriální aktivitu.

### *Lactobacillus casei*

Má nejvyšší osmotoleranci k obsahu sušiny. Vyznačuje se velkou acidotolerancí k pH a také resistencí vůči teplotě. Optimální pH pro růst této bakterie je 5,5. *Lactobacillus casei* je přítomný mimo silážní aditiva i při výrobě jogurtů a sýrů. Bakterie je také využívána jako probiotikum, potlačuje střevní patogeny a také snižuje hladinu krevního cholesterolu (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

### *Lactobacillus acidophilus*

Jedná se o grampozitivní bakterii, která se je velmi často zastoupena ve složení komerčních bakteriálních aditiv. Optimální hodnota pH pro růst *Lactobacillus acidophilus* je pod pH 5 a teplota 30 °C. Tato bakterie se přirozeně vyskytuje v gastrointestinálním traktu zvířat i lidí. Kromě silážních aditiv se využívá zejména v mlékařském průmyslu. Lidé s nesnášlivostí laktózy jsou s touto bakterií schopni strávit mléčné výrobky lépe než bez ní (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

### *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*

Je to grampozitivní, fakultativně anaerobní bakterie. Této bakterii nejlépe vyhovuje prostředí při pH kolem 5,4-4,6 a teplotě 40-44 °C. Kromě využití při silážování je tato bakterie důležitá pro mlékařský průmysl (jogurty, sýry, kysaná mléka). Tato bakterie byla izolována v Bulharsku, od toho název *Bulgaricus* (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

### *Lactobacillus rhamnosus*

Tato bakterie byla původně zařazena jako poddruh *Lactobacillus casei*. Později byla označena za samostatný druh. Optimální pH je v rozmezí 6,4-4,5. Zajímavostí této bakterie je

její preventivní působení proti vzniku atopického ekzému u dětí. Největší růst této bakterie je při teplotě 33-35 °C resp. 41-45 °C (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

#### *Pediococcus pentosaceus*

Je to grampozitivní, fakultativně anaerobní, nepohyblivá nesporeující bakterie. *Pediococcus pentosaceus* produkuje bakteriociny s antilisteriovým účinkem. Zajímavostí a kladem této bakterie je schopnost produkce bakteriocinů. Bakteriociny jsou produkty bakterií a inhibují růst některých jiných bakterií. Bakteriociny produkované *Pediococcus pentosaceus* mají obdobně jako u již zmíněné *E. faecium* antilisteriální aktivitu (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

#### *Lactobacillus pentosus*

Optimální teplota pro růst bakterie je okolo 30 °C a pH kolem 7. *Lactobacillus pentosus* rovněž produkuje bakteriociny (Tyrolová *et* Výborná, 2010). Filia *et al.* (2010) uvádějí, že siláže o vyšší sušině ošetřené *L. pentosus* vykazují lepší aerobní stabilitu, nižší zaplísňenost a výskyt kvasinek.

#### *Lactobacillus lactis*

Jedná se o grampozitivní, fakultativně anaerobní bakterii. Nejlépe roste při teplotě 33-35 °C a 41-45 °C a pH 6 (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

#### *Lactococcus lactis*

Jedná se o grampozitivní bakterii, která má velký význam v potravinářství při výrobě mléčných výrobků. Optimální teplota růstu pro nejvyšší produkci kyseliny mléčné *Lactococcus lactis* je 33,5 °C a pH kolem 6 (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

#### *Propionibacterium*

Podle Kalače (2009) je nejúčinnější látkou pro potlačení činnosti kvasinek a plísní kyselina propionová, resp. její soli (hlavně amonná). Tato kyselina může v některých silážích vznikat v menším množství činností bakterií rodu *Propionibacterium*.

#### *Pediococcus acidilactici*

Jedná se o fakultativně anaerobní, grampozitivní, nesporeující bakterii. Je velmi tolerantní vůči prostředí. Snese široké rozpětí teploty, pH a osmotického tlaku. Nejlepší teplota pro její růst je 41 °C a pH 6,2 (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

### *Lactobacillus salivarius*

Tato bakterie je zatím využívána pouze ve dvou aditivech. Je to fakultativně anaerobní bakterie. Nejlépe roste při pH 6,5, přiměřený růst má při pH 5-8. Kromě kyseliny mléčné produkuje rovněž bakteriociny (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

#### **3.2.1.2 Heterofermentativní**

Účinkem heterofermentativních biologických aditiv je rychlá produkce kyseliny mléčné a zároveň zlepšení aerobní stability siláže v důsledku produkce kyseliny octové (Vlková *et al.*, 2012).

Jejich role je velmi důležitá především v době, kdy se otevře silážní prostor (jáma, vak) a vzniká prostředí vhodné pro růst kvasinek a plísní. Heterofermentativní bakterie kromě kyseliny mléčné vytvářejí také kyselinu octovou, propionovou a 1,2propandiol, které zlepšují aerobní stabilitu siláže (Tyrolová *et* Výborná, 2010). V teplejších oblastech je mnohem vyšší problém aerobní degradace siláží, než je tomu v chladnějších klimatických pásech. Proto jsou zde nároky na aerobní stabilitu siláží vyšší. Inokulanty by měly obsahovat mikroorganismy inhibující aerobní houby (Filia *et al.*, 2010).

Queiroz *et al.* (2013) publikovali výzkum porovnávající homofermentativní a heterofermentativní bakteriální aditivum použité při silážování celých rostlin kukuřice. Siláž inokulovaná heterofermentativním aditivem (*Pediococcus pentosaceus* a *L. buchneri*) obsahovala 3,19 % kyseliny octové v sušině oproti homofermentativnímu aditivu (*L. plantarum*), kde to bylo 2,78 %. V počtu kvasinek se siláže nelišily, ale aerobní stabilita v prvním případě byla zvýšena o 64 %.

Ve studii Cuihua *et al.* (2011) zkoušeli vliv aditivních látek (kyseliny octové, kyseliny propionové, kyseliny mléčné, celulosy a močoviny) na fermentaci vojtěšky. S výjimkou močoviny všechny aditivní látky zlepšily hodnoty pH a amoniakálního dusíku ve vojtěškové siláži. Comino *et al.* (2014) zjistili, že při obsahu kyseliny octové nad 2,5 % (v sušině) v siláži nejsou přítomné kvasinky, což v důsledku znamená zvýšení aerobní stability siláže o 200 hodin.

### *Lactobacillus buchneri*

Comino *et al.* (2014) zjistili, že přidání aditiva s *L. buchneri* téměř zdvojnásobí množství kyseliny octové vzniklé při fermentaci oproti siláži neošetřené. Weinberg *et* Muck (1996) uvádí, že *Lactobacillus buchneri* obsažená v silážních inokulantech zlepšuje aerobní stabilitu.

Činnost *L. buchneri* má mírný vliv na vyšší ztrátu sušiny během fermentace (Comino *et al.*, 2014). Příčinou je intenzivnější metabolismus bakterie (Wang *et al.*, 2014). Nicméně, vyšší ztrátě sušiny o 1 - 2% se vyrovná zvýšená aerobní stabilita (Weinberg *et Muck*, 1996). Siláž naočkovaná *L. buchneri* má vyšší obsah ethanolu než siláž ošetřená *L. plantarum* (Wang *et al.*, 2014).

#### *Lactobacillus brevis*

Jedná se o grampozitivní nesporeující bakterii. Je významná v potravinářském průmyslu z hlediska výroby sýrů a vína, dále i některých druhů piva a při výrobě chleba. Největší a nejrychlejší růst *Lactobacillus brevis* je při teplotě 30°C a při hodnotě pH 4-6 (Tyrolová *et Výborná*, 2010).

#### *Lactobacillus fermentum*

Nově používaný druh bakterie v silážních inokulantech, který vznikl z 6 druhů bakterií. Bylo prokázáno, že siláže ošetřené *Lactobacillus fermentum* mají vyšší obsah kyseliny octové a vykazují o 160 hodin vyšší aerobní stabilitu než siláž neošetřená. Ošetřené siláže *L. fermentum* nevykazují nižší ztráty sušiny (EFSA, 2014).

### **3.2.2 Nežádoucí mikroorganizmy**

Při silážování je velmi důležité potlačovat aktivitu nežádoucích skupin mikroorganismů a posilovat bakterie mléčného kvašení vytvářející především kyselinu mléčnou (Tyrolová *et Výborná*, 2010). Aerobní narušení siláží je nejčastěji způsobeno kvasinkami a bakteriemi produkující kyselinu octovou, dále to jsou bacily a enterokoky. Jejich aktivita vede k záhřevu siláže a ztrátám sušiny, dochází tím k zhoršení nutriční hodnoty siláže (Weinberg *et Muck*, 1996).

#### **3.2.2.1 Enterobakterie**

Fakultativně anaerobní bakterie vyskytující se převážně v trávicím traktu zvířat a lidí. Dostávají se do vody a půdy následně pak do sklizené hmoty (součást epifytní mikroflóry). Nízké pH okolo 4,5 zastavuje jejich aktivitu. Jsou nežádoucí, protože způsobují proteolýzu (Tyrolová *et Výborná*, 2010).

Některé druhy rodu *Enterococcus* jsou producenty kyseliny mléčné a jiné vytváří kyselinu octovou. Jednou z vlastností enterobakterií je jejich schopnost snižovat obsah

dusičnanů (NO<sub>3</sub>), a jejich rozklad na amoniak a oxid dusný. To vede ke snížení obsahu dusitanů (NO<sub>2</sub>) a také snížení inhibičního efektu na růst klostridií v silážní hmotě. Růst většiny druhů enterobakterií se zastavuje při pH 5,0 (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

### 3.2.2.2 *Klostridie*

Podle Rajčáková *et* Mlynár (2009) se nejčastěji v silážích vyskytují tyto druhy klostridií: *Clostridium butyricum*, *Clostridium sporogenes* a *Clostridium tyrobutyricum*.

Klostridie můžeme rozdělit na dvě skupiny:

- způsobující sekundární fermentaci, při které dochází k transformaci cukrů a organických kyselin (např. kyselina mléčná) na kyselinu máselnou.
- podporující proteolýzu, při které dochází k rozkladu dusíkatých látek na jednotlivé aminokyseliny a následně na amidy, aminy a amoniak. O aminech je známo, že snižují příjem sušiny siláží zvířaty (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

Wattiaux (2005) uvádí, že při silážování píce při sušině vyšší než 30 % patří mezi hlavní opatření kvůli správné fermentaci maximální utužení (jak je jen technologicky možné) z důvodu snížení nárůstu teploty, které způsobuje proces dýchání. Vyhnout se kontaminaci půdou. Silážovat píci s vyšším obsahem cukru. Dodržovat technologické zásady silážování, aby došlo k maximálnímu poklesu pH v co nejkratší době. Rajčáková *et* Mlynár (2009) uvádí, že čím méně vody mají klostridie k dispozici, tím jsou citlivější ke kyselému prostředí, a tím nižší koncentraci kyseliny mléčné musí obsahovat siláž.

### 3.2.2.3 *Kvasinky a plísně*

Plísně a kvasinky snesou velmi nízké pH až 2, ale zůstávají inaktivní v siláži o pH kolem 4 - 4,5. Aerobní formy vyžadující cukr k růstu můžou rychle pokračovat ve svém vývoji, jakmile je kyslík přítomen. Kvasinky mohou růst i v anaerobním prostředí a mohou produkovat alkohol v siláži, která je bohatá na cukry např. kukuřice. Více než 60 druhů plísní bylo v siláži izolováno. Paradoxní je, že riziko rozvoje těchto nežádoucích mikroorganismů roste s kvalitou siláže. Zbytkový cukr v dobře fermentované siláži je ideálním zdrojem energie pro plísně a kvasinky. Navíc v dobře fermentované siláži je nízký obsah kyseliny máselné, což je silný inhibitor růstu plísní a kvasinek. Otevřená sila s kvalitně fermentovanou siláží měla vyšší výskyt plísní a kvasinek než siláže s nižší kvalitou fermentace (Wattiaux, 2005).



Kvasinky se přímo nepodílejí na přeměně nutričně a hygienicky významných látek. Jsou hlavní příčinou aerobní nestability v siláži. Jsou to fakultativně anaerobní eukaryoty. Vyskytují se převážně rody *Candida*, *Hansenula*, *Pichia*, které přeměňují cukry na etanol a CO<sub>2</sub> a ochuzují BMK o zdroj energie (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

Rajčáková *et* Mlynár (2009) uvádí, že siláž fermentovaná kvasinkami může mít negativní vliv na chuť mléka. Populace kvasinek může dosáhnout až 10<sup>7</sup> CFU. V průběhu prvních týdnů silážování a při dlouhodobém skladování dochází k postupnému snížení počtu kvasinek. Při skladování v aerobním prostředí, počet kvasinek znovu narůstá. Přežití kvasinek výrazně snižuje vysoká hladina kyseliny mravenčí a octové.

Nebezpečí rozvoje plísní se vyskytuje hlavně u silážování rostlinného materiálu o vysoké sušině, při špatném utužení hmoty a také při otevření silážního prostoru. Při vniknutí vzduchu do silážované hmoty se zvyšuje možnost napadení toxinogenních druhů např. *Aspergillus*, *Fusarium* a *Penicilium* vytvářející mykotoxiny, které jsou škodlivé pro zvířata a následně škodí i lidem (Tyrolová *et* Výborná, 2010).

### **3.2.3 Epifytní mikroorganizmy**

Epifytní mikroflóru tvoří bakterie mléčného kvašení, zastoupené jsou i klostridie, kvasinky a plísně. Jejich obsah se v epifytní mikroflóře zvyšuje např. se stárnutím krmiva, s nárůstem obsahu sušiny, s nepříznivým průběhem počasí, s omrznutím krmiva a se znečištěním krmiva půdou (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

Podle Pozdíška *et al.* (2008) se lze stále častěji setkat s tím, že na sklízených rostlinách je potlačena epifytní mikroflóra. Mikroorganizmy se na nich nacházejí v mnohem nižším počtu a méně vhodném zastoupení než dříve. To je také jeden z důvodů, proč mnohem více než dříve se přidávají do silážované hmoty biologické přípravky. Mají nahradit chybějící mikroorganizmy a fermentační proces rychleji nastartovat žádoucím směrem.

### 3.3 Fermentační proces

#### 3.3.1 Aerobní fáze

Standardně trvá dýchání jeden až dva dny, ale odehrává se jen tak dlouho, dokud je v siláži přítomen kyslík. Při lisování nebo utužování siláže musíme maximální množství vzduchu vytěsnit v co možná nejkratším čase, jedině tak bude možné omezit fermentační ztráty (Wattiaux, 2005). Hodnota pH v této fázi je 6,0 až 6,5. Převládá činnost aerobních a fakultativně aerobních mikroorganismů jako jsou houby, kvasinky a enterobakterie (Weinberg *et* Muck, 1996).

#### 3.3.2 Fermentační fáze

Trvá několik dní až týdnů, poté co se prostředí v siláži stane anaerobním. Hodnota pH se sníží na 3,8 až 5,0 (Weinberg *et* Muck, 1996). Fermentační proces obvykle začíná rozvojem enterobakterií. Pro jejich množení je optimální prostředí s pH na úrovni 6,0 – 7,0. Takovéto pH je běžnou hodnotou kyselosti čerstvého objemového krmiva. Při pH 5,0 a nižším se růst zastavuje. Další okyselení silážované hmoty zajišťují bakterie rodu *Streptococcus*, *Lactobacillus* a *Pediococcus*. I když fermentační proces probíhá postupně a navazuje na sebe, nejvýkonnějšími a nejdůležitějšími producenty kyseliny mléčné jsou bakterie rodu *Lactobacillus* (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

#### 3.3.3 Fáze stability

Po 14 dnech fermentace, konzervovaná travní siláž obsahuje 1,5 až 2 % kyseliny mléčné a pH se může pohybovat v hodnotách od 3,5 do 4,2. U vojtěšky klesá pH zřídka pod 4,5 a to i za nejlepších podmínek. Veškerý bakteriální růst ustává a nakonec i růst BMK je inhibován (Wattiaux, 2005). Dochází k minimálním změnám v siláži, dokud nedojde k průniku vzduchu do siláže (Weinberg *et* Muck, 1996). Proto je důležité zakrýt silo dobrou plastovou folií, která je dobře nastavená anaerobní prostředí v siláži. Velké ztráty sušiny mohou nastat v důsledku špatného materiálu použitého k zakrytí (Wattiaux, 2005).

### 3.3.4 Fáze zkrmování

V této fázi dochází k přístupu vzduchu k siláži. To umožňuje opětovnou aktivaci aerobních mikroorganismů způsobujících kažení, zejména kvasinek, plísní, bacilů a bakterií produkující kyselinu octovou (Weinberg *et* Muck, 1996).

Illek (2007) uvádí, že byla při aerobní fermentaci opakovaně prokázána ztráta sušiny 2 až 3 %. Rozkladem kyseliny mléčné se mění pH a vznikají vhodné podmínky pro rozmnožování bakterií a plísní. V silážní hmotě se akumulují produkty hniloby, mykotoxiny, toxické biogenní aminy např. kadaverin, tyramin, putrescin, spermidin, tryptamin a histamin. Záhřevem silážní hmoty vznikají nestrávitelné látky. Siláže vystavené aerobní fermentaci mají nízkou výživnou hodnotu a z hygienického hlediska nevyhovují.

Aerobní stabilita u siláží je klíčovým faktorem při zajištění kvalitních krmných dávek pro zvířata s minimálním množstvím spor plísní a toxinů. Vývoj kvasinek a plísní v aerobním prostředí probíhá během zavádání nebo skladování. Důležitým mikrobiologickým a biochemickým faktorem, který ovlivňuje aerobní stabilitu, je koncentrace nedisociované kyseliny octové (Wilkinson *et* Davies, 2012).

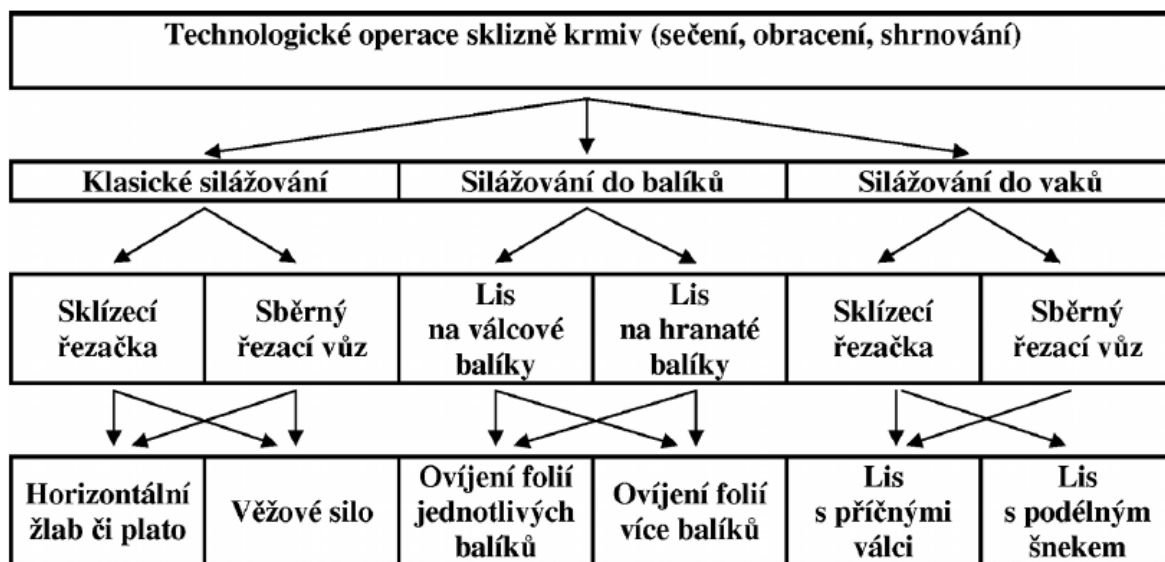
Aerobně narušená siláž snižuje výživnou hodnotu celkové krmné dávky. Kvasinky rozkládají cukry, které byly do dávky přidány prostřednictvím melasy nebo krmného cukru. Metabolity vzniklé během aerobní fermentace velmi snižují chutnost krmné dávky a tím i příjem sušiny až o 30 %. Při zkrmování aerobně narušené siláže dochází u skotu k poruchám trávení v předžaludku zejména jednoduchá indigeste, alkalóza a hniloba bachorového obsahu (Illek, 2007).

Každá fáze silážního procesu by měla být kontrolována, aby byla kvalita siláže zachována (Weinberg *et* Muck, 1996).

### 3.4 Technologie silážování víceletých píce a TTP

Možností jak zasilážovat píci víceletých píce je několik, nejčastější metody silážování používané v praxi jsou uvedeny ve schématu č. 1.

Schéma 1: Přehled technologických postupů sklizně a konzervace krmiv (Pozdíšek *et al.*, 2008)



#### 3.4.1 Termín sklizně

Zrání plodin nelze zastavit. Pokud rostliny zestárnou, ztratí svou výživnou a dietetickou hodnotu. Mikrobiální procesy u posekané píce také nelze zastavit (Loučka, 2009). Poštulka (2010) uvádí, že termín sklizně je často hlavním faktorem ovlivňujícím výživnou hodnotu a hygienickou jakost krmiva. Čekání na dostatek hmoty způsobuje přestárnutí píce (Rajčáková *et Mlynár*, 2009). Podle Pozdíška *et al.* (2008) hraje u travních porostů velkou roli také rozmanitost druhově bohatých společenstev, což znesnadňuje určení vhodné doby sklizně.

Müller (2009) zjistil, že pH bylo nejnižší v siláži z extenzivní pastviny při sklizni v červnu, zatímco siláž z intenzivně využívaného travního porostu měla nejnižší hodnotu pH při sklizni v srpnu. Koncentrace kyselin bývá obecně nejvyšší při sklizni červnové. Obsah kyseliny mléčné bývá nejvyšší při sklizni v červnu z extenzivní pastviny, zatímco při sklizni v červnu a srpnu z intenzivně využívaného porostu je dosaženo obdobné koncentrace kyseliny

mléčné. Koncentrace kyseliny octové je nejnižší při sklizni v květnu a obecně nejnižší v silážích z pastevního porostu.

### 3.4.2 Vegetační fáze a silážovatelnost plodin

Obsah vlákniny by neměl přesáhnout hodnotu 24 % v sušině a z tohoto důvodu se mají trávy kosit na začátku metání (případně před metáním). Čím je vyšší obsah dusíkatých látek a nižší koncentrace vlákniny v sušině krmiva, tím je kvalita trávniho porostu i stravitelnost vyšší (Rajčáková *et Mlynár*, 2009).

Pozdíšek *et al.* (2008) uvádí, že rozmanitost druhově velmi bohatých společenstev TTP (v porostu bývá minimálně 20 druhů, může jich tam ale být i více než 200) znesnadňuje určení vhodné doby sklizně, protože každý druh může mít jinou ranost. Botanické složení často předurčuje i přítomnost sekundárních metabolitů některých bylin, které pak při fermentaci působí na mikroorganismy tlumivě (mají vyšší tlumivou kapacitu). Naopak některé byliny mohou fermentační proces ovlivňovat příznivě.

U vojtěšky je termín sklizně ovlivňovaný charakterem stanoviště, pořadím seče a agrometeorologickými podmínkami. S přihlédnutím k rychlejšímu průběhu stárnutí, které je poznamenáno vyšším stupněm lignifikace v porovnání s jetelem je žádoucí sklízet vojtěšku ve fázi butonizace. Vojtěška je ve stádiu květu vzhledem k živinovému složení průměrným až podprůměrným krmivem s vysokým obsahem vlákniny a nízkou koncentrací energie. Právě vyšší obsah vlákniny a nižší stravitelnost organické hmoty je u většiny krmiv příčinou jejich nižšího příjmu zvířaty (Rajčáková *et Mlynár*, 2009). V tabulce č. 1 jsou uvedeny parametry pro zasilážování nejčastěji silážovaných plodin.

Tabulka 1: Nejvhodnější parametry k zasilážování plodin (Rajčáková *et Mlynár*, 2009)

|                       | Trávy  | Jeteloviny                                | Kukuřice na siláž | Obilniny - drť celých rostlin        | Luskoviny - drť celých rostlin |
|-----------------------|--|---|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Vegetační fáze</b> | těsně před stádiem metání nebo na jeho začátku | začátek tvorby květních pupat, butonizace | vosková zralost   | začátek až polovina voskové zralosti | konec mléčné zralosti          |
| <b>Typ sklizně</b>    | dělená sklizeň                                 | dělená sklizeň                            | přímá sklizeň     | přímá sklizeň                        | dělená sklizeň                 |
| <b>Sušina</b>         | 30 – 35 %                                      | jetel 33 – 38 %, vojtěška 37 – 42 %       | 30 – 35 %         | 30 – 35 %                            | 30 – 35 %                      |

O kvalitě siláže rozhoduje obsah dusíkatých látek, vlákniny, sušiny, stravitelnost organické hmoty, obsah pufrčních látek, obsah a složení epifytní mikroflóry. Při silážování

nekvalitní píce nelze očekávat kvalitní siláže ani při vysoké technologické kázni (Zeman *et al.*, 2006).

### **3.4.3 Metody sklizně**

Technologie silážování objemových krmiv začíná sečením. Výška pokosu by neměla být příliš nízká, aby se zamezilo kontaminaci krmiva půdou a nežádoucími klostridii (Rajčáková *et Mlynár*, 2009).

#### **3.4.3.1 Metoda sklizně bez zavádání**

Podle Pozdíška *et al.* (2008) je tímto způsobem sklizně víceletých pícnin a TTP téměř nemožné dosáhnout minimální sušiny potřebné k optimálnímu průběhu fermentace a nelze kvalitu siláže zvýšit ani použitím absorbentů nebo biologických či chemických aditiv.

Za dobrých technologických postupů dochází ke ztrátám 18 až 28 % sušiny při silážování čerstvé píce. Při silážování zavadlé píce ztráta sušiny činí 15 až 18 % (Břečka *et Kumhála*, 2001).

Wilkinson *et Davies* (2012) uvádí, že zvýšení koncentrace sušiny v silážované plodině např. u trav se odráží v omezení rozsahu fermentace a vyšší koncentrace zbytkových monosacharidů v siláži. WSC zůstávající v silážích, které prošly omezeným kvašením, jsou potenciálním zdrojem snadno dostupného substrátu pro růst aerobní mikroflóry.

#### **3.4.3.2 Metoda sklizně se zavádáním**

Jedná se o účelné zvyšování obsahu sušiny, které má prokázané účinky na kvalitu fermentace i na příjem siláže zvířaty. Zavádání snižuje fermentační ztráty, zvyšuje koncentraci sacharidů a působí selektivně na celkový obsah kyselin v siláži (Zeman *et al.*, 2006)

Rajčáková *et Mlynár* (2009) uvádí, že nedostatečně zavadlá píce způsobuje zvýšený odtok silážních šťáv, který je doprovázen zvýšenými ztrátami živin a samozřejmě je také vážným hygienickým problémem. Nadměrně zavadlá píce zase způsobuje ztráty cukrů, zvýšené ztráty energie vlivem odrolu, horší utužení siláže a větší náchylnost k nežádoucímu typu fermentace. Podle Pozdíška *et al.* (2008) je tato metoda používána v 95 % případech silážování víceletých pícnin a TTP. Pokud výsledný produkt vzniklý fermentací dosáhne sušiny mezi 30 a 50 % jedná se o siláž o vyšší sušině. Zeman *et al.* (2006) uvádí, že optimální

rozsah sušiny pro silážování víceletých píce se pohybuje mezi 35 – 45 %. Vyšší obsah sušiny znamená vyšší polní ztráty a zvýšený obsah WSC.

Siláže s příliš vysokým obsahem sušiny je obtížné zabalit a vytěsnit kyslík ze silážní hmoty (Wattiaux, 2005).

Optimální doba zavádání, a to zejména z hlediska obsahu vodorozpustných cukrů by měla být jeden až dva dny. V případě, že počasí nedovoluje zajistit v silážování krmivu požadovanou sušinu, není dobré čekat na zlepšení situace. Mnohem vhodnější řešení je pak píci s nedostatečným obsahem sušiny zakonzervovat s použitím chemických konzervačních přípravků (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

Ideální sušina (bez ohledu na silážovatelnost) závisí na typu sila, což ovlivňuje způsob a úroveň udusání, které lze dosáhnout. Doporučená sušina u silážovaných krmiv:

- 30 až 40 % pro silážní jámy
- 35 až 50 % u silážní věže;
- 40 až 50 % zabalené do folie v kulatých balících (Wattiaux, 2005).

Zavádání píce po 24 - 48 hodin je vysoce žádoucí z důvodu zvýšení sušiny. Jde o to, že zavádlá píce vyžaduje méně kyseliny mléčné na stabilizaci pH než píce, která má nižší sušinu. S vyšším obsahem sušiny se zvyšuje koncentrace rozpustných složek v siláži a z toho vyplývá i zvýšení osmotického tlaku, který inhibuje růst bakterií. Fermentace u zavádlých pícních materiálů se zastaví, až když nastane nízké pH a vysoký osmotický tlak (Wattiaux, 2005). Podle Zemana *et al.* (2006) by silážovaná hmota měla být rovnoměrně zavádlá, musí se zabránit jednostrannému přeschnutí a vysoké vlhkosti vespod řádku.

#### **3.4.4 Délka řezanky**

Sklizený materiál se musí před silážováním rozřezat. Délka řezanky siláže vychází z fyzikálního charakteru struktury krmiva a výrazně ovlivňuje žvýkání a následně celý metabolismus přežvýkavců. Strukturální účinnost objemového krmiva klesá se snižováním délky řezanky, naproti tomu se zkracováním řezanky krmiv se zvyšuje jejich příjem. Je to způsobeno zkracováním doby přežvykávání a tím i prodloužením času příjmu krmiva a zrychlením pasáže přes trávicí trakt. Z uvedeného důvodu se pro většinu objemových krmiv doporučuje délka řezanky silážované hmoty v délce mezi 4 - 5 cm (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

### 3.4.5 Vytvoření anaerobního prostředí a zakrytí silážní hmoty

Při silážování dochází k udusání silážní hmoty s cílem rychlého vytěsnění vzduchu a vytvoření anaerobních podmínek. Obecně platí, čím je řezanka delší a sušina silážované hmoty vyšší, tím déle a intenzivněji musíme silážovanou hmotu udusávat (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

Podle Kulované (2002) je důkladné dusání nejdůležitější technologický faktor, který zabezpečuje vhodné prostředí pro činnost BMK. Při nedokonalém dusání dochází nejen k uchování vysoké koncentrace vzduchu, ale také k silnému zahřívání naskladněné hmoty, pomnožení aerobních mikroorganismů, zejména plísní s rizikem tvorby toxinů, vysokým ztrátám energie, heterofermentativnímu typu kvašení. Dokonalé dusání siláže je spojeno také s rychlostí acidifikace a množstvím vyprodukované kyseliny mléčné. Je třeba rovnoměrného dusání od samého počátku, neboť zvýšené dusání až ve vyšších vrstvách nezajistí očekávaný efekt. Důležitou skutečností je nejen doba dusání, ale také hmotnost a síla, kterou by se mělo pojezdem působit na silážovaný materiál 7-10 kN/m<sup>2</sup> plochy.

Při zakrývání siláže je nutné využívat plastové fólie a zajistit důkladné utěsnění aby se zabránilo přístupu vzduchu. Vytvoření takového prostředí vyžaduje použít kromě klasické vrchní fólie i postranní fólii, jejíž funkcí je zabránit vstupu vzdušného kyslíku do konzervované hmoty přes díry existující mezi panely silážního žlabu. K zakrytí silážní se používají zátěžové pytle, které se pokládají v nepřerušené řadě po obvodu, v příčných pásech a v místě překrytí fólie ve dvou řadách. (Rajčáková *et* Mlynár, 2009). Pneumatiky jsou jako zátěžová tělesa nevhodná neboť nedosedají na sebe (proudění vzduchu), hromadí se v nich voda (komáři), při přenášení se může poškodit plachta a při sluneční expozici kumulují teplo (Ježková, 2013).

Velmi vhodné a účinné je zakrýt silážovanou hmotu nejprve tenkou fólií (0,04 mm), která se vyznačuje dobrou přilnavostí a tu překrýt klasickou 0,2 mm tlustou fólií. Důležité je dobré utěsnění silážované hmoty po celém obvodu silážní jámy na co se dají velmi dobře použít vaky ze síťoviny, plněné drobnými kulatými kamínky. Na povrch takto zakryté silážní jámy se umístí síťovina, která zabrání mechanickému poškození fólií (Rajčáková *et* Mlynár, 2009).

Kromě silážních žlabů, individuálně nebo skupinově balených balíků do fólie a silážních věží, které jsou technologicky na ústupu se v poslední době začíná pro silážování používat plnění do PE vaků. Kapacita těchto vaků bývá v rozmezí 160 – 350 tun (Andrt,



2011). Hruška (2007) uvádí, že technologie vakování je považována za nejméně ztrátovou. Ztráty sušiny fermentací se pohybují okolo 2 %, zatím co u technologie silážování do silážních žlabů je to min. 5 %. Clarke (2001) uvádí, že při balení kulatých balíků do vaků dochází k 40% úspoře plastových materiálů než při individuálním balení.

### **3.5 Ztráty během silážování**

Většina studií sledujících efektivitu silážování se zaměřuje na ukazatele fermentačního procesu a na obsahy živin v siláži. Většinou se však opomíjí hledisko ztrát sušiny během konzervačního procesu.

Celkové ztráty sušiny vzniklé během sklizně, uskladnění a zkrmování běžně pohybují v rozmezí 8 až 40 % (Jambor *et* Vosynková, 2010).

#### Základní rozdělení ztrát:

- a) Sklizňové ztráty
- b) Fermentační ztráty sušiny
- c) Skladové ztráty
- d) Ztráty během krmení

#### **3.5.1 Fermentační ztráty sušiny**

Fermentační ztráty sušiny v silážích jsou významné z pohledu možnosti jejich ovlivnění pomocí silážních aditiv. Aplikací silážních aditiv máme možnost zabránit vyšším ztrátám sušiny, ale i snížit produkci biogenních aminů a mykotoxinů. Nevyhnutelné fermentační ztráty se pohybují na úrovni 4 – 8 % podle biologických podmínek fermentace. Minimální ztráty sušiny, které jsou 4 % lze jen obtížně docílit. Použitím silážních aditiv je možné urychlit fermentační proces, a tím snížit ztráty sušiny na minimum. Z experimentu Jambora *et* Vosynkové (2010) vyplývá, že fermentační ztráty sušiny u kukuřičné siláže se pohybují v rozmezí 5–15 %. Při použití silážního inokulantu se vyrobí o 10 % více sušiny siláže a přitom se navíc náklady na jednu tunu siláže sníží o 61 Kč. Cíle této práce je posoudit vliv silážních inokulantů na ztráty sušiny u travní siláže.

Problém však nastává při zjišťování účinnosti aditiv na ztráty sušiny, neboť se jedná o pracovně náročné metody. To je i jeden z důvodů, proč se tato problematika řeší jen

minimálně. Experimentálně se zjišťují ztráty sušiny v laboratorních silech, kde se určuje z rozdílu množství sušiny, kterou naskladníme a množství sušiny zfermentovaného materiálu. V provozu lze ztráty sušiny sledovat vložением naskladňované řezanky známého množství píče do prodyšných pytlů. Ty se pak v době zkrmování siláže ze žlabu vyjmou a znovu zvaží. Zjistí se tak množství sušiny, které ve vaku zůstane po fermentaci, a tudíž i ztráty sušiny (Jambor *et* Vosynková, 2010). Uvedené zjištění ztrát sušiny je však příliš pracné, Rutzmoser *et* Ostertag (2013) uvádí, že výsledné ztráty sušiny zjistíme obdobně stanovením koncentrace popelovin nebo dusíkatých látek. Z těchto důvodů se předložená práce rovněž zabývá porovnáním různých metod hodnocení ztrát sušiny.

## 4 MATERIÁL A METODY

### 4.1 Charakteristika přírodních podmínek

Pokus probíhal na pozemku p.p.č. 231/9 v k. ú. Příbram pod Bukovou horou. Travní porost je z agroenvironmentálního hlediska druhově bohatou pastvinou obhospodařovanou režimu ekologického zemědělství. Poslední pastva na pozemku probíhala v podzimním období. Suma srážek v této oblasti za rok 2014 byla 486,2 mm (Kadlec, 2015), nadmořská výška pokusného pozemku je 580 m. n. m.

### 4.2 Charakteristika porostu

Dne 25. 7. 2014 byla určena pokryvnost druhů na pokusném pozemku. V tabulce č. 1 jsou uvedeny jednotlivé druhy v porostu s jejich dominancí, bonitační třídou a krmnou hodnotou. Krmná hodnota byla stanovena podle Nováka (2014). Nomenklatura byla sjednocena dle Klíče ke květeně ČR.

Tabulka 2: Jednotlivé druhy v porostu

| Druh česky (latinsky)                               | D   | BT | FV  |
|---|-----|----|-----|
| Jetel luční ( <i>Trifolium pratense</i> )           | 18% | 1  | 7   |
| Srha říznačka ( <i>Dactylis glomerata</i> )         | 18% | 1  | 7   |
| Jetel plazivý ( <i>Trifolium repens</i> )           | 12% | 1  | 8   |
| Jílek mnohokvětý ( <i>Lolium multiflorum</i> )      | 7%  | 1  | 7   |
| Hrachor luční ( <i>Lathyrus pratensis</i> )         | 5%  | 1  | 7/5 |
| Vikev plotní ( <i>Vicia sepium</i> )                | 6%  | 1  | 6/5 |
| Pampeliška podzimní ( <i>Leontodon autumnalis</i> ) | 6%  | 4  | 5/4 |
| Pampeliška lékařská ( <i>Taraxacum officinale</i> ) | 3%  | 2  | 5/4 |
| Kostřava luční ( <i>Festuca pratensis</i> )         | 4%  | 1  | 8   |
| Bojínek luční ( <i>Phleum pratense</i> )            | 4%  | 1  | 8   |
| Psárka luční ( <i>Alopecurus pratensis</i> )        | 2%  | 1  | 7   |
| Lipnice luční ( <i>Poa pratensis</i> )              | 3%  | 1  | 8   |

### 4.3 Sklizeň a konzervace píce

Píce byla sečena během druhé seče dne 25. 7. 2014 samojízdným žacím mačkačem Fortschritt E 301 ve večerních hodinách. Druhý den odpoledne byla zavadlá píce slisována lisem Welger RP 202 Special. Balíky byly ihned po slisování označeny barevným štítkem podle varianty použitého inokulantu. Po zabalení do folie taženou baličkou Vicon BW 1400 čtyřmi vrstvami bílé strečové folie o síle 0,022 mm došlo k označení balíků červenou značkovací barvou. Do experimentu bylo zařazeno celkem 30 balíků rozdělených do tří variant ošetření siláže po 10 balících, které jsou detailně popsány v kapitole 4.5.

Fotografie 1: Zavadající píce na řádku





Fotografie 2: Svinovací lis s pevnou komorou s aplikátorem aditiv



#### 4.4 Předběžná sušina

U slisovaných balíků byla provedena měření orientační vlhkosti přístrojem Wile 27. Jedná se o tyčový měřič vlhkosti pro rychlé zjištění stavu vlhkosti sena, siláže i senáže v rozsahu 10 až 70%. Přístroj umožňuje změnu nastavení pro balíky o různé hustotě. Měří a zobrazuje vlhkost jako hmotnostní obsah vody ve vzorku udaný v procentech. Obsah sušiny lze vypočítat odečtením vlhkosti píce od 100. Pro pokus nastaven program č. 1 - měření velkých válcových balíků (více než 290 kg/m<sup>3</sup>).

#### 4.5 Inokulace siláže

Přehled variant a složení použitých inokulantů uváděné výrobcem je uveden v tabulce 3. Dávka aditiva pro jednotlivou variantu byla navážena na digitálních vahách s přesností na 0,1g a spolu s vodou protřepána v 1l PET lahvi. Protřepání je důležité kvůli aktivaci inokulantu, neboť bakterie jsou v lyofilizovaném stavu. Protřepávání probíhalo po dobu 10 sec. U varianty 1 a 2 byla stanovená dávka 1g inokulantu na tunu siláže.

Tabulka 3: Složení silážních inokulantů

| Varianta | Druhy bakterií a jejich min. množství v přípravku (CFU/g)  | Ostatní složky   |
|----------|--|--|
| 0        | Kontrola bez ošetření  | -  |
| 1        | <i>Lactobacillus plantarum</i> (ATCC 53187)<br><i>Lactobacillus buchneri</i> (ATCC PTA-2494)<br><i>Enterococcus faecium</i> (ATCC 55593) | 1 x 10 <sup>9</sup> CFU/g<br>1 x 10 <sup>11</sup> CFU/g<br>1 x 10 <sup>9</sup> CFU/g<br>E554 |
| 2        | <i>Lactobacillus plantarum</i> (DSM 12836)<br><i>Pediococcus pentosaceus</i> (DSM 12834)   | 2 x 10 <sup>11</sup> CFU/g<br>laktóza  |

Vlastní inokulace byla provedena dávkovacím přístrojem pro aplikaci tekutého silážního prostředku biologického nebo chemického základku FDG 100 – Ziegler. Před pokusem proběhlo kontrolní testování aplikátoru. Při použití hnědé trysky a provozním tlaku 2,5 bar byl minutový průtok 1,25 l.

Během lisování kontrolních balíků se měřil čas potřebný na slisování jednoho balíku. Na základě toho byla určena dávka 3,75 l na jeden balík. Aktivované aditivum se namíchalo na místě, výsledná koncentrace byla 0,2 g/l. K dodržení dávky inokulantu 1g/t i u posledních balíků bylo zapotřebí mít v nádrži rezervu. Vyrovnávač hladiny v nádrži nedostatečně omezoval pohyb hladiny při mobilním provozu, když objem v nádrži klesl pod 15 l. Celkový objem dávky v nádrži u obou variant byl 56 l. Při slisování 10. balíku se zbytek aditiva vypustil a nádrž se vypláchlá. Následovalo namíchání varianty č. 2, kde byla dávka i koncentrace stejná.

#### 4.6 Stanovení hmotnosti balíků

Hmotnosti zabalených a označených balíků byly v den sklizně zjištěny pomocí ližinové mobilní váhy (viz fotografie č. 3) s přesností vážení 500g. Balíky svážené na kraj pokusného pozemku se na sebe vrstvily, aby se zmírnilo poškození folie hlodavci. Po uplynutí 6 týdnů fermentace se balíky opět vážily a byly stanoveny hmotnostní rozdíly pro stanovení ztrát sušiny.

Fotografie 3: Vážení balíků



#### 4.6.1 Slisovatelnost

Slisovatelnost balíků siláže o vyšší sušině se určovala z průměru, šířky a hmotnosti balíků. Průměr a šířka balíků se měřila vysouvacím metrem (pásmem), hmotnosti balíků byly zjištěny pomocí ližinové mobilní váhy. Z průměru a šířky se vypočítal objem balíku. Dále z objemu a hmotnosti se vypočítala objemová hmotnost, tj. slisovatelnost. Celkem bylo provedeno 30 měření. Slisovatelnost balíku je důležitá i z hlediska aplikace inokulantů, kde u varianty č. 2 výrobce uvádí doporučené udusání minimálně 180 kg sušiny na m<sup>3</sup>. Minimální utužení silážní hmoty u silážního inokulantu pro variantu č. 1 výrobce neuvádí.

#### 4.7 Odebírání vzorků

Po slisování balíků byly odebrány vzorky zavadlé píče celkem z 15 balíků od 5 balíků z každé skupiny. Vzorky byly očíslovány a uzavřeny v igelitových sáčkách, do druhého dne



uskladněny v chladničce. Druhý den proběhlo stanovení sušiny v komorové sušárně (viz 4.8.1.).

Dne 27. 10. 2014 proběhl další odběr pomocí tyčového vzorkovače (vrták) v celém profilu balíku. Odebírání vzorků vzorkovačem je zobrazeno na fotografii č. 4. Opět bylo odebráno 15 vzorků z 15 neporušených balíků, každý o hmotnosti cca 0,5 kg, které se uzavřely do igelitových sáčků, řádně označily a druhý den se stanovila sušina. Otvory v balících se přelepily vysoce pevnou lepicí páskou, aby se zabránilo znehodnocení krmiva.

Fotografie 4: Odebírání vzorků pomocí tyčového vzorkovače



## 4.8 Použité analytické metody

### 4.8.1 Stanovení sušiny

Sušina byla stanovena vysušením vzorků do konstantní hmotnosti po dobu 24 hodin při 103°C v sušárně Venticell. Pro korekci obsahu sušiny u siláže na ztrátu TMK při sušení byl použit výpočet dle Köhlera *et al.* (2013): korigovaná sušina v procentech = 2,08 + 0,975\* nekorigovaná sušina v procentech.



#### 4.8.2 Stanovení popelovin

Popeloviny byly stanoveny dokonalým spálením organické hmoty vzorků v muflové peci při 550 °C.

#### 4.8.3 Stanovení dusíkatých látek

Dusíkaté látky (N x 6,25) byly stanoveny přístrojově spalovací metodou dle Dumase.

#### 4.9 Stanovení ztrát

Ztráty hmotnosti v sušině byly stanoveny z rozdílů hmotnosti balíků v závislosti na obsahu sušiny před fermentací a celkovou korigovanou sušinou po fermentaci.

Pofermentační navážky dusíkatých látek a popelovin se zkorigovali na obsah vlhkosti (6 %) a ztrátu těkavých mastných kyselin při sušení v sušárně. Fermentační ztráta se určila rozdílem koncentrace popelovin před a po fermentaci, stejně tak i u dusíkatých látek.

Pro posouzení ztrát sušiny určených z koncentrace popelovin a dusíkatých látek byl použit výpočet enrichment faktoru dle Rutzmoser *et* Ostertag (2013). Výpočet stanovuje ztrátu z nedegradovatelných frakcí (popelovin resp. NL), proto by měli být výsledky enrichment faktorů shodné.

$$\text{EF popeloviny} = \frac{\text{popeloviny po fermentaci}}{\text{popeloviny před fermentací}}$$

$$\text{EF dusíkaté látky} = \frac{\text{NL po fermentaci}}{\text{NL před fermentací}}$$

#### 4.10 Zpracování výsledků

Výsledky byly statisticky zpracovány v programu STATISTICA 12.0 (StatSoft s.r.o.). V rámci statistického zpracování byla použita metoda analýzy rozptylu, Tukeyův test a t-test pro závislé proměnné.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Píce před fermentací

Předběžným stanovením sušiny přístrojem Wile 27 byla stanovena průměrná sušina 32,7 % ± 2,5%. Podle laboratorního rozboru provedeného před fermentací měla kontrola průměrný obsah popelovin 9,5 %, sušiny 35,2 % a 17,2 % dusíkatých látek. U varianty č. 1 byl obsah popelovin 9,7 %, sušiny 34,1 % a 17 % dusíkatých látek. Varianta č. 2 obsahovala 10,3 % popelovin, 36,4 % sušiny a 16,4 % dusíkatých látek. V tabulce č. 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty a směrodatné odchylky u popelovin, sušiny a dusíkatých látek v jednotlivých variantách.

Tabulka 4: Hodnoty sledovaných ukazatelů z laboratorního rozboru píce před fermentací

|       | Popeloviny (%) |                          | Sušina (%) |                  | NL (%) |                           |
|-------|----------------|--------------------------|------------|------------------|--------|---------------------------|
|       | n              | $\bar{x} \pm SD$         | n          | $\bar{x} \pm SD$ | n      | $\bar{x} \pm SD$          |
| K     | 5              | 9,5 <sup>a</sup> ± 0,42  | 5          | 35,2 ± 2,52      | 5      | 17,2 <sup>a</sup> ± 1,18  |
| Var 1 | 5              | 9,7 ± 0,23               | 5          | 34,1 ± 2,08      | 5      | 17,0 <sup>b</sup> ± 0,77  |
| Var 2 | 5              | 10,3 <sup>a</sup> ± 0,32 | 5          | 36,4 ± 1,83      | 5      | 16,4 <sup>ab</sup> ± 0,00 |

Výsledky byly vyhodnoceny pomocí Tukeyova testu. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl v hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  mezi hodnotami v rámci jednoho sloupce.

### 5.2 Píce po fermentaci

Laboratorní rozbor provedený po fermentaci ukázal průměrné hodnoty u kontroly: popeloviny 16,1 %, sušina 33,1 %, 16 % NL. U varianty č. 1 byl obsah popelovin 13,2 %, sušiny 33 % a 17,2 % dusíkatých látek. Varianta č. 2 obsahovala 10,6 % popelovin, 36,1 % sušiny a 16,5 % dusíkatých látek. V tabulce č. 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami popelovin, sušiny a dusíkatých látek v jednotlivých variantách.

Tabulka 5: Hodnoty z laboratorního rozboru siláže

|       | Popeloviny (%) |                      | Sušina (%) |                  | NL (%) |                      |
|-------|----------------|----------------------|------------|------------------|--------|----------------------|
|       | n              | $\bar{x} \pm SD$     | n          | $\bar{x} \pm SD$ | n      | $\bar{x} \pm SD$     |
| K     | 5              | $16,1^A \pm 0,58$    | 5          | $33,1 \pm 2,56$  | 5      | $16^A \pm 0,28$      |
| Var 1 | 5              | $13,2^{Ab} \pm 0,19$ | 5          | $33 \pm 1,96$    | 5      | $17,2^{AB} \pm 0,59$ |
| Var 2 | 5              | $10,6^{Ab} \pm 0,16$ | 5          | $36,1 \pm 1,79$  | 5      | $16,5^B \pm 0,23$    |

Výsledky byly vyhodnoceny pomocí Tukeyova testu. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl v hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (malé písmeno) a  $\alpha = 0,01$  (velké písmeno) mezi hodnotami v rámci jednoho sloupce.

### 5.3 Změny hmotnosti balíků a hmotnostní ztráty sušiny

Průměrné hmotnosti balíků jednotlivých skupin přepočítané na 100 % sušinu, stanovené před fermentací a po fermentaci, jsou uvedeny spolu s hmotnostními ztrátami sušiny v tabulce č. 6. Z hlediska hmotnostních ztrát měla kontrola ztrátu sušiny 6,67 %, varianta č. 1 vykazovala ztrátu 4,08 % sušiny a varianta č. 2 jen 1,55 % sušiny.

Tabulka 6: Průměrné hmotnosti sušiny v balících a jejich ztráty

|       | Hmotnost v sušině před fermentací (kg) |                  | Hmotnost v sušině po fermentaci (kg) |                  | Hmotnostní ztráty sušiny (%) |                      |
|-------|--|------------------|--------------------------------------|------------------|------------------------------|----------------------|
|       | n                                      | $\bar{x} \pm SD$ | n                                    | $\bar{x} \pm SD$ | n                            | $\bar{x} \pm SD$     |
| K     | 10                                     | $256 \pm 6,7$    | 10                                   | $239^A \pm 5,8$  | 10                           | $6,67^A \pm 0,28$    |
| Var 1 | 10                                     | $259 \pm 10,4$   | 10                                   | $248 \pm 10,1$   | 10                           | $4,08^{AB} \pm 0,59$ |
| Var 2 | 10                                     | $258 \pm 7,0$    | 10                                   | $254^A \pm 6,8$  | 10                           | $1,55^{AB} \pm 0,23$ |

Výsledky byly vyhodnoceny párovým t-testem. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl v hladině významnosti  $\alpha = 0,01$  mezi hodnotami v rámci jednoho sloupce.

#### 5.3.1 Slisovatelnost

Průměrná slisovatelnost všech balíků byla  $474 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  v tabulce č. 6 jsou uvedeny průměrné slisovatelnosti se směrodatnými odchylkami podle varianty.

Tabulka 7: Slisovatelnost

|       | Slisovatelnost (kg*m <sup>-3</sup> ) |                  |
|-------|--------------------------------------|------------------|
|       | n                                    | $\bar{x} \pm SD$ |
| K     | 10                                   | 474 ± 22         |
| Var 1 | 10                                   | 493 ± 19         |
| Var 2 | 10                                   | 481 ± 13         |

#### 5.4 Fermentační ztráty sušiny na základě změn koncentrace sledovaných parametrů

Stanovením rozdílu obsahu popelovin po fermentaci a před fermentací vykazovala významnou procentuální ztrátu sušiny kontrola 6,61 % (EF 1,7), následně varianta č. 1: 3,5 % (EF 1,37), varianta č. 2 jen 0,27 % (EF 1,03) ztráty. U dusíkatých látek měla nejvyšší ztrátu varianta č. 1: 1,13% (EF 1,07), zatímco varianta č. 2 a kontrola podle dusíkatých látek ztrátu sušiny nevykazovala. V tabulce č. 8 jsou uvedeny průměrné enrichment faktory popelovin a dusíkatých látek pro ztrátu sušiny u jednotlivých skupin. Procentuální ztráty sušiny zjištěné z obsahu popelovin a NL jsou spolu s hmotnostními ztrátami sušiny znázorněny v grafu č. 1.

Tabulka 8: Ztráty sušiny dle enrichment faktoru

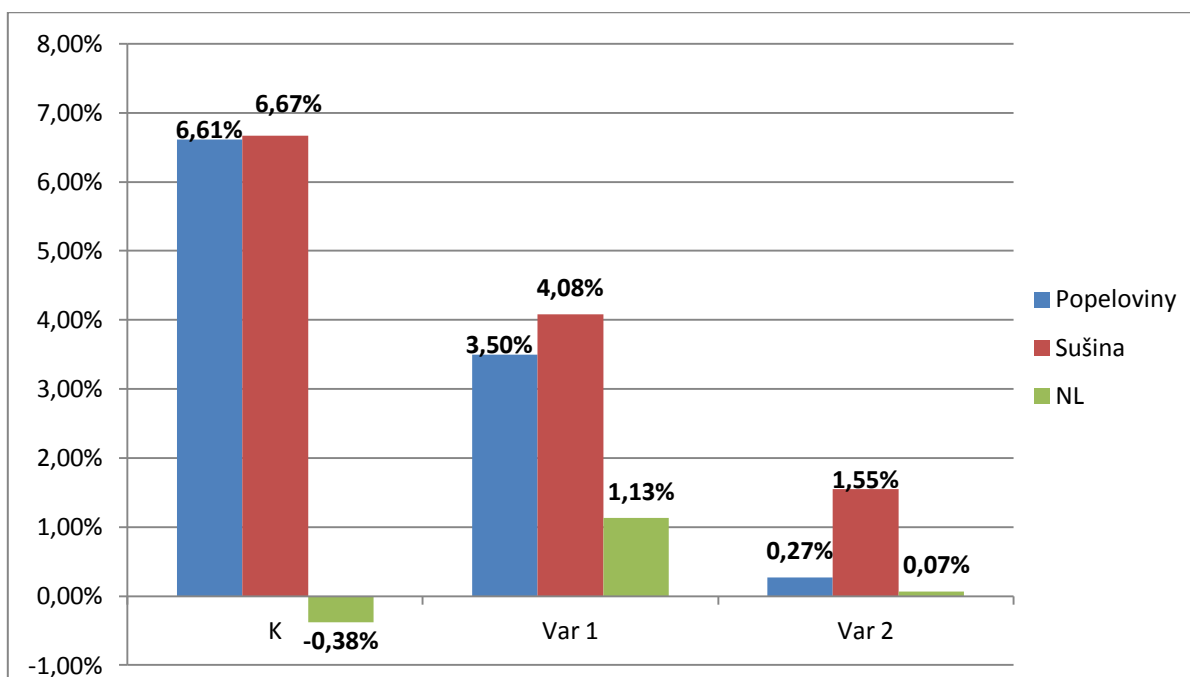
|       | Popeloviny (EF) |                           | NL (EF) |                           |
|-------|-----------------|---------------------------|---------|---------------------------|
|       | n               | $\bar{x} \pm SD$          | n       | $\bar{x} \pm SD$          |
| K     | 5               | 1,7 <sup>Aa</sup> ± 0,09  | 5       | 0,98 <sup>A</sup> ± 0,02  |
| Var 1 | 5               | 1,37 <sup>ab</sup> ± 0,22 | 5       | 1,07 <sup>AB</sup> ± 0,04 |
| Var 2 | 5               | 1,03 <sup>Ab</sup> ± 0,03 | 5       | 1,00 <sup>B</sup> ± 0,02  |

Výsledky byly vyhodnoceny pomocí Tukeyova testu. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl v hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (malé písmeno) a  $\alpha = 0,01$  (velké písmeno) mezi hodnotami v rámci jednoho sloupce.

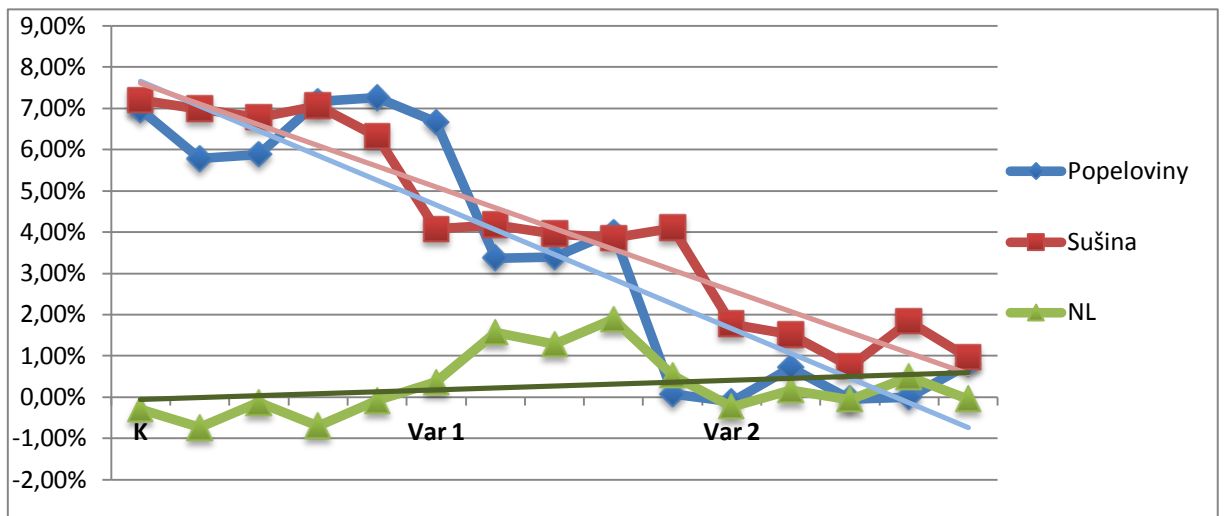
### 5.5. Porovnání metod sledování ztrát sušiny

V grafu č. 1 jsou souhrnně uvedeny ztráty sušiny podle metod zjištění v jednotlivých variantách. Nejvyšší ztráty byly stanoveny z hmotnostních ztrát sušiny. U popelovin jsou ztráty oproti hmotnostním ztrátám výrazně nižší jen u varianty č. 2 a to o 1,28 %. Ztrátu sušiny stanovenou z dusíkatých látek vykazuje jen varianta č. 1: 1,13 %, kontrola ztrátu nevykazuje a varianta č. 2 má ztrátu jen 0,07 %. Také enrichmet faktory dusíkatých látek a popelovin jsou rozdílné viz tabulka č. 8. Ze spojnicového grafu č. 2 jsou patrné rozdíly jednotlivých metod zjištění ztrát sušiny, pro názornost jsou v grafu uvedeny lineární spojnice trendu.

Graf 1: Procentuální ztráty sušiny v siláži dle sledovaných parametrů



Graf 2: Porovnání metod zjištění ztrát sušiny



## 6 DISKUSE

### 6.1 Vliv bakteriálních inokulantů na ztráty sušiny

Byly zjištěny statisticky významné rozdíly ve fermentačních ztrátách sušiny, metodou hmotnostních ztrát ( $p < 0,01$ ) a metodou stanovení ze změny koncentrace popelovin ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ), mezi bakteriálně ošetřenou a neošetřenou siláží o vyšší sušině. Což je v souladu s již dříve publikovanými výsledky De Boever *et al.* (2013), že očkovací látky obsahující *Lactobacillus buchneri*, *L. plantarum* a *L. casei* aplikované na zavadlou píci, snižují ve srovnání s kontrolní siláží ztrátu sušiny.

Získaná data byla porovnána s daty jiných autorů. Výsledky uvedené v této práci jsou rozdílné s hodnotami naměřenými Jakobe *et al.* (1987), kde uvádí ztráty sušiny při silážování zavadlé píce v rozmezí 9 – 15 %.

Vliv obdobného homofermentativního aditiva, které bylo použito ve variantě č. 2, na fermentační ztrátu sušiny bylo prokázáno již ve studii Thaysen (2001). U bakteriálně inokulované siláže uvádí ztrátu sušiny travní siláže při vstupní sušině 35 %: 5,4 % a u kontrolní 8,4 %. Rozdíl ve ztrátě sušiny byl o 2 % nižší než ve ztrátách mezi kontrolním vzorkem a variantou č. 2. Autor prezentuje výsledky i u travních siláží s vyšší vstupní sušinou, kde jsou rozdíly ve ztrátách sušiny mezi neošetřenou a inokulovanou siláží 3 – 4 %.

Ostertag *et al.* (2013) srovnávali ztráty sušiny u neošetřené siláže pomocí třech rozdílných metod detekce. Siláž uložená v pytlích zasilážována v prostředku silážní jámy vykazovala nejnižší ztráty sušiny: průměrně 3,4 %. Siláž konzervovaná v pokusných sklenicích vykazovala průměrné ztráty sušiny 5 % a průměrný hmotnostní rozdíl mezi naskladněnou a odebranou siláží z celé jámy byl 10,3 %. V našem případě činil hmotnostní rozdíl balíků před a po fermentaci okolo 1%. Kohler *et al.* (2013) stanovili průměrné ztráty sušiny u neošetřené travní siláže hmotnostní metodou na 9 % v rozsahu 2 až 26 %. V kontrole, uvedené ve výsledcích této práce byla směrodatná odchylka u hmotnostní sušiny jen 0,34 %, což je mnohem přesnější zjištění.

Metoda siláže uložené v pytlích byla použita i v práci Foltánová *et Marley* (2014) došli k rozdílným výsledkům, při ošetření kukuřičné siláže homofermentativním aditivem došlo k fermentační ztrátě 6,1 % a u neošetřené uvádějí ztrátu 7,5 %. To jsou méně významné

rozdíly na ztrátu sušiny mezi homofermentativně ošetřenou a neošetřenou siláží, než byly zjištěny v této práci.

Ztráty sušiny zaznamenané ve variantě č. 2, jsou v rozporu s tvrzením Jambor *et* Vosynková (2010), kteří uvádějí, že nevyhnutelné ztráty sušiny u travních siláží, které nemůžeme ovlivnit, se pohybují v rozmezí 4–8 % podle biologických podmínek fermentace. Pomocí silážních aditiv lze urychlit fermentační proces, a tím snížit ztráty sušiny na minimum. Výsledky této práce jsou v souladu s tvrzením Jatkauskas *et* Vrotniakienė (2009), kteří zjistili, že siláž o vyšší sušinitě ošetřená silážním inokulantem má výrazně nižší ztráty sušiny během fermentace a díky tomu se zachová více živin než při silážování bez aditiv.

Rozdíl 2,5 % resp. 3,2 % ve ztrátě sušiny mezi homofermentativní variantou č. 2 a heterofermentativní variantou č. 1 je v souladu s výsledky Loučka (2014), kde silážní inokulanty s heterofermentativními bakteriemi aplikovanými v siláži zvýší fermentační ztráty zhruba o třetinu, ale sníží ztráty respirací po otevření sila. To by dle Weinberg *et* Muck (1996) mohla způsobit *Lactobacillus buchneri* obsažená ve variantě č. 1, která snižuje aerobní ztráty na úkor zvýšení ztrát sušiny o 1- 2 % oproti neošetřené siláži. Jelikož inokulant použitý ve variantě č. 1 obsahoval i homofermentativní druhy bakterií, patrně proto nedošlo k výraznému zvýšení ztrát oproti kontrole. ESFA (2014) uvádí, že heterofermentativním druhem *Lactobacillus fermentum* inokulované siláže nevykazují statisticky významné rozdíly ve ztrátě sušiny v porovnání s kontrolní siláží.

Při zkrmování pokusných balíků bylo zjištěno, že všechny balíky ošetřené heterofermentativním aditivem (variantou č. 1) nevykazovaly v místě vrtu po vzorkovači zaplísňení. Balíky varianty č. 2 a kontrola byly vysoce zaplísňené v místě vrtu, což podporuje tvrzení o jejich nižší aerobní stabilitě.

## 6.2 Metody zjištění ztrát sušiny

Ztráty sušiny zjištěné rozborem dusíkatých látek byly rozdílné s výsledky popelovin a hmotnostní sušiny. Dusíkaté látky při fermentaci podléhají degradaci vlivem proteolytických reakcí. To je v rozporu s tvrzením Rutzmosera *et* Ostertaga (2013), kteří uvádějí, že z dusíkatých látek jako nedegradovatelné frakce lze určit ztrátu sušiny stejně jako je tomu u popelovin. V tomto experimentu se nepotvrdila korelace mezi enrichment faktory popelovin a dusíkatých látek, uvedené v tabulce č. 5, kterou uvádějí zmiňovaní autoři. Mohlo to být



způsobené častou manipulací s balíky, při které se vytěsňoval čpavek vzniklý při proteolýze ze siláže. Při sušení vzorků dochází také k úniku azanu. Stanovení proteolýzy nebylo provedeno, takže volný amoniak není zahrnutý v celkových dusíkatých látkách.

Na základě těchto výsledků můžeme shrnout, že sledování obsahu popelovin před fermentací a po fermentaci poskytuje srovnatelné výsledky stanovení ztrát jako vážení balíků. Sledování změn v obsahu NL nepřináší srovnatelné údaje, neboť je zatíženo ztrátami při proteolýze.

### 6.3 Vliv technologických parametrů

Kozelov *et al.* (2008) došli k závěru, že používání enzymatických aditiv a bakteriálních inokulantů má minimální vliv na fermentační proces. Při dodržení technologické kázně výroby siláže o vyšší sušině nejsou rozdíly mezi bakteriálně ošetřenou a neošetřenou siláží markantní, což je v souladu s prezentovanými výsledky. Z výsledků práce (Rada *et al.*, 2010) rovněž vyplývá, že ne všechny silážní inokulanty obsahují bakterie v deklarovaném množství a kvalitě, což se může také odrazit i ve výsledcích experimentů.

Clarke (2001) uvádí, že použití silážních aditiv na podporu kvašení je při silážování siláže o vyšší sušině v balících obecně zbytečné. Může být výhodné pouze v situacích, kdy je pící materiál sušší, než je doporučeno, při chladném počasí nebo když při silážování prší. S tím nemůžu souhlasit, lisovat píci lisem s pevnou komorou je téměř nemožné. Když do silážovaného materiálu prší, nedojde k zabalení balíku do sítě, síť se nalepí na jeden z lisovacích válců a je namotávána do lisovacího ústrojí. Mimo to, když je sušina píce vyšší než 50 % nemají bakteriální aditiva vůbec žádný účinek (Pozdíšek *et al.*, 2008).

Experimentální část této práce byla prováděna v provozních podmínkách. Weinberg *et al.* (1996) upozorňují na to, že většina vědeckých studií zabývajících se silážními aditivy je prováděna v ideálních laboratorních podmínkách ve vzduchotěsných mini silech. Tyto podmínky nejsou totožné v zemědělské praxi, zejména s ohledem na anaerobní prostředí, utužení a přenos tepla v siláži.

### 6.3.1 Utužení silážované hmoty

Slisovatelnost balíků byla nízká, u balíků zařazených do varianty 2 bylo průměrné utužení 175 kg sušiny  $\text{m}^{-3}$ , tudíž se těsně nespĺnily požadavky výrobce silážního inokulantu na utužení píce, kde výrobce uvádí udusání min. 180 kg sušiny  $\text{m}^{-3}$ . V podobné práci při totožných podmínkách a použití lisu Welger RP 202 Special dosáhli průměrné slisovatelnosti 383 kg  $\text{m}^{-3}$  resp. 134 kg sušiny  $\text{m}^{-3}$ . Při pokusu byl u lisu nastaven maximální tlak na komoru (190 bar) a přísun hmoty do lisovacího ústrojí byl nízký, protože bylo málo hmoty na řádku a pojezdová rychlost byla také nízká. To dokazuje, že vždy záleží na odborném nastavení stroje. U lisů s pevnou komorou např. Welger RP 245 a RP 202 Special tlak na lisovací komoru nastaví přesně jen servisní technik. V praxi technik nastaví pouze maximální tlak, při kterém obsluha stroje lisuje zavadlou píci popř. při lisování sena nebo slámy si obsluha pomocí šroubu tlak na lisovací komoru resp. slisovatelnost balíku sníží. Z toho vyplývá, že u svinovacích lisů s pevnou komorou při lisování píce nelze ani za ideálních podmínek utužení nad 180 kg sušiny  $\text{m}^{-3}$  dosáhnout. Vyššího utužení lze dosáhnout např. u lisů s pístovým lisovacím ústrojím, silážních žlabů případně svinovacích lisů s variabilní komorou. Pozdíšek *et al.* (2008) uvádí, že důvodem proč nejsou svinovací lisy schopny sklízenou hmotu dostatečně udusat, bývá nedostatečné zpracování píce na krátkou řezanku, jako je tomu u řezaček nebo sběracích vozů s řezacím ústrojím.

I přes nedodržení minimálního udusání jsou účinky silážního inokulantu na ztrátu sušiny průkazné. Wilkinson and Davies (2012) uvádí, že použití aditiv ke zvýšení aerobní stability, je vhodné, i když správného utužení dosaženo nebylo. Kohler *et al.* (2013) dokázali, že udusání travní siláže nekoreluje se ztrátami sušiny.

Clarke (2001) uvádí, že při silážování neošetřené píce siláže o sušině 40 % v utužených a dobře slisovaných balících, bývají ztráty sušiny běžně okolo 5 %. Při menším poškození folie dochází pouze k lokální formě znehodnocení. To se shoduje s výsledky kontroly v této práci, která měla ztrátu 6,6 % při průměrné sušině 35,2 %.

### 6.3.2 Balící folie

Podle Pozdíška *et al.* (2008) by jednotlivé balíky měly být zabalené ideálně šesti vrstvami strečové folie o tloušťce 0,025 mm, což je o 2,5 vrstvy méně než bylo použito v experimentu. Použitá folie při balení pokusné siláže neměla dostatečnou tloušťku při balení

čtyř vrstev na balík. Jednalo se o folii Power stretch zakoupenou v akci, která měla sice o 10 % větší návin za stejnou cenu, ale tloušťku jen 0,022 mm. Wattiaux (2005) uvádí, že při nedůsledném zakrytí silážované hmoty mohou být ztráty sušiny vysoké. Podle Beran *et* Marcinková (2015) jsou čtyři vrstvy folie při balení jednotlivých balíků dostatečné, použitím dvou vrstev nedojde k vytvoření anaerobního prostředí v silážované hmotě. Z toho vyplývá, že při zabalení balíků více vrstvami folie než bylo použito v pokusu, by ztráty sušiny mohly být nižší. Podmínky pro zabalení do folie byly ale u všech skupin balíků zařazených v experimentální části shodné, tudíž je můžeme porovnat.

Z výše uvedeného vyplývá, že silážní inokulanty mají při správné technologii silážování vliv na ztráty sušiny. Probíhající typ kvašení ovlivňuje výsledek fermentačního procesu při silážování píce.

## 7 ZÁVĚR

První hypotéza této práce byla potvrzena, mezi bakteriálně ošetřenou a neošetřenou siláží byly statisticky významné rozdíly ve ztrátách sušiny. Siláž ošetřená homofermentativním inokulantem vykazovala menší ztráty sušiny v porovnání se siláží ošetřenou inokulantem heterofermentativním. U kontroly a homofermentativního kvašení se ale následně projevovala nižší aerobní stabilita. Druhá hypotéza byla částečně zamítnuta, neboť stanovením dusíkatých látek nelze objektivně stanovit ztráty sušiny. Stanovením ztrát z popelovin dojdeme k obdobným výsledkům jako stanovením ztrát hmotnostní sušinou. Nedodržením technologické kázně při silážování nedojde k výraznému vlivu silážních aditiv na fermentační proces.

## 8 SEZNAM LITERATURY

- Andrt, M. 2011. Technika a technologie pro chov zvířat. Česká zemědělská univerzita v Praze. 100 p. ISBN 978-80-213-2164-9.
- Beran, O., Marcinková, A. 2015. Výroba, skladování a konzervace krmiv. Farmář. 2. 32 – 35 p.
- Břečka, J., Kumhála, F. 2001. Ztráty při různých postupech sklizně pícnin. Mechanizace v zemědělství. 2001 (5).
- Buxton, D. R., Muck, R. E., Harrison, J. H. 2003. Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, Inc., Madison, USA, ISBN: 0-89118-151-2 .
- Clarke, S. 2001. Harvesting and Storing Large Bale Haylage. Replaces OMAFRA Factsheet. No. 88-094. ISSN 1198-712X.
- Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A., Borreani, G. 2014. Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*. 198. p. 94–106.
- Contreras-Govea, F. E., Muck, R. E., Broderick, G. A., Weimer, P. J. 2013. *Lactobacillus plantarum* effects on silage fermentation and in vitro microbial yield. *Animal Feed Science and Technology*. 179. p. 61– 68.
- Cuihua, D., Yunwei, Z., Yanyun, Z., Baoyi, Z., Fuyu, Y. 2011. Effects of additives on fermentation quality of alfalfa silage. *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*. ISBN: 978-142449171-1.
- De Boever, J. L., Dupon, E., Wambacq, E., Latre, J. 2013. The effect of a mixture of *Lactobacillus* strains on silage quality and nutritive value of grass harvested at four growth stages and ensiled for two periods. *Agricultural and food science*. 22 (1). p. 115-126. ISSN: 1459-6067.
- EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed). 2014. Scientific Opinion on the safety and efficacy of *Lactobacillus fermentum* (NCIMB 30169) as a silage additive for all species. *EFSA Journal* 2014;12(1):3533, 10 pp.

- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y., Weinberg, Z. G. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Animal Feed Science and Technology*. 88. p. 36-46.
- Foltánová, B., Marley, G. 2014. The effect of Maize –All+ on fermentation and aerobic stability of maize silage at Croatia. *Sil-All, Denstar Ferment A. G., Swizerland*.
- Hashemzadeh-Cigari, F., Khorvash, M., Ghorbani, G., Ghasemi, E., Taghizadeh, A., Kargar, S., Yang, W. Z. 2014. Interactive effects of molasses by homofermentative and heterofermentative inoculants on fermentation quality, nitrogen fractionation, nutritive value and aerobic stability of wilted alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 98. p. 290–299.
- Hruška, M. 2007. Stavba nového silážního žlabu, nebo využití silážního vaku AG-Bag?. *Náš chov*. 3. 76 – 78 p.
- Illek, J. 2007. Kvalita a hygienická nezávadnost siláží. *Náš chov*. 10. p. 42 – 46.
- Jakobe, P. a kol. 1987. *Konzervace krmiv*. 1. vyd. Praha: SPN. 262 s.
- Jambor, V., Vosynková, B. 2010. Čtyři druhy ztrát vyrobených siláží. *Zemědělec*. 2010 (16).
- Jatkauskas, J., Vrotniakienė, V. 2009. The influence of application of a biological additive on the fermentation and nutritive value of lucerne silage. *Zemdirbyste-agriculture*. 96(4). p. 197-208.
- Ježková, A. 2013. Nejen o výrobě siláže. *Zemědělec*. 10/13. p. 32.
- Ježková, A. 2010. Jak vyrábět siláže bez ztrát živin?. *Náš chov*. 2010 (3).
- Kadlec, J. Srážky - Verneřice [online]. 2015-03-09 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://grafy.plaveniny.cz/cz/srazky/>>.
- Kalač, P. 2009. Inokulanty v procesu silážování. *Zemědělec*. 15/09.
- Köhler, B., Diepolder, M., Ostertag, J., Thurner, S., Spiekers, H. 2013. Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in burker silos. *Agricultural and food science*. 22. p. 145-150.

- Kozelov, L. K., Iliev, F., Hristov, A. N., Zaman, S., McAllister, T. A. 2008. Effect of fibrolytic enzymes and an inoculant on in vitro degradability and gas production of low-dry matter alfalfa silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88. 2568–2575 p.
- Kulovaná, E. 2002. Nejčastější chyby a nedostatky při silážování. *Úroda* [online]. 2002-03-19 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z WWW: < <http://uroda.cz/nejcastejsi-chyby-a-nedostatky-pri-silazovani-picnin/> > .
- Loučka, R. 2009. Podmínky úspěchu při senážování. *Zemědělec*. 17/09. p. 16 – 19.
- Loučka, R. 2014. Jaká používat aditiva?. *Krmivářství*. 2014 (2).
- Marciňáková, M., Lauková, A., Simonová, M., Strompfová, V., Koréneková, B., Nad', P. 2008. A new probiotic and bacteriocin-producing strain of *Enterococcus faecium* EF9296 and its use in grass ensiling *Czech J. Anim. Sci.*, 53 (8). 336–345.
- Muck, R. E. 2013. Recent advances in silage microbiology. *Agricultural and food science*. 22 (1). p. 3-15. ISSN: 1459-6067.
- Müller, C. E. 2009. Influence of harvest date of primary growth on microbial flora of grass hedges and haylage, and on fermentation and aerobic stability of haylage conserved in laboratory silos. *Grass and Forage Science*. vol. 64 (3). p. 328-338.
- Novák, J. 2004. Evaluation of grassland quality. *Ekológia (Bratislava). International Journal for Ecological Problems of the Biosphere*. 23 (2). p. 127 – 143.
- Ohmomo, S., Tanaka, O., Kitamoto H. K., Cai, Y. 2002. Silage and Microbial Performance. *JARQ*. 36 (2), 59 – 71p.
- Ostertag, J., Koehler, B., Schneider, D., Spiekers, H. 2013. Dry matter losses in silage making - comparison of three different methods of detection. 15th International conference forage conservation. p. 95-96.
- Poštulka, R. 2010. Význam obsahu sušiny při silážování. *Zemědělec*. 34/10. p. 13.
- Pozdíšek, J. 2008. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých píceň a trvalých travních porostů. Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Rapotín. 38 p.

- Queiroz, O. C. M., Arriola, K. G., Daniel, J. L. P., Adesogan, A. T. 2013. Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*. 96 (4). p. 5836-5843.
- Rada, V., Vlková, E. 2010. *Silážní inokulanty*. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha - Uhřetěves. ISBN 978-80-7403-069-7.
- Rajčáková, L., Mlynár, R. 2009. *Zásady využívania potenciálu silážnych a konzervačných prípravkov pri výrobe kvalitných a hygienicky nezávadných konzervovaných krmív*. Metodická príručka. Nitra. 44 p.
- Rutzmoser, K., Ostertag, J. 2013. Estimation of losses at the surface of silos without sealing. 15th International conference forage conservation. p. 165-166.
- Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. Second edition. Cornell University Press, USA. 476 p. ISBN: 0-8014-2772-X.
- Thaysen, J. 2001. Report to the affectivity of Bonsilage Plus. Referat Futterkonservierung/Futterqualität/Ökologischer Futterbau/Qualitätsmanagement. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Abteilung Planzebau. 7 p.
- Tyrolová, Y., Výborná, A. 2008. Effect of the stage of maturity on the leaf percentage of lucerne and the effect of additives on silage characteristics. *Czech J. Anim. Sci.*, 53, 2008 (8): 330–335.
- Tyrolová, Y., Výborná, A. 2010. *Konzervanty v silážích*. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha - Uhřetěves. 26 p. ISBN 978-80-7403-071-0.
- Váradyová, Z., Jalč, D., Lauková, A., Mihalíková, K., Homolka, P. 2013. Effects of microbial inoculants *Enterococcus faecium* EF2/3s and EF26/42 on microbial, chemical, and fermentation parameters in grass silage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 37. p. 344-351.
- Vlková, E., Rada, V., Bunešová, V., Ročková, Š. 2012. Growth and survival of lactic acid bacteria in lucerne silage. *Folia Microbiologica*. 57. p. 359–362.
- Wang, M., Yang, C., Jia, L., Yu, K. 2014. Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation characteristics and aerobic stability of whipgrass silage in laboratory silos. *Grassland Science*. 60. p. 233–239. ISSN1744-6961.



Wattiaux, M. 2005. Introduction to Silage-Making. Feeding No. 502. 12 p.

Weinberg, Z. G., Muck, R. E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews . 19. 53 - 68 p.

Wilkinson, J. M., Davies, D. R. 2012. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass and Forage Science. 68. p. 1–19 .

Zeman, L. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Nakladatelství Profi Press, s. r. o., Praha. 1. vydání, 360 p. ISBN 80-86726-17-7.

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

|        |   |
|--------|---|
| BMK    | bakterie mléčného kvašení   |
| CFU    | colony forming unit (počet životaschopných bakterií)                |
| EF     | enrichment faktor   |
| GPS    | ganzpflanzensilage (siláž z celých rostlin)                         |
| k. ú.  | katastrální území   |
| LAB    | lactic acid bacteria (bakterie mléčného kvašení)                    |
| NL     | dusíkaté látky  |
| p.p.č. | pozemkové parcelní číslo  |
| PCR    | <i>polymerase chain reaction (polymerázová řetězová reakce)</i>     |
| SCFA   | <i>short-chain fatty acids (mastné kyseliny s krátkým řetězcem)</i> |
| SD     | standard deviation (směrodatná odchylka)                            |
| TMK    | těkavé mastné kyseliny  |
| WSC    | water soluble carbohydrates (vodorozpustné sacharidy)               |
| PE     | polyethylen   |