

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**Katedra zootechnických věd**

---

Studijní program: **Zootechnika (B4103)**

Studijní obor: **Zootechnika**

# **BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

## **Konzervace pícnin silážováním**

**Autor:** Adéla Fryšová

**Vedoucí práce:** doc. Ing. František Lád, CSc.

---

České Budějovice, 2016

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adéla FRYŠOVÁ**  
Osobní číslo: **Z13118**  
Studijní program: **B4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Zootechnika**  
Název tématu: **Konzervace píce silážováním**  
Zadávací katedra: **Katedra zootechnických věd**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Technologie konzervace krmiv silážováním je jedním z nejdůležitějších způsobů pro uchování a zajištění krmiv pro celé roční období. Víceleté pícniny jsou významným zdrojem rostlinných bílkovin v krmných dávkách přežvýkavců. Nutriční hodnota silážovaných krmiv je ve srovnání s původní plodinou obvykle nižší. Rozsah ztrát je ovlivněn celou řadou faktorů. Konečná výživná hodnota a kvalita siláží závisí mimo jiné na druhu píce, na obsahu sušiny a na dodržování technologického postupu.

Cílem bakalářské práce je zpracování literární studie zabývající se konzervací krmiv silážováním víceletých pícnin. Kompilační práci zaměřte především na základní cíle konzervace krmiv silážováním, na vlastní proces silážování se zaměřením na biologicko-mikrobiální proces, technologii silážování a na možnosti využití silážních aditiv. Na základě literárního přehledu vyhodnoťte nejdůležitější faktory, které vedou k zajištění kvalitních konzervovaných krmiv.

© 2015 Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta zemědělská  
Katedra zootechnických věd  
Tiskárna Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Rozsah grafických prací: 5 tabulek, 5 grafů  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

Doležal a kol. Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat. Vydavatelství Ing. P. Baštan, 2012, 307 s.

Třináctý a kol. Hodnocení krmiv pro dojnice. Agro Digest 2013, 590 s.

Dawson, L.E.R. and Steen, R.W.J. (2000) Relationship between dry matter, fibre and nitrogen degradation characteristics of silage and silage intake of steers. Animal Science 70, 537-546.

Lád, F. 2006. Vliv vybraných ukazatelů na kvalitu silážovaných krmiv. JU ZF v Českých Budějovicích, 100 s.

Kalač, P. 2011. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cows milk: A review. Food chemistry, 125, 307-317

Bíro, D., Juráček, M., Gálik, B., Šimko, M., Kačániová, M. Influence of chemical inhibitors on fermentation process and hygienic quality of high moisture corn. Slovak Journal of Animal Science, 39, 2006, 108-112

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Lád, CSc.  
Katedra zootechnických věd

Datum zadání bakalářské práce: 16. března 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2016

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. března 2015

### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „Konzervace pícnin silážováním“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. 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 – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou – 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. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....  
Datum

.....  
Adéla Fryšová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu doc. Ing. Františku Ládovi CSc. za odborné vedení, cenné rady a trpělivost při tvorbě mé bakalářské práce.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je zpracování literární studie zabývající se konzervací pícnin silážováním a dále zpracování přehledu faktorů, které mají vliv na kvalitu a průběh fermentace. Úvodní část se obecně zabývá významem silážování a cíli konzervace pícnin. Dále je řešen výskyt jednotlivých zástupců mikroorganismů, jak žádoucích, mezi které patří bakterie mléčného kvašení, tak nežádoucích, kam se řadí klostridie, plísně, kvasinky a další. Počty zmiňovaných mikroorganismů lze v různé míře ovlivnit použitím aditivních látek. V práci je také podrobně popisován správný průběh fermentačního procesu, který probíhá ve čtyřech základních fázích. První fází je aerobní fáze, dále pak hlavní fermentační fáze a na tu navazující fáze stabilizační a fáze zkrmování. Jednou z nejdůležitějších částí práce je samostatná technologie výroby siláže. Na každý úsek technologického postupu by měl být brát velký zřetel, protože právě v této části se chovatelé dopouštějí největších chyb. Ať už je to správný odhad sklizně při správné sušině, či délka řezanky a její následné kvalitní dusání a zakrytí. V této práci byly použity publikace a výzkumy českých i zahraničních autorů zabývajících se problematikou konzervace silážování.

**Klíčová slova:** silážování, kvalita siláže, technologie silážování, fermentační proces

## **SUMMARY**

The aim of this thesis is the processing of literary studies on fodder silage preservation and further review of the factors that affect the quality and progress of fermentation. The initial part generally discusses the importance of silage and fodder conservation objectives. Furthermore, it is solved by the occurrence of single species of microorganisms, as desired, which include lactic acid bacteria and undesirable where include clostridia, fungi, yeast, and others. The numbers of the mentioned microorganism may be in varying degrees affect the use of additives. In the work is also described in detail the correct course of the fermentation process, which takes place in four basic phases. The first phase is aerobic phase, then the main fermentation phase and the subsequent phase stability and the feeding phase. One of the most important parts of the thesis is an independent silage technology. On each leg of technological progress should be taken into great consideration, because in that part of the Breeders perpetrated the biggest mistakes. Whether it is a correct estimate of the harvest at the correct dry matter, or cutting length and its subsequent ramming quality and coverage. In this thesis we were used publications and research Czech and foreign authors dealing with preservation of silage.

**Keywords:** silage, silage quality, silage technology, fermentation process

# OBSAH

<b>1. ÚVOD A CÍL .....</b>	<b>9</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED .....</b>	<b>10</b>
2.1 VÝZNAM SILÁŽOVÁNÍ .....	10
2.2 CÍLE KONZERVACE KRMIV SILÁŽOVÁNÍM .....	11
2.3 PROCES SILÁŽOVÁNÍ.....	12
2.3.1 <i>Fermentační proces</i> .....	13
Aerobní fáze .....	14
Hlavní fermentační fáze .....	15
Stabilizační fáze .....	16
Fáze po otevření a při zkrmování .....	17
2.4 MIKROORGANISMY V PROCESU SILÁŽOVÁNÍ.....	18
2.4.1 <i>Žádoucí</i> .....	20
Bakterie mléčného kvašení .....	21
2.4.2 <i>Nežádoucí</i> .....	22
Enterobakterie .....	23
Klostridia .....	24
Bakterie octového kvašení .....	27
Hnilobné bakterie.....	27
Kvasinky .....	28
Plísně .....	28
2.5 SILÁŽNÍ ADITIVA .....	30
2.5.1 <i>Biologická aditiva</i> .....	31
2.5.2 <i>Chemická aditiva</i> .....	33
2.5.3 <i>Ostatní aditiva</i> .....	34
2.6 TECHNOLOGIE SILÁŽOVÁNÍ.....	34
2.6.1 <i>Správný odhad termínu</i> .....	34
2.6.2 <i>Způsob sklizně</i> .....	36
2.6.3 <i>Délka řezanky</i> .....	37
2.6.4 <i>Doprava řezanky a její rozhrnování</i> .....	38
2.6.5 <i>Dusání řezanky</i> .....	39
2.6.6 <i>Zakrývání hmoty</i> .....	40
2.6.7 <i>Skladování a odběr siláže</i> .....	41
<b>3. ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>50</b>



## 1. ÚVOD A CÍL

V chovu skotu je stále větším cílem zvyšování užitkovosti zvířat a co největší ekonomický efekt. V ČR stavy skotu neustále klesají i přesto, že na trhu je stále stejná poptávka, ale ceně okolních států nelze konkurovat.

Jsou kladeny vysoké nároky na užitkovost a tím mají zvířata vysoké požadavky na dietetickou a nutriční hodnotu krmiva. Tuto hodnotu zvířatům můžeme dopřát po celý rok vysokou kvalitou konzervovaných krmiv.

Nejčastěji konzervovaným krmivem jsou právě silážovaná krmiva. Za správných technologických postupů, si díky fermentačnímu procesu dokáže krmivo udržet vysoký obsah živin a energie. Dále také dle průběhu fermentačního procesu se v siláži pomnoží buďto žádoucí bakterie mléčného kvašení nebo nežádoucí plísně, kvasinky a klostridie. Růst bakterií mléčného kvašení lze podpořit pomocí aditiv a tím zlepšit i kvalitu siláže.

Cílem této bakalářské práce je zpracování literární studie zabývající se konzervací píce silážováním se zaměřením na víceleté pícniny. Dále zpracování přehledu faktorů, které mají vliv na kvalitu a průběh fermentace.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 VÝZNAM SILÁŽOVÁNÍ

Siláž je buď velmi důležitým celoročním konzervovaným krmivem přežvýkavců, nebo je alespoň podstatnou součástí jejich krmné dávky. Kvalitní siláž je nutričně kvalitnější než seno, které představuje druhou důležitou formu konzervované objemné píce. Úspěch silážování je závislý na vytěsnění vzduchu ze silážovatelné hmoty a na udržení tohoto stavu po celou dobu její fermentace a následného skladování (WOOLFORD, 2003).

Produkce siláží se v poledních letech stále zvyšuje. Důvodem je především výrazné zlepšení v technologii sklizně píce a její konzervace silážováním, používají se výkonné stroje a systémy, které často úplně mění tradiční technologii, roste množství siláží, které jsou konzervovány účinnými aditivy (hlavně biologickými). Jsou však i jiné důvody, například krmení stabilní krmnou dávkou po celý rok (LOUČKA et al., 1996).

Siláže lze vyrábět z trav, luskovin, víceletých píceň, kukuřice, obilí, drtí obilovin, brambor, potravinářských odpadů a jakýchkoli dalších materiálů, které obsahují dostatečné množství sacharidů, jež jsou po fermentaci potřebné (WHITTENBURY, 1998).

Konzervace se dosáhne poklesem pH, primárním působením bakterií, zejména bakterií produkujících kyselinu mléčnou (LAB, Lactic Acid Bacteria), které přeměňují sacharidy krmiv na kyselinu. Silážování je způsob konzervace založený na rychlém vytvoření kyselého anaerobního prostředí v píci. Cílem silážování je uchování píce s co nejnižšími ztrátami sušiny hmoty a její původní krmné a biologické hodnoty. Siláž je krmivo, které vzniká konzervací čerstvé nebo zavadlé píce v anaerobních podmínkách (WOOLFORD, 1998).

Vysoká efektivnost využívání konzervovaných krmiv ve všech výrobních oblastech spočívá hlavně ve zvládnutí sklizně a konzervace jak po stránce technické, biotechnologické, ale i ekonomické. Siláže a seno z víceletých píceň pěstovaných na orné půdě, spolu s kukuřičnými silážemi, loukami či pastvinami, vytvářejí v daných oblastech přirozenou krmivovou základnu pro chov skotu. Ze současného vývoje lze konstatovat, že produkce sušiny z víceletých píceň na orné půdě má snižující tendenci (asi 6,713 mil. tun), zatímco využívání ploch trvalých travních porostů má trend rostoucí (DOLEŽAL et al., 2012).

Silážovaná a senážovaná zelená píce je dnes hlavním krmivem pro přežvýkavce jak v Evropě, tak v Severní Americe. Hlavním cílem silážování je konzervace zelené píce při současném udržení poměrně vysoké vlhkosti. Siláže jsou používány především jako náhrada pastvy v zimních měsících, avšak je možné i celoroční podávání (RADA a VLKOVÁ, 2010).

## 2.2 CÍLE KONZERVACE KRMIV SILÁŽOVÁNÍM

Před téměř sto lety se považovalo krátkodobé zahřátí na počátku silážování za potřebné. Píce se proto ukládala do sila ve volných, tj. neudusaných vrstvách. V důsledku toho docházelo k zahřátí siláže a zároveň ke snížení stravitelnosti, jak se později ukázalo (SCHMIDT, WETTERAU, 1974).

V současné době je cílem silážování uchovat krmivo po co nejdelší dobu pokud možno bez velkých ztrát sušiny a živin, tedy omezit na co nejnížší míru tepelné ztráty a kažení. Pícniny se obvykle silážují zavadlé na určitou sušinu. Zatím v zavadařící pícnině probíhaly rozkladné procesy za přítomnosti vzduchu. Jakmile se přívod vzduchu zastaví, mikroorganismy rychle spotřebují ten, který mají k dispozici, a v tu chvíli nastane hlavní fáze fermentace, při níž bakterie mléčného kvašení (LAB) produkují kyselinu mléčnou. Cílem je omezit polní fázi a fázi aerobní na minimum, tam vzniká nejvíce ztrát. Probíhá-li fermentace za anaerobních podmínek, ztráty hmoty i energie jsou minimální a výsledná kvalita je výborná (TŘINÁCTÝ et al., 2013).

Úspěšné silážování záleží na míře minimalizování ztrát živin původní hmoty během manipulace, sběru, fermentace a zkrmování (MAHANNA, ČERNÍK 2014).

K dalším cílům konzervace patří uchování zbytkových vodorozpustných sacharidů v silážích jako zdroj pohotové energie. Řízenou fermentací zajistit minimální degradaci NL u bílkovinných siláží a škrobu u siláží sacharidových a udržet tím vysokou výživnou hodnotu krmiv. Důležité je také eliminovat průnik kyslíku a dešťových srážek do siláží nejen v průběhu skladování, ale také při vlastním procesu silážování (DOLEŽAL et al., 2012).

Pro úspěšnou konzervaci, kdy se vytvoří podmínky znemožňující činnost škodlivých skupin bakterií, je nezbytné dosáhnout vzhledem k sušině silážované hmoty určité úrovně kyselosti, označované jako tzv. kritické pH (TŘINÁCTÝ et al., 2013).

Mezi hlavní faktory, které ovlivňují kvalitu siláže, patří stádium zralosti porostu v době sklizně. Obsah sušiny v píci může rovněž indukovat kvalitu siláží. Při zvyšující se sušině byl zaznamenán snižující se vliv na stupeň proteolýzy a obsah biogenních aminů (JAMBOR, 2000).

U siláží nelze hodnotit pouze kvalitu fermentačního procesu, ale také živiny, které se přímo vztahují k produkční účinnosti krmiv. Hodnocení vychází z obsahu sušiny, vlákniny a dusíkatých látek. Technologická kázeň při výrobě siláže je hodnocena fermentačním procesem (hodnotí se smyslové posouzení, podíl silážních kyselin a stupeň proteolýzy). Důvodem zavedení sušiny do hodnocení kvality u siláží je současný stav v technologii krmení. Velkou měrou se zavedly krmné míchací vozy se systémem krmení směsných krmných dávek (TMR), který vyžaduje, aby siláže

měly optimální sušinu cca 35 % a aby se výsledná míchanice pohybovala u dojníc po otelení na úrovni 50 %. Vlákna je nezbytnou součástí hodnocení kvality siláží a v příštích letech do hodnocení vlákniny bude kvalitativně vstupovat i ADF a NDF. Tyto parametry mají přímý vztah ke stravitelnosti organické hmoty a k celkovému příjmu krmiva (MIKYSKA, ŠEDA, 1999).

## 2.3 PROCES SILÁŽOVÁNÍ

Silážování je technologie konzervace krmiv založená na rychlém oksygenaci naskladněné, udusané a dobře pořezané hmoty za nepřístupu vzduchu, tedy za anaerobních podmínek.

Siláže jsou konzervovaná objemná krmiva, která se podle obsahu sušiny vyznačují nízkou hodnotou pH (3,7 – 5,0) za vzniku organických kyselin, zejména kyselin mléčné, vzniklých fermentací nízkomolekulárních rostlinných sacharidů. Siláže jsou proto kyselé, nebo mírně nakyslá šťavnatá krmiva, která se musejí vyznačovat příjemnou aromatickou vůní po původní hmotě, ze které byla připravena. Výsledná výživná hodnota a kvalita siláží závisí vedle druhu píce a její silážovatelnosti, také na obsahu a složení sušiny a dodržování zásad vlastního technologického postupu. Výživná hodnota siláží je ve srovnání s původní plodinou zpravidla vždy nižší, ale ve srovnání se senem vyšší, neboť dochází při silážování k menším ztrátám (DOLEŽAL et al., 2012).

Víceleté pícniny se z důvodu obtížnější silážovatelnosti a nízkého obsahu sacharidů vždy před silážováním nechávají zavadat, zvýší se tím obsah sušiny. Zavádání provádíme však nejdéle 24 - 36 hodin, poté dochází k větším ztrátám živin (DOLEŽAL et al., 2012).

Ke ztrátám živin a snížení chutnosti krmiva dochází i vlivem dešťových srážek (MONTGOMERY et al., 1974).

Podle obsahu živin mohou být siláže bílkovinné, polobílkovinné či glycidové povahy. Vojtěškové, jetelové a travní bílkovinné siláže a senáže o sušině 26 – 35 % patří do skupiny bílkovinných krmiv, a tím i těžko silážovatelných. Pro úspěšnou konzervaci se musí nechat intenzivně zavadnout na vyšší obsah sušiny 35 – 45 %. Zvýšení obsahu sušiny silážované píce na hodnotu 35 – 45 % vede nejen k lepšímu fermentačnímu procesu, ale zvýší se i příjem sušiny a tím i užitkovost zvířat. Tyto silážované pícniny mají vysokou pufrční kapacitu, nízký obsah zkvasitelných sacharidů v 1 kg sušiny (5 až 12 %) a jsou proto těžce až obtížně silážovatelné. Představují hlavní a nejlevnější zdroj rostlinných bílkovin v krmných dávkách všech býložravců (ZEMAN et al., 2006).

Pícniny, které obsahují více zkvasitelných cukrů a nízkou tlumivou kapacitu, jsou lehce silážovatelné, konzervují se po přímé sklizni. Hlavním zástupcem je kukuřice. Pícniny s vyšším obsahem N látek – polobílkovinné pícniny (tráva, jetelotrávy) jsou středně silážovatelné. Bílkovinná píce – vojtěška, je těžce silážovatelná, a proto je nutné u těchto druhů přistoupit ke konzervaci po předchozím zavadnutí. Zvýšením sušiny polobílkovinné píce se omezí činnost některých (nežádoucích) mikroorganismů, protože voda a živiny v rostlinných buňkách jsou pro ně nedostupné, nedokáží svým sacím napětím překonat sílu (osmotický tlak), poutající vodu a živiny v buňce (HUČKO, 2009).

### **2.3.1 Fermentační proces**

Vlastní fermentační proces probíhá s rozdílnou mikrobiální intenzitou v závislosti na obsahu a složení sušiny, zejména na obsahu vodorozpustných sacharidů, intenzitě dusání, okolní teplotě, délce řezanky a přídavku silážního aditiva. Fermentační proces je rozdělen na čtyři fáze, které na sebe navzájem bez výrazných přechodů navazují:

- 1) Aerobní fáze,
- 2) Hlavní fermentační fáze,
- 3) Stabilizační fáze,
- 4) Fáze zkrmování.

Důležitým ukazatelem kvalitního či nekvalitního průběhu fermentace je u siláží z víceletých pícnin a trvalých travních porostů stupeň proteolýzy (POZDÍŠEK, 2009).

V jednotlivých fázích kvašení se postupně mění i existenční podmínky pro jednotlivé skupiny mikroorganismů, které se různě přizpůsobují nebo zanikají v důsledku tvorby fermentačních produktů. Biochemické přeměny a zastoupení jednotlivých skupin mikroorganismů jsou patrné z následující tabulky (MECK, 1993).

Tabulka č. 1 – Existenční podmínky pro mikroorganismy (MECK, 1993).

Faktor/přeměna	Aerobní fáze	Hlavní fáze fermentace	Stabilizační fáze	Fáze zkrmování
Respirace rostlin	xxxxxxxxxxx			
Proteolýza	xxxxxxxxxxx	xx		
Hydrolyza sacharidů	xxxxxxxxxxx	xxxxx		
Kvasinky	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxx
Plísně	xxxxxxxxxxx		xxx	xxxxxxxxx
Enterobakterie	xxxxxxxxxxx	xx		
Bakterie octového kvašení			xxx	xxxxxxxxx
Bakterie mléčného kvašení	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxx	
Klostridie		xxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx	
Hnilobné bakterie	xxxxxxxxxxx	xxx		
Mikrobiální tepelné poškození	xxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx	

### *Aerobní fáze*

Tato fáze začíná již po posečení a naskladnění píce do silážního sila až po udusání. Je provázána hydrolytickým rozkladem vodorozpustných sacharidů a proteolýzou, za současné spotřeby O<sub>2</sub> a vzniku CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O a tepla. Při mikrobiálním zahřátí na teplotu 30 °C dochází již k nutričním ztrátám a při teplotě nad 40 °C dochází k ireverzibilním změnám bílkovin a k velkým ztrátám energie. Rozklad sacharidů probíhá v závislosti na koncentraci O<sub>2</sub>, složení a enzymatické aktivitě epifytní mikroflóry, délce trvání respirační fáze a okolní teplotě, ale bývá obvykle relativně rychlý. Postupný zánik aerobních mikroorganismů způsobuje vytváření anaerobního prostředí, ale pokud nedojde současně i k rychlému snížení pH z původních 6 - 6,7 na 5,5 – 5,0, nacházejí se v této fázi i vhodné podmínky pro klostridie, enterobakterie a další nežádoucí zástupci mikroorganismů. Již v této fázi dochází k určité fermentaci za vzniku kyseliny mravenčí, octové a mléčné. Doba respirační fáze je determinována mírou udusání a důkladným uzavřením silážního prostoru. I při relativně dobrém udusání zůstává v sila určitý objem vzduchu, zejména při silážování materiálu s vyšším obsahem sušiny a větší délkou řezanky,

neboť absolutní vytěsnění vzduchu ze silážovaného materiálu není technicky ani fyzikálně možné. Enzymy uvolněné mechanickým narušením pletiv, přispívají rozkladem polysacharidů ke zvýšení koncentrace nízkomolekulárních sacharidů a tím nepřímo podporují fermentační proces (DOLEŽAL et al., 2012).

Při sklizni se píce drtí a sekají, čímž se poškodí buňky a uvolní enzymy rostlin. Některé z těchto enzymů, amylázy a hemicelulázy, rozkládají škrob a hemicelulózy a tím zvyšují hladinu sacharidů v silážované hmotě. Enzymy proteinázy rostlin rozkládají bílkoviny na peptidy, aminokyseliny a  $\text{NH}_3$  (JAMBOR et al., 1993).

V první fázi dochází k intenzivnímu působení enzymů na rostlinná pletiva a množení různorodých organismů. Dochází k odbourávání sacharidů a hlavní procesy, které probíhají, jsou respirace a proteolýza (oba procesy jsou ztrátové) (KUDRNA, 1998). Doba trvání aerobní fáze je různě dlouhá, ale je technologicky žádoucí, aby byla co nejkratší (několik hodin), neboť jinak dochází k neúměrné ztrátě energie a stravitelnosti organických živin (DOLEŽAL et al., 2012).

### ***Hlavní fermentační fáze***

Pro tuto fázi, která těsně navazuje na skončenou fázi respirační, je typické pomnožení populace bakterií mléčného kvašení, intenzivní tvorba kyseliny mléčné a rychlé vytvoření anaerobiózy za současného poklesu hodnoty pH pod hranici 5,0; resp. dosažení hodnoty okolo 4,2. Při této hodnotě nemohou již klostridiální enzymy fermentovat živiny a zanikají. Z bakterií mléčného kvašení se uplatňují v této fázi zejména bakterie pomaleji rostoucí a citlivější kmeny jako jsou *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* a další. V několika málo hodinách dochází k rozpadu buněk, ke zpřístupnění buněčného obsahu a uvolnění rostlinných enzymů pro štěpení sacharidů a rozklad bílkovin. Mikroflóra hlavní fermentační fáze je zcela odlišná od fáze aerobní, ale je ovlivněná nejen složením původní epifytní mikroflóry, ale zejména technologií. Dochází k pomnožení homofermentativních a heterofermentativních bakterií mléčného kvašení na hodnotu převyšující až 1 mil. CFU.g<sup>-1</sup> silážovaného materiálu, což vede k vytváření stále kyslejšího prostředí.

Hlavní fáze fermentačního procesu trvá zpravidla jen několik dnů (10 dnů, ale až 1 měsíc), průměrně 1 – 3 týdny, v závislosti zejména obsahu sušiny a použití silážního aditiva. Po skončení hlavní fermentační fáze se hodnota pH pohybuje okolo 4 – 4,2 podle plodiny a primární proces je ukončen stejně jako bakterie mléčného kvašení, které postupně rovněž zanikají.

Druhá fáze je rozvoj bakterií mléčného kvašení, jejichž působením vzniká kyselina mléčná. Její vysoká kyselost snižuje pH siláže a znemožňuje rozvoj kvasných procesů, které jsou nežádoucí (KUDRNA, 1998).

Cíl hlavní fáze je vytvoření stabilního kyselého prostředí s dostatečně nízkou hodnotou pH a vysokou koncentrací konzervující kyseliny mléčné, což zajistí bezpečnou inhibici růstu nežádoucí mikroflóry. Tato fáze však sama o sobě nedokáže zajistit dostatečnou resistenci siláže vůči aerobnímu kažení (DOLEŽAL et al., 2012).

Enzymy rozkládající polysacharidy jsou prospěšné a přispívají dalšími sacharidy pro fermentaci. Uvolňované proteolytické enzymy rozkládají bílkoviny na rozpustné složky nebílkovinného dusíku. Dalším negativním aspektem je vznik odpadní vody. Odtékající silážní tekutiny obsahují rozpustné sacharidy, organické kyseliny, minerály, bílkoviny a ostatní složky nebílkovinného dusíku. Zachycenou odtékající silážní tekutinu lze zkrmit dobyt看em nebo aplikovat na pole jako hnojivo (JAMBOR et al., 1993).

Jakmile se vytvoří anaerobní podmínky, začnou se rychle množit anaerobní mikroorganismy. K mikroorganismům, které mají největší význam při konzervaci siláže, patří bakterie mléčného kvašení, kvasinky a plísně a klostridiální spory (McDONALD et al., 1991).

Bakterie mléčného kvašení (BMK) využívají ve vodě rozpustné uhlohydráty k produkci kyseliny mléčné. V závislosti na druhu plodiny se pH rostlinného materiálu může pohybovat v oblasti od asi 5 až 6, produkcí kyseliny mléčné se pH sníží na hodnotu 3,6 až 4,5. Rychlé snížení pH siláže pomůže omezit rozklad bílkovin v silu inaktivací rostlinné proteázy. Kromě toho rychlý pokles pH inhibuje růst nežádoucích anaerobních mikroorganismů, jako jsou enterobakterie a klostridie (KUNG, 2001).

### ***Stabilizační fáze***

Dostatečné okyselení způsobuje postupně pokles a utlumení aktivity silážní mikroflóry včetně bakterií mléčného kvašení. Pokles hodnoty pH je však již výrazně pomalejší. V této fázi dochází k přeměně obsahu a poměru jednotlivých kyselin, zejména klesá obsah kyseliny mléčné a mění se její poměr ke kyselině octové. Je třeba upozornit, že o při velmi nízké hodnotě pH je-li v silážním prostoru přítomen reziduální vzduch, mohou přežívat kvasinky a plísně, které mohou následně poškodit kvalitu siláže. Rozsah aerobních ztrát v této fázi je ovlivněn především dokonalostí uzavěru sila.

Třetí fáze nastává při určitém stupni okyselení siláže, kdy dochází k téměř úplnému zastavení rozvoje enzymů a bakterií. V případě, že je siláž uchována v anaerobním prostředí, probíhá v siláži pouze nepatrné množství biochemických procesů a siláž je skladovatelná až několik let (KUDRNA, 1998). Narušení aerobní stability a jako dominový efekt. Jestliže je siláž vystavena vzduchu, probudí se kvasinky a degradují kyselinu mléčnou. Počet kvasinek stále stoupá a s ním i



množství degradovaných živin, které jsou zničeny. S vzrůstající teplotou a hodnotou pH se probudí plísně a bakterie a dochází k dalšímu kažení siláže (JEŽKOVÁ, 2014).

Odlíšná doba zrání siláží je ovlivněna především obsahem a složením sušiny (poměr dostupných sacharidů k pufracním látkám) a přidavkem silážních aditiv. Inhibitory prodlužují dobu zrání na 7 – 8 týdnů, inokulanty ji naopak zkracují na 3 – 5 týdnů (DOLEŽAL et al., 2012).

Hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu siláže během stabilní fáze je propustnost sila vůči kyslíku. Kyslík pronikající do sila je využíván aerobními mikroorganismy, dochází k růstu populací kvasinek a plísní, ztrátám sušiny v siláži a narůstá teplota silážované hmoty. Podobně jako v období plnění sila, i tato respirace má za následek snížení stravitelnosti živin a zvýšení obsahu vlákniny (JAMBOR et al., 1993).

Cílem této fáze je zajisti dobrou anaerobní a aerobní stabilitu siláže při odběru. V opačném případě dochází k zahřívání a hygienickému znehodnocení ještě nevyzrálé siláže. V rámci řízené fermentace lze použít aditiva obsahující vyselektované kmeny heterofermentativních mléčných bakterií (*Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis*, *Propioni bacterium shermani*), které rostou i při nižší hodnotě pH a jsou schopné produkovat vyšší podíl acetátu (DOLEŽAL et al., 2012).

Pro odhalení a diagnostiku sekundárních fermentací je možné použití skenování jam za pomoci termovizních kamer. Na pořízených snímcích pak lze zjistit teplotu v konkrétních bodech nebo maximální a minimální teplotu různých výšeí (PLEYER, 2014).

Podstata skladování siláží je v udržení anaerobního prostředí po co nejdelší dobu. Jakmile se do siláže dostane vzduch s kyslíkem, začne se kazit. Aby byla zajištěna dobrá stabilita siláže, tedy aby se nezačala kazit příliš brzy a příliš intenzivně po otevření, je třeba vytvořit uvnitř siláže takové prostředí, které by aerobní stabilitu podporovalo. Předpokladem aerobní stability je vhodná sušina a určité pH, prokvašení optimálního množství dostupných cukrů (neplatí při použití chemických konzervantů a některých inokulantů), málo sporotvorných a jiných nežádoucích mikroorganismů a dokonalé anaerobní prostředí. Když se siláž otevře a začne krmít, je třeba ji odebírat pravidelně, ve větších vrstvách, postupně (POZDÍŠEK et al., 2008).

### ***Fáze po otevření a při zkrmování***

Když se silo otevře, aby se siláž mohla zkrmovat, má většinou k siláži na čelní stěně volný přístup kyslík. V této fázi může dojít k největším ztrátám sušiny a nutričních látek. Jsou způsobeny aerobními mikroorganismy, které ničí cukry, produkty fermentace a ostatní rozpustné živiny v siláži. Tyto rozpustné složky se při

okysličování rozkládají na oxid uhličitý a vodu, přičemž vzniká teplo. K nejběžnějším mikroorganismům, které se účastní aerobního rozkladu siláže sice patří kvasinky a plísňe, ale prokázalo se, že za jistých okolností v tom hrají důležitou roli i *Enterobacteriaceae* a bacily. Kromě toho, že dochází v siláži ke ztrátám vysoce stravitelných živin, některé plísňe produkují aflatoxiny, popřípadě i jiné toxické sloučeniny, jež mohou škodit zdraví zvířat (JAMBOR et al., 1993).

Cílem této fáze je zabezpečit mimo jiné aerobní stabilitu siláží při otevření a v průběhu zkrmování. Během této fáze může docházet ke ztrátám sušiny, organických živin a energie, pokud má vzduch masivní přístup k silážím. Oxidací rozpustných živin vzniká CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O a teplo. Zahřívání siláží po otevření je doprovodným jevem nízké stability siláží a vysoké mikrobiální aktivity. Pomnožení aerobních mikroorganismů, tvorba toxinů, degradace a snížení stravitelnosti organických živin jsou všechno procesy neslučitelné s kvalitou a hygienickou jakostí siláží.

Z praktického hlediska je nezbytné odkrývat jen takové množství siláže, které se tentýž den odebere. Je nutné dále zabránit zbytečnému provzdušnění samotné siláže a současně zajistit odstranění poškozených vrstev siláže (DOLEŽAL et al., 2012).

## 2.4 MIKROORGANISMY V PROCESU SILÁŽOVÁNÍ

Mikroorganismy hrají v konzervačním procesu silážování klíčovou roli. Mikroflóra siláže se tradičně dělí na dvě skupiny: žádoucí a nežádoucí mikroflóra. Stručně řečeno první skupinu zahrnují bakterie mléčného kvašení. Do druhé pak patří bakterie účastníci se kažení siláže za anaerobních podmínek (klostridie a enterobakterie), nebo aerobních podmínek jako jsou kvasinky, plísňe a listerie (DRIEHUIS, ELFERINK, 2000).

Nežádoucí mikroorganismy mohou snižovat kvalitu (obsah živin, chutnost) siláže, často však představují zdravotní riziko pro zvířata a potažmo i pro člověka, nebo mají negativní vliv na kvalitu mléka a mléčných produktů (WILKINSON, 2005).

Pokud proběhne celý proces silážování optimálním způsobem, uskuteční se pouze tzv. primární kvašení, pH poklesne na hodnou 4,0 – 4,2, vytvoří se cca 1,7% kyseliny mléčné, 0,7% kyseliny octové a do 0,3% kyseliny máselné (WILKINSON, 2005).

Tabulka č. 2 – Hlavní skupiny mikroorganismů účastnících se fermentačních pochodů v siláži (podle McDONALD et al., 1991).

Druh	Zdroj	Substrát	Metabolity
Enterobakterie (koliformní bakterie)	Splašky, chlévská mrva, půda	Vodorozpustné cukry	Kyselina octová, etanol, CO <sub>2</sub> , amoniak
Kvasinky	Povrch rostlin, obiloviny	Vodorozpustné cukry	Etanol, CO <sub>2</sub>
Homofermentativní BMK	Povrch rostlin, obiloviny	Vodorozpustné cukry	Kyselina mléčná
Heterofermentativní BMK	Povrch rostlin, obiloviny	Vodorozpustné cukry	Kyselina mléčná, kyselina octová, etanol, manitol, CO <sub>2</sub>
Klostridie	Půda	Kyselina mléčná, bílkoviny, aminokyseliny	Kyselina máselná, kyselina octová, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , aceton, butandiol, aminy, amoniak

V průběhu silážování se také mění složení dusíkatých látek a to nejen činností klostridií, ale omezenou proteolytickou aktivitu mají také laktobacily a v menší míře i ostatní BMK (THOMAS, THOMAS, 1985).

V následující tabulce jsou uvedeny orientační hodnoty počtu mikroorganismů, které jsou logicky ovlivněny řadou dalších technologických faktorů při vlastní sklizni (DOLEŽAL et al., 2012).

Tabulka č. 3 – Orientační hodnoty počtů mikroorganismů (DOLEŽAL et al., 2012).

Druh krmiva	Mléčné bakterie	Enterobakterie	Klostridie	Kvasinky
Kukuřice	100 000	Dle stavu porostu	0	10 000
Travní porosty	10	0	300	1 100
Travní porost zavadlý	300	20 000	650	500
Vojtěška	10	250	100	400
Vojtěška zavadlá	1 000	4 500	150 000	50 000
Cukrovarské řízky	0	0	0	0

### 2.4.1 Žádoucí

Vlastní proces silážování představuje velmi složitý biochemicko-mikrobiální proces, poznamenaný celou řadou vzájemně se ovlivňujících interakcí. Zastoupení mikroorganismů v epifytní mikroflóře značně kolísá v závislosti na druhu píce, ročním období, pořadí seče, úrovni agrotechnické práce, klimatu, půdních a klimatických podmínkách, stupni znečištění, expozici pozemků či způsobu sklizně (DOLEŽAL et al., 2001).

Přirozená epifytní mikroflóra je velmi variabilní do počtu, ale i do druhového zastoupení a představuje významné a velmi složité společenstvo mikroorganismů, které se může významně podílet nejen na vlastním průběhu fermentačního procesu, ale také na úspěchu skladování (PAHLOW, HONIG, 1986).

V rámci společenství epifytní mikroflóry mají bakterie mléčného kvašení (BMK) jen nepatrné zastoupení, a proto je nezbytné, chceme-li připravit kvalitní siláže, využít všechna technologická opatření, kterými podpoříme růst a rychlý vývoj (dominanci) bakterií mléčného kvašení a tím i průběh kvasného procesu (DOLEŽAL et al., 2012).

Počty bakterií mléčného kvašení na stojících rostlinách jsou obecně nízké ( $10^1$  až  $10^2 \cdot g^{-1}$  píce), zatímco enterobakterie mohou být zastoupeny ve vyšších počtech (MERRY et al., 1989). Nízké zastoupení bakterií mléčného kvašení ( $10^2$  -  $10^7 \cdot g^{-1}$  píce) může do velké míry omezit konkurenční schopnost homofermentativních druhů bakterií (DOLEŽAL et al., 2012). Na travách bylo diagnostikováno  $7 \cdot 10^2$  až  $7 \cdot 10^5$  laktobacilů, v silážní kukuřici  $3 \cdot 10^2$  až  $7 \cdot 10^5$  (PAHLOW, HONIG, 1986). U trav je uváděno průměrné množství epifytní mikroflóry při 23% sušině  $7 \cdot 10^2$  a při sušině 41%  $2,5 \cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ . Nízký počet bakterií mléčného kvašení se doporučuje doplnit pomocí mikrobiálních aditiv (DOLEŽAL et al., 2012).

Mikroorganismy rodu *Enterobacter* zkvašují sacharidy přítomné v silážovaném materiálu na kyselinu octovou a zahajují tak celý proces fermentace. Po určitém čase jsou pak tyto mikroorganismy potlačeny a nahrazeny čtyřmi typy bakterií mléčného kvašení. Nejprve nastupují zástupci rodu *Lactococcus* a *Leuconotococcus*, po nich bakterie rodu *Lactobacillus* a nakonec zástupci rodu *Pediococcus*. Enterobakterie kyselé prostředí nesnášejí vůbec, laktokoky a leukonostoky se sice množí rychle, avšak jsou jen poměrně nevýraznými producenty kyselin, zatímco laktobacily a pediokokové se sice množí pomaleji, avšak produkují velká kvanta organických kyselin (WOOLFORD, 2000).

Bakterie mléčného kvašení se mohou za předpokladu dostatečného obsahu sacharidů rychle pomnožovat v anaerobním prostředí při teplotě pod  $30^\circ C$  (WEDDELL, 2001).

Úspěch vlastní fermentace tak závisí zejména na schopnosti bakterií mléčného kvašení rychle využívat zdroje sacharidů, na rychlosti jejich růstu a na množení, na rychlosti snížení pH hodnoty a na vytvoření anaerobního prostředí, které omezuje množení nežádoucí mikroflóry. Z vytvořených organických kyselin je nejdůležitější kyselina mléčná, která působí jako silná organická kyselina a tlumí rozvoj jiných mikroorganismů. Rozvoj nežádoucích kvasných procesů znemožňuje silný nárůst acidity způsobený vysokým stupněm disociace této kyseliny. Vytvořená kyselina mléčná potlačuje hnilobné a jiné konkurenční bakterie, které se v rostlinné hmotě vyskytují v hojném zastoupení. Dostatečná koncentrace kyseliny mléčné je proto nezbytná pro vytvoření kvalitní siláže (DOLEŽAL et al., 2012).

### ***Bakterie mléčného kvašení***

Bakterie mléčného kvašení potřebují po svůj růst především dostatek pohotových sacharidů. Bezprostředně se využívá především glukóza, fruktóza, sacharóza, melibióza, méně již arabinóza, skupina fruktanů a jen částečně škrob. Bakterie mléčného kvašení řadíme do skupiny anaerobních, resp. mikroaerobních mikroorganismů, tzn., že vegetují za nepřístupu vzduchu nebo jen v malé koncentraci kyslíku. Proto je nezbytné, aby při silážování krmiv byly v co nejkratší době vytvořeny takové podmínky, za kterých se mohou bakterie mléčného kvašení co nejrychleji pomnožit a konkurenční bakterie byly rychle potlačeny. Mléčné bakterie tak patří v silážované hmotě k dominantním producentům kyseliny mléčné (DOLEŽAL et al., 2012).

Fakultativně heterofermentativní bakterie mléčného kvašení, jako *Lactobacillus plantarum* a *Lactobacillus casei* patří mezi nejvíce žádoucí a nejdůležitější bakterie siláže, proto se rovněž používají jako silážní inokulanty. Poněkud menší význam, například vzhledem k menší acidorezistenci, mají další fakultativně heterofermentativní bakterie mléčného kvašení, jako je *Pediococcus acidilactis* a *Pediococcus pentosaceus*. Fakultativně heterofermentativní bakterie mléčného kvašení fermentují hexosy (glukosa, fruktosa) stejně jako homofermentativní mléčné bakterie, ale pentosy (xylosa, arabinosa) na laktát, acetát a někdy i etanol (KANDLER a WEISS, 1986).

Muck (1989) sledoval populaci bakterií mléčného kvašení na povrchu vojtěšky před a po sklizni. Rostliny na poli měly velmi malý výskyt (méně jak 10 buněk/g rostlinné hmoty). Bezprostředně po seči počet bakterií mléčného kvašení stoupl na 51 buněk/g a během zavádání počty dále stoupaly až na  $10^4$  buněk/g při naskladňování do sila.

Pasebani et al. (2010) našli na povrchu pastevních porostů  $8,3 \cdot 10^3$  buněk BMK/g a jako hlavní druhy byly nalezeny *Weissella confusa*, *Weissella paramesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *Dextranicum* a *Lactococcus lactis*.

## Homofermentativní mléčné bakterie

Homofermentativní mléčné bakterie jsou v silážích žádoucí a tvoří z glukózy minimálně 85 % kyseliny mléčné. K hlavním zástupcům této skupiny patří druhy rodů *Enterococcus* a *Lactobacillus* (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus curvatus*; *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Enterococcus faecium*). Některé druhy (*Pediococcus ramnosus*, *Lactobacillus ruminis*) mají význam i při bachorové fermentaci. Homofermentativní bakterie nedokáží metabolizovat pentózy. Jejich činností dochází při homofermentativním kvašení glukózy nebo fruktózy za vzniku kyseliny mléčné k velmi malým ztrátám sušiny a energie.

Fakultativní homofermentativní mléčné bakterie dokáží fermentovat pentózy i hexózy na kyselinu mléčnou, octovou nebo alkohol. Do této skupiny patří *Pediococcus acidilactici*, *pentosaceus*, *Enterococcus faecium* (DOLEŽAL et al., 2012). Existují údaje, které naznačují, že na stojící rostlině dominují homofermentativní druhy rodu *Lactobacillus* a na jetelovinách je hlavním druhem *Lactococcus* (ANDRIEU a GOUET, 2000).

## Heterofermentativní mléčné bakterie

Při heterofermentativním mléčném kvašení vznikají ze sacharidů (glukózy) kyselina mléčná, ale také kyselina octová, etanol, oxid uhličitý a vodík, zastoupené v určitých poměrech. Při heterofermentativním mléčném kvašení glukózy dosahují ztráty sušiny 24 % a energie 1,7 %. Heterofermentativním kvašením fruktózy jsou celkové ztráty nižší, 4,8 % sušiny a 1 % energie). Typičtí zástupci této skupiny mléčných bakterií jsou *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Leuconostoc* (DOLEŽAL et al., 2012).

### 2.4.2 Nežádoucí

Rychlým a účinným okyselením (snížení pH na 3,5 až 4,5) se zabrání pomnožení většiny nežádoucích mikroorganismů. Zvláště bakterie máselné a hnilobné již nemohou vykazovat žádnou aktivitu při pH pod 4,2 (WEDDELL, 2001).

U polobílkovinných a bílkovinných píceň se při pomalém prokyselování mohou rozkladem bílkovin vytvářet kromě čpavku i kyselina propionová, valerová, kapronová, izokapronová, izovalerová a izomáselná. V případě hlubokých rozkladných pochodů jsou bílkoviny (přes aminokyseliny) přeměňovány až na amoniak a biogenní aminy (např. merkaptan, skatol, kadaverin), které mohou

způsobovat metabolické poruchy a svým zápachem snižovat příjem siláží (LOUČKA et al., 1996).

Dále může fermentační proces ovlivnit množství epifytní mikroflóry, tedy bakterií, kvasinek a plísní na povrchu rostlin. Jejich druhy a počty na rostlinách i jejich množení, jak během zavádání, tak během začátku fermentačního procesu v silážované píce, jsou v přímém vztahu k vývoji počasí, stanovišti a způsobu agrotechniky (TŘINÁCTÝ et al., 2013).

Omezit činnost škodlivých kvasinek pomocí inokulantů lze jen pod kritickou mezí  $10^5$  zárodků.g<sup>-1</sup>. Součástí epifytní mikroflóry jsou vedle enterobakterií a kvasinek také plísně, které mohou vyvolat nežádoucí změny v průběhu silážování (DOLEŽAL et al., 2012).

Převážně bakterie máselného kvašení (klostridií), které vytvářejí kyselinu máselnou a rozkládají bílkoviny, tlumí kyselina mléčná (DOLEŽAL et al., 2012). Nežádoucí mikroorganismy mohou buď snižovat kvalitu (obsah živin, chutnost) siláže, často však představují zdravotní riziko pro zvířata. Mají negativní vliv na kvalitu mléka a mléčných produktů (WILKINSON, 1999).

### ***Enterobakterie***

Mikroorganismy rodu *Enterobacter* fermentují v silážované biomase především sacharidy na kyselinu octovou, plyny, ale i alkohol, což vede k velkým ztrátám. Jde o aerobní až mikroaerobní koliformní bakterie v přírodě velmi rozšířené, zejména na rostlinách. Po snížení pH v silě postupně rychle zanikají. Jsou velmi citlivé na kyselé a aerobní prostředí. Jejich aktivita je významně inhibována již při pH 4,5. Tepelné rozmezí koliformních zárodků je mezi 27 – 35 °C. Velká produkce tepla (3 ATP) se promítá na vyšší ztrátě energie. Vedle fermentace sacharidů dochází také k metabolizaci organických kyselin. Enterobakterie tak způsobují ztrátu 4,8 % obsahu sušiny a 17 % obsahu energie (Mc DONALD et al., 1991).

Enterobakterie tvoří významný podíl epifytní mikroflóry bohatě ( $10^6 - 10^8$ .g<sup>-1</sup>) zastoupené na zelených rostlinách. Patří sem i několik nežádoucích druhů fakultativně anaerobních, např. *Erwinia herbicola*, ale také patogenní kmeny druhu *Escherichia coli*, které představují velké zdravotní riziko, neboť dokáží produkovat endotoxiny v koncentraci od 6 do 97 µg.g<sup>-1</sup> čerstvé hmoty (DOLEŽAL et al., 2012).

Skupina enterobakterií patří obecně k nežádoucím mikroorganismům, neboť jsou konkurenty bakterií mléčného kvašení s velkou proteolytickou aktivitou a mohou významně snižovat kvalitu siláží. Patří také k producentům amoniaku a toxických biogenních aminů, dokáží štěpit i aminokyseliny. Redukují rovněž dusičnany na dusitany a čpavek při současné tvorbě plynu N (N<sub>2</sub>O) v první fázi

kvašení. Zástupci čeledi *Enterobacteriaceae* se přestávají množit a růst při snížení hodnoty pH v silážích pod 4,5. Nežádoucí činnost enterobakterií lze technologicky omezit především rychlou acidifikací silážovaného materiálu na hodnotu pH pod hranici 4,5 a snížením teploty (důkladné udusání) silážované hmoty. Minimální inhibiční koncentrací pro enterobakterie je 6 – 10 mM nedisociované kyseliny mléčné v normální siláži při hodnotě pH 4,2, což představuje asi 2,2 % kyseliny mléčné na 1 kg siláže (LINDGREEN, 1991). Reziduální kyslík v silážích prodlužuje fázi jejich výskytu a růstu v siláži. V silážích bývají početně nejvíce zastoupeny v aerobní fázi na počátku kvašení *Aerobacter* a *Escherichia*. Fermentací glukózy enterobakterie produkují vedle kyseliny mléčné, zejména kyselinu mravenčí, octovou, etanol, vyšší alkoholy (butandioly) a také větší množství amoniaku.

Enterobakterie dříve *Coli aerogenes*, jsou mikroorganismy, které ovlivňují negativně silážovatelnost zejména v první fázi fermentace. Opět se do silážované píce dostávají se zeminou, popřípadě s jinou kontaminací. Ke své aktivitě nepotřebují kyslík, omezuje je však pokles hodnoty pH pod 4,5 a netvoří spory. Produkují hlavně kyselinu octovou, alkohol a CO<sub>2</sub>. Mohou se však i podílet na tvorbě biogenních aminů, především tehdy pokud hmota není inokulována mléčnými mikroorganismy a probíhá zde pomalý pokles hodnoty pH (DOLEŽAL et al., 2012).

### ***Klostridia***

Klostridia jsou bakterie máselného kvašení (G-) a patří k největším producentům kyseliny máselné a CO<sub>2</sub> v silážích. Jsou zdrojem „Půdní infekce“ a spory jsou neúčinná tradiční dezinfekční opatření. Spory jsou rezistentní vůči záření, teplotě, relativní pH, dezinfekci, kyslíku, trávicím šťávám. Jejich výskyt je vždy spojený s výraznou redukcí kvality siláží. Proteolytickou klostridiální činností dochází k rozsáhlé degradaci rostlinných bílkovin na toxické produkty, zejména kyselinu máselnou, amoniak a také biogenní aminy. Vedle těchto uvedených fermentačních produktů dále vzniká kyselina octová, propionová, alkohol a acetony. Specifickou vlastností je také velká tvorba plynů z laktózy. Jde o sporulující mikroorganismy. Jsou přísně anaerobní povahy a vyskytují se proto i v dobře zakrytých silážích. Jsou velmi citlivé k nízkému pH a při hodnotě 4,0 – 4,2 dochází k jejich inhibici. Kyselina máselná v silážích má být zastoupená pouze ve stopách, protože je průvodním znakem hlubokého rozkladu bílkovin. Pro velmi nízkou disociaci siláž nedostatečně okyseluje. Rozlišují se dva druhy klostridií, sacharolytické a proteolytické. Sacharolytické klostridie odbourávají sacharidy, ale i vytvořenou kyselinu mléčnou a tím způsobují odkyselování hotové siláže, mezi zástupce patří *Clostridium sacharolyticum*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium sphenoides*. Proteolytické klostridie rozkládají bílkoviny a aminokyseliny (*Clostridium proteolyticum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium bifermentans*). Spory klostridií procházejí trávicím traktem zvířat až do výkalů a mohou infikovat mléko přes mléčnou žlázu,



vzduchem nebo přímo krmivem. Takové mléko není vhodné pro sýrařské zpracování, dochází k vysoké produkci plynů v době zrání sýrů a má netypickou vůni.

Abychom potlačili aktivitu máselných bakterií, je nutné zvýšit obsah sušiny nad 30 %. Při tomto obsahu sušiny se vytvořením osmotického napětí vody v buňkách vytváří prostředí, ve kterém tyto bakterie nemají schopnost další aktivity, ale sporují. Schopnost tvořit sporulát je velmi nebezpečná vlastnost, neboť při následném zvodnění a poklesu obsahu sušiny pod 30 %, klostridie znovu začínají se svojí negativní úlohou. Bakterie máselného kvašení mají jednak výrazně sníženou okyselovací schopnost, což znamená, že výrazně pufrují a zpomalují fermentaci. Daleko nebezpečnější je jejich přímá degradace jak bílkoviny, tak i vytvořené kyseliny mléčné. V procesu degradace bílkoviny se jedná o proces deaminace, kdy jsou vytvářeny těkavé mastné kyseliny a amoniak a proces dekarboxylace, kdy jsou jednotlivé aminokyseliny přeměňovány na toxické biogenní aminy. Proto je jejich přítomnost rozhodující pro výslednou kvalitu konzervace, potažmo nutriční a dietetickou hodnotu konzervovaného krmiva (DOLEŽAL et al., 2012).

Je všeobecně známo, že pokud se spory klostridií dostanou do siláže (hlavní kontaminace je při seči, zavádání a navážení siláže na jámu) a mají vhodné podmínky, vyklíčí a rozmnoží se, způsobují tzv. máselné kvašení. Proto je výskyt kyseliny máselné hlavním indikátorem přítomnosti klostridií. Jestliže zvíře pozře větší množství těchto anaerobních bakterií nebo jejich spor, může za určitých podmínek v trávicím traktu dojít k jejich zmnožení. Jsou vylučovány výkaly a můžou i při minimálním znečištění vemene kontaminovat i mléko (RYTINA, 2005).

V rámci technologie silážování je nutné z preventivního hlediska respektovat požadavky na hodnoty pH pro jednotlivé skupiny mikroorganismů (HARDY, 1991).

Tabulka č. 4 – Hodnoty pH pro jednotlivé skupiny mikroorganismů (HARDY, 1991).

Druh mikroorganismů	Hodnota pH		
	Minimální	Maximální	Optimální
Enterobakterie	3 – 4	9 – 10	6 – 7,5
Klostridie	4,4	7 – 7,5	>4,6
Kvasinky	1 – 2 (1,8 – 2,2)	7 – 8	4,5 – 5,5 (4 – 6)
Plísňe	2 – 3 (2,5 – 3)	7 – 8	4,5 – 5,5 (5 – 7)

Důležitým preventivním opatřením proti výskytu klostridií v siláži je čistota sklizené hmoty, optimální obsah sušiny a rychlé okyselení silážované hmoty. Ke svému růstu a množení klostridie potřebují určitou vlhkost. Klostridie jsou ve srovnání s bakteriemi mléčného kvašení více citlivé na nízkou hodnotu vodní aktivity, proto je velmi účinným opatřením rychlé zavaznutí na obsah sušiny nad 35 %. Klostridia se přestávají množit při vodní aktivitě 0,94 (DOLEŽAL et al., 2012).

Podle BOLSENA (1993) a WEISSABACHA (1993) je výskyt klostridií v silážích s obsahem vlhkosti pod 65 % velmi ojedinělý.

Při máselném kvašení vzniká podle Mc DONALDA et al. (1991) a WEISSBACHA (1996) ze sacharidů nebo z nedostatečné koncentrace kyseliny mléčné (při pH >4,2) kyselina máselná, oxid uhličitý a vodík.

Klostridie jsou sice v siláži považovány za nežádoucí, ale jsou prakticky vždy přítomné. Účastní se v různé míře anaerobních pochodů, a proto je nutno je považovat za přirozenou mikroflóru. Klostridie jsou téměř universálními obyvateli různých anaerobních prostředí, jako je například dno stojatých vod, kvašení odpadků na skládkách, zamokřené půdy, trávicí trakt zvířat a člověka, chlévská mrva a také v různé míře siláž. Příčinou velkého rozšíření je široká škála metabolických aktivit klostridií (amylolytická, celulolytická, proteolytická, lipolytická a další) a také fakt, že rod *Clostridium* je rozmanitý, zahrnující mnoho desítek druhů (CATO et al., 1986).

U siláží, které obsahují kyselinu máselnou, dochází v průběhu kvašení ke značným ztrátám živin. Zvyšuje se pH, siláž se postupně stává nestabilní a téměř vždy dochází k jejímu znehodnocení. Ztráty sušiny představují 51 % a energie 18,4 % (Mc DONALD et al., 1991).

Kvalita zejména bílkovinných siláží je významně ovlivňována také obsahem klostridiálních spor, jejichž počet úzce souvisí s typem fermentace. Je znám vztah mezi obsahem kyseliny máselné a výskytem klostridiálních spor v silážích (KWELLA, WEISSBACH, 1991).

Nepřítomnost kyseliny máselné nemusí vždy znamenat nízký obsah spor (WEISSBACH, 1993).

Tabulka č. 5 – Počty spor v 1 g siláže (WEISSBACH, 1993).

Počet spor	Kvalita siláže
méně než 5000	Velmi dobrá
5 000 – 10 000	Dobrá
10 000 – 100 000	Uspokojivá
více než 100 000	Špatná

Jak dokazuje tabulka, bílkovinné siláže s nižším obsahem sušiny mají nejen větší obsah kyseliny máselné, ale obsahují také vyšší počet spor klostridií (BUCHGRABER et al., 2000).

Tabulka č. 6 – Počet spor v siláži podle obsahu kyseliny máselné a sušiny (BUCHGRABER et al., 2000).

Sušina siláže (%)	Obsah kys. máselné (g/kg sušiny)	Počet spor klostridií (tis./g siláže)
<28	29,1	132 000
30 – 40	19,4	66 000
>40	5 – 10,6	30 000

Klostridie při masivním počtu vyvolávají v trávicím traktu zvířat zánětlivé reakce na sliznicích, produkují toxiny, které se snadno vstřebávají, narušují játra a ledviny i nervovou tkáň (ILLEK, 2008).

### ***Bakterie octového kvašení***

Bakterie octového kvašení rodu *Acetobacter* fermentují sacharidy nebo alkohol na kyselinu octovou. Z řady studií vyplývá, že bakterie octového kvašení mohou vedle kvasinek vyvolávat také sekundární fermentaci, zejména u kukuřičných siláží. Preventivním opatřením je dobré udusání, dokonalý uzávěr sil a správný odběr siláží, omezující velikost styčné plochy.

Činnost octových bakterií tak závisí na přítomnosti kyslíku, kdy pak při silážování přeměňují přítomné alkoholy na kyselinu octovou (JAKOBE et al., 1987).

### ***Hnilobné bakterie***

Hnilobné bakterie (*Clostridium perfringens*) jsou přísně aerobní, v přírodě všude přítomné sporulující bacily, které tvoří významnou složku epifytní mikroflóry. Vyskytují se i v silážích, zejména v silážích s nižším obsahem sušiny a v povrchových vrstvách. Činností hnilobných bakterií dochází k úplnému organickému rozkladu silážní biomasy za vzniku toxických látek vznikající dekarboxylací aminokyselin. Zvýšený výskyt je zaznamenáván vždy u siláží s nižším obsahem sušiny, jakož i při dlouhodobém ležení posečeného porostu na pokosu v důsledku špatného počasí. Riziko výskytu a působení hnilobných bakterií je vždy při nezakrytí sila, popřípadě při průniku vzduchu a dešťových srážek do siláže. Tyto bakterie mají aktivní enzymový systém, umožňující využívat širokou škálu živin (škrob, pektiny, bílkoviny, sacharidy a jiné) za vzniku amoniaku, biogenních aminů, páchnoucích kyselin. K významným sporulujícím bacilům vyskytujících se v siláži patří *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesenteroides*, *Bacillus micoides* a další. K velkému znehodnocení dochází také u siláží založených na povrchových polních platech bez pevného dna a bočních stěn. Hniloba siláží, na rozdíl od plesnivění, neproniká do

spodnějších vrstev krmiv. Vysokým škodám na silážích lze zabránit pouze technologicky úpravou obsahu sušiny, rychlým okyselením, dokonalým zakrytím sila a správným zatížením fólie (DOLEŽAL et al., 2012).

### ***Kvasinky***

Kvasinky jsou též vážnými konkurenty mléčných bakterií, jsou původci mikrobiálního záhřevu a alkoholového kvašení. Vyznačují se vysokou mikrobiální a enzymatickou aktivitou. Jsou aerobní až fakultativně anaerobní povahy, takže mohou růst i při relativně nízké koncentraci kyslíku (uvnitř silážního žlabu). Z hlediska silážování jsou důležité rody *Candida*, *Sacharomyces*, *Torulopsis* nebo *Hansenula*. Za anaerobních podmínek fermentují vodorozpuštěné sacharidy na etanol a oxid uhličitý a snižují tím obsah energie o 0,2 %. Masivní pomnožení kvasinek nezpůsobí jen samozáhřev a následnou destabilizaci siláže, ale zkrmování takovýchto siláží může být příčinou výrazných průjmů u skotu. Kvasinky představují velmi četnou skupinu epifytní mikroflóry, která je schopná persistence v kvasném procesu. Za aerobních podmínek fermentují kvasinky zbytkové sacharidy siláže nebo vytvořenou kyselinu mléčnou, čímž dochází k velké ztrátě energie a sušiny. Kvasinky zkvašují sacharidy na aromatické alkoholy, organické kyseliny a oxid uhličitý, což sice má příznivý vliv na vůni a částečně i na chuť siláže, ale pouze v malém množství. Vyšší množství negativně může ovlivnit příjem krmiva, proto jej považujeme za nežádoucí. Množství kvasinek v siláži redukuje vedle kyseliny octové také kyselina propionová, zatímco kyselina mléčná a mravenčí má na jejich inhibici malý vliv (DOLEŽAL et al., 2012).

Kvasinky se zpravidla vyskytují ve vysoké koncentraci již na silážovaných rostlinách, zvláště na kukuřici. Pozitivní efekt v siláži mají pouze v počáteční fázi fermentace, kdy se podílejí na vytvoření anaerobního prostředí. Kvasinky patří mezi konkurenty bakterií mléčného kvašení, neboť přednostně využívají zdroje dostupné energie, popřípadě odbourávají již vzniklou kyselinu mléčnou (LÁD, 2006).

### ***Plísně***

Plísně jsou většinou aerobní mikroorganismy, které k růstu a množení potřebují určitou koncentraci kyslíku. Plísně v silážích a krmivech obecně představují velmi závažný nutričně-zdravotní problém, který je umocněný problémem všudypřítomností mikroskopických hub. Větší výskyt je spjat s nedostatečnou technologickou kázní a zároveň jsou i signálem velmi nízké hygienické kvality. Výskyt plísní v krmivech obecně je zároveň indikátorem špatných skladovacích podmínek. Kontaminovaná krmiva jsou jen v lepším případě podmíněně zkrmitelná (při koncentraci do  $10^5$  CFU v 1g), ale zpravidla jsou

považována za zkažená a nekrmitelná. Je potvrzeno, že při viditelném zaplesnivění krmiv skladovými plísněmi (*Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*) dochází k výrazné kontaminaci krmiva s vysokou produkcí spor pohybující se řádově v milionech v 1 g krmiva.

Aktivita plísní v objemných krmivech může být zvláště problematická, pokud pokosená píce je kontinuálně a dlouhodobě vystavena vlhkému počasí nebo pokud krmivo je silážováno namrzlé, nahnilé nebo silně kontaminované zeminou. S výskytem a rozvojem polních plísní (*Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*) je spojena zejména problematika produkce mykotoxinů.

Základní podmínkou prevence výskytu plísní v silážích je důkladné udusání a rychle anaerobní uzavření sila. Ani to však zcela nestačí k inhibici metabolismu plísní. Schopnost růstu významné silážní plísně *Byssochlamys nivea* je i v anaerobních podmínkách (DOLEŽAL et al., 2012).

Počet kolonizujících hub v siláži je redukován při aplikaci chemických aditiv (TANČINOVÁ, ŠKULTÉTY, 1997). Účinnost silážních biologických aditiv z pohledu výskytu hub studovali také KELLER et al. (1994).

Plísně jsou přísně aerobními mikroorganismy, proto je jejich vysoký výskyt známkou vždy nízké hygienické kvality a nedostatečnou technologickou kázní při výrobě siláží (LÁD, 2006).

Z řady dalších studií vyplývá, že plísně jsou velmi acidotolerantní. Mikroskopické houby vytvářejí vláknitá ložiska, nebo povlaky. Rozmnožují se zpravidla vegetativně, nebo sporami. Vedle velkých ztrát živin rozkladnými procesy jsou plísně zvláště nebezpečné tvorbou spor (aspergillózy, alergózy), ale především tvorbou mykotoxinů (mykotoxikózy) (DOLEŽAL et al., 2012).

Mykotoxiny jsou všechny sekundární metabolity hub, u nichž je prokázána určitá úroveň toxicity, je tedy zřejmé, že hovoříme o skupině látek s velice různorodou chemickou strukturou, vlastnostmi i účinky. Velmi významnou skutečností je to, že většina mykotoxinů se vyznačuje relativně nízkou akutní toxicitou, zvláště pak v porovnání s mnohdy extrémní toxicitou chronickou projevující se např. imunosupresí, teratogenitou nebo karcinogenitou (MORAVCOVÁ a NEDĚLNÍK, 2007).

## 2.5 SILÁŽNÍ ADITIVA

Jedná se prostředky, kterými lze ovlivňovat výsledek fermentace a také její průběh. Aditiva nemohou plně nahradit nedostatky technologie silážování ani zlepšit biologickou hodnotu čerstvé píce. Mohou ji však zhodnotit tím, že ji pak lze v silážované formě využít efektivněji. Při zkrmování kvalitnější siláže se dá předpokládat i vyšší užitkovost zvířat (LÁD, 2006).

Na trhu v České republice stále přibývají nové přípravky pro zlepšení kvality konzervovaných krmiv. Část těch přípravků je určena na zlepšení kvality průběhu fermentačního procesu v silážích. Přípravky se dělí na skupinu biologických aditiv a chemických aditiv (LOUČKA, MACHAČOVÁ, TYROLOVÁ, 1999).

Mezi výhody použití silážních prostředků patří zlepšení průběhu kvasných procesů, zlepšení předpokládaného příjmu krmiv, zlepšení stravitelnosti živin v konzervovaných krmivech, zlepšení aerobní stability siláží, využití krátkého zlepšení počasí, přizpůsobení termínu optimální sklizně, častější nástup sklizně a možnost lepšího plánování z hlediska zachování živin a jejich využití zvířaty (VELECHOVSKÁ, 2007).

Nelze zapomínat, že na úroveň konzervace krmiv má vliv mnohem více faktorů, konzervační přípravky ji ovlivňují jen částečně (LOUČKA, MACHAČOVÁ, TYROLOVÁ, 1999).

Silážní aditiva mají schopnost zvýšit nutriční hodnotu výsledného krmiva, zkvalitnit fermentační proces za současné minimalizace ztrát hmoty i živin během konzervace. Na kvalitě konzervovaného krmiva závisí také zdraví a dlouhověkost hospodářských zvířat (LÁD, 2006).

Kvalitu konzervačního přípravku není jednoduché jednoznačně posoudit, nebo dokonce určit, protože princip působení je u stejné skupiny přípravků podobný. Hodnotí se nejen deklarované složení a vlastnosti. Jestliže přípravek splňuje předem daná kritéria (zlepšuje výsledek fermentace, aerobní stabilitu, či zvyšuje užitkovost), získá „známku kvality“, která je pak zveřejňována jako součást přehledu o přípravcích pro konzervaci krmiv a je vyznačena na obalu výrobku (LOUČKA, 2002).

Široká škála doplňkových látek je dostupná prakticky ve všech komerčních produktech spadajících do jedné nebo více z následujících kategorií: bakteriální očkovací látky, enzymy, nebílkovinné dusíkaté látky (NPN), kyseliny a zdroje sacharidů. Je důležité zdůraznit, že žádný z těchto produktů není náhradou za špatnou silážní techniku a management (KEOWN, 2006).

Aplikací silážních aditiv se sleduje nejen usměrnění fermentačního procesu, zlepšení krmné hodnoty, ale také má pomoci ke snížení výskytu tzv. „rizikových“

siláží, tedy siláží s nižším obsahem sušiny, hůře silážovatelných, s nízkým obsahem sacharidů, vysokým obsahem proteinu a dalších bazických látek. Přídavkem vhodného konzervačního aditiva se snažíme dosáhnout lepší koncentrace živin, snížení ztrát kvasným procesem, lepší stravitelnosti a zlepšení následného příjmu (KULOVANÁ, 2001).

Zmínka o použití inokulantů – bakterií produkujících kyselinu mléčnou na kontrolu fermentace je citována již v r. 1930 (WATSON a NASH, 1960). Byla adaptována v posledních 20 - ti letech a pouze v posledních 10 letech byla poznána její všeobecná hodnota. V ostrém kontrastu k jiným průmyslovým procesům, které závisí na fermentaci, jako např. vaření piva nebo výroba antibiotik, je výroba siláže ve větší míře nekontrolovatelná. Malý stupeň kontroly může být při sklizni pícnin v jistém stádiu zralosti, kdy je optimální obsah sacharidů, dále v podpoře sušiny silážní hmoty a dodržování principů správného silážování. U dříve citovaných průmyslových procesů je substrát bez kontaminujících bakterií, které jsou varem nebo sterilizací zničeny a substrát je inokulovaný specifickými mikroorganismy. Naproti tomu, při silážování závisí procesy na převaze LAB nad ostatní mikroflórou, na anaerobních podmínkách, které spolu s aciditou vedou k redukci interakcí mezi mikroorganismy. Použití silážních inokulantů je také závislé na jejich převaze nad přirozenou mikroflórou rostlin. Jsou údaje, že přirozeně se vyskytující LAB v období silážování krmiv v síle dosahují úrovně 100 tisíc kolonií tvořících jednotek (CFU) na gram krmiva (STIRLING A WHITTENBURY, 1963). To reprezentuje velkou explozi bakteriálních počtů ve srovnání s počty na ještě stojících rostlinách, které obvykle obsahují pouze 100 kolonií tvořících jednotek na gram.

Původním cílem používání aditiv pro kontrolu fermentace bylo omezení rizika klostridiové fermentace v zelené silážní hmotě s nízkým obsahem sušiny, zvláště u vojtěšky a trávy a zlepšení kvality fermentace. To bylo záměrem prací ve Finsku, s použitím anorganických kyselin jako např. kyselina sírová, fosforečná a chlorovodíková. Směsi těchto kyselin se staly komerčně snadno dostupné. V roce 1960 přišla éra organických kyselin – používání kyseliny mravenčí v Evropě a kyseliny propionové v USA. Používání anorganických kyselin se do siláží vedlo k acidózám a nežádoucí vliv se též projevil nižší fertilitou, způsobenou vyblokováním stopových prvků, zvláště mědi kyselinou sírovou (SUTTLE, 1978).

### **2.5.1 Biologická aditiva**

Biologické silážní přípravky většinou bývají vícesložkové, skládají se z jednoho či několika druhů (kmenů) bakterií, enzymů a dalších složek. Jednotlivé konzervační přípravky na sebe ve svých účincích navazují nebo se vzájemně doplňují. Použití směsných biologických přípravků je přes jejich vyšší pořizovací cenu stále oblíbenější. Enzymy se přidávají do biologických přípravků pro zvýšení hladiny sacharidů proto, aby se bakteriální složka mohla rychle a správným směrem

množit. Téměř u všech biologických přípravků jsou deklarovány celkové počty živých zárodků v jednotkách CFU na gram přípravku, aktivita enzymů v nkat na gram přípravku, popřípadě je udán obsah dalších složek. Na jeden gram čerstvé píce se celkový počet mikroorganismů aplikovaných v konzervačním přípravku pohybuje od  $2 \cdot 10^3$  do  $1,4 \cdot 10^7$ , celková enzymatická aktivita aplikační dávky konzervačního přípravku bývá od 0,14 do 3,58 nkat na gram čerstvé píce. Často se uvádí, že konzervačním přípravkem by mělo být do hmoty dodán asi jeden milion bakterií na gram píce, ale za určitých podmínek může být účinná i mnohem menší dávka. Ani zastoupení velkého množství různých enzymů v přípravku není rozhodujícím kritériem pro jeho účinnost. Může se stát, že přípravky, které mají široké spektrum různých enzymů, budou méně účinné než přípravky s jedním enzymem s vysokou aktivitou (LOUČKA, MACHAČOVÁ, TYROLOVÁ, 1999).

Směsné mikrobiálně-enzymatické preparáty jsou technologicky jistější, neboť dávají větší jistotu konzervačního úspěchu při silážování při nižším obsahu sušiny, či obsahu sacharidů, než je nezbytné pro samotné inokulanty. Tato aditiva se podle složení enzymatické složky mohou používat jak při silážování částečně zavadlých bílkovinných píce (jeteloviny, trávy), tak silážní kukuřice, či produktů dělené sklizně kukuřice. Určující bude jednak skladba enzymů a jejich specifická aktivita, které garantují uvolnění dostupné energie z rostlinných složek (celulóza, hemicelulóza, škrob, pektiny, lipidy aj.), které za normálních podmínek nejsou bakteriemi mléčného kvašení využívány (KULOVANÁ, 2001).

Enzymy jsou specifické bílkoviny, které katalyzují průběh biologických reakcí. Svoji hydrolytickou činností způsobují rozklad složitých látek na jednodušší. Enzymy v silážních přípravcích rozkládají polysacharidy na jednoduché cukry, které jsou již pro bakterie dobře přístupné. Mezi nejvíce užívané patří enzymy s hydrolytickým účinkem jako je celuláza, hemiceluláza. Tyto enzymy štěpí celulózu a hemicelulózu přes různé meziprodukty až na jednoduché sacharidy. Užívají se především pro silážování středně a obtížně silážovatelných píce (trávy, vojtěška, jetel, jetelotrávy, vojtěškotrávy) (TYROLOVÁ, 2007).

LOUČKA et al. (1997) uvádějí, že mikrobiálním aditivům se též říká bakteriální či probiotická, nebo také inokulanty. Téměř ve všech mikrobiálních aditivech bývají zastoupeny fakultativně anaerobní bakterie rodu *Lactobacillus*. Jsou to grampozitivní nesporeující tyčinky, které přeměňují jednoduché sacharidy především na kyselinu mléčnou, oxid uhličitý a vodu. Vznikají i další produkty, například peroxid vodíku, který je baktericidní. Kyselina mléčná je poměrně silnou karboxylovou kyselinou, která dokáže snížit hodnotu pH silážované rostlinné hmoty, čímž potlačí jednak rozvoj nežádoucích skupin bakterií (především máselných a hnilobných) a jednak sníží aktivitu rostlinných proteolytických enzymů.

Biologická aditiva bývají většinou vícesložková. Většinou obsahují složku bakteriální, enzymatickou a nějaký nosič, který je současně zdrojem sacharidů a výživných látek. Bakterie a enzymy na sebe ve svých účincích navazují nebo



se vzájemně doplňují. Použití směsných (kombinovaných) biologických aditiv má, přes jejich vyšší pořizovací cenu, stále větší oblibu. Rychlé navození správného (s převahou homofermentativního nad heterofermentativním) kvašení po jejich aplikaci totiž většinou vede ke snížení fermentačních ztrát (při vzniku kyseliny mléčné jsou ztráty energie fermentací 4 %, resp. kyseliny octové 15 %, kyseliny máselné 24 %). Projeví se to také výrobou kvalitnějších siláží a následně pak zvýšenou užitkovostí a zdravím zvířat (LOUČKA et al., 1997).

### 2.5.2 Chemická aditiva

Chemické konzervační přípravky se mohou použít u jednak u obtížně silážovatelných pícnin v případě, kdy z různých důvodů nelze zajistit vhodné podmínky, jednak u všech druhů silážovaných pícnin na poslední naskladněnou vrstvu řezanky a k bokům silážního žlabu. Dávkování chemických přípravků založených na kyselině mravenčí a propionové by údajně nemělo klesnout pod 3 litry na tunu silážní hmoty, jinak se nedocílí dostatečného okyselení silážní hmoty. Velikost aplikační dávky nezáleží jen na sušině a druhu silážovaného materiálu, ale zvyšuje se úměrně s vyšším obsahem dusíkatých látek. Pokud někdo tuto situaci podhodnotí, získá siláž, u které fermentace nebyla dostatečná. Navíc u takové siláže po určité době může dojít k „zvrhnutí“, může se samovolně kazit i bez přístupu vzduchu (LOUČKA, MACHAČOVÁ, TYROLOVÁ, 1999).

Především v severských evropských státech jsou velmi využívány chemické konzervanty. Počasí tam bývá nestálé a píce na pokose málokdy proschne na požadovanou sušinu. Chemické konzervanty mají tu výhodu, že ihned okyselí hmotu a potlačí nežádoucí mikroorganismy. Jsou sice finančně náročnější, ale jejich použití představuje jistotu, že hmota bude dobře a dlouhodobě zakonzervovaná (TYROLOVÁ, 2007).

Mezi chemická aditiva zvyšující kyselost silážované hmoty patří dle LOUČKY et al. (1997) minerální kyseliny (sírová, solná, fosforečná) a organické kyseliny (mravenčí, propionová, octová).

Chemické konzervanty mají široké uplatnění, například při silážování plodin o nízké sušině. Výhodné jsou pro středně a obtížně silážovatelné pícniny, u kterých z důvodu nepříznivých podmínek nebyla možnost zavaznutí, dále pro konzervaci vlhkého, šrotovaného a mačkaného zrna. Potlačují nežádoucí bakterie, kvasinky a plísně, zajišťují aerobní stabilitu siláže (TYROLOVÁ, 2007).

Chemické prostředky lze využívat při konzervaci krmiv v dostatečně širokém technologickém spektru. Chemické konzervační prostředky jsou aplikovány nezředěné, zpravidla v tekuté formě, nebo i ve formě sypké (močovina, louh sodný), popřípadě ve formě plynu (amoniak). Při správném použití chemických látek aplikovaných při silážování je možné počítat celkem s několika technologicko-

nutričními efekty, které spočívají zejména ve snížení ztrát sušiny a zlepšení kvality fermentačního procesu, posílení aerobní stability, omezení ztrát účinkem nežádoucí mikroflóry a kumulace jejich produktů, zlepšení příjmu krmiva zvířaty, lepšímu produkčnímu efektu a lepší stravitelnosti živin (DOLEŽAL et al., 2006).

### **2.5.3 Ostatní aditiva**

Sacharidy působí jako zdroj energie pro bakterie mléčného kvašení. Používají se buď přímo na silážovanou hmotu (melasa, obilné šroty) nebo jako součást aditiv (sacharóza, glukóza, kukuřičný škrob). Dalšími aditivami jsou např. absorbenty (sláma, plevy), voda a materiály s nízkým obsahem sušiny, syrovátka a další méně významné aditiva (LOUČKA et al., 1997).

Řepná melasa se doporučuje použít zejména u středně a obtížně silážovatelných píceň, používá se tedy spíše při konzervaci vojtěšky a jetele v částečně zavádlém stavu.

Syrovátka je používána buďto v tekuté podobě nebo jako suchý prášek. Je to vodnatý produkt s nízkou hodnotou sušiny, obsahuje především laktózu. Laktóza zlepšuje silážovatelnost u středně a těžce silážovatelných píceň (DOLEŽAL et al., 2006).

## **2.6 TECHNOLOGIE SILÁŽOVÁNÍ**

### **2.6.1 Správný odhad termínu**

Nejvyšší produkční účinnost u trav je v době metání, jejich stravitelnost vlákniny je nejvyšší. Pokud nelze sklizeň například z důvodu nepřízně počasí v tomto vegetačním stádiu uskutečnit, vyrobená siláž z takového porostu by neměla být určena pro vysokoprodukční dojnice, ale pro skot bez tržní produkce mléka nebo pro jalovice nad jeden rok. U vojtěšky a jetele je vhodné stádium většinou delší než u trav, doporučuje se je začít sklízet, když se tvoří poupata. Pozdě není ani na začátku kvetení. Při sklizni v ranější vývojové fázi lze získat siláž s vyšší stravitelností a produkční účinností, která je však podmíněna vyšší náročností na dodržení technologické kázně jak při sklizni, tak při ukládání do silážních prostor, včetně nutnosti přidání vhodného konzervačního přípravku na posílení fermentačního procesu (TRINÁCTÝ et al., 2013).

Při sklizni víceletých píceň je třeba najít kompromis mezi produkcí a kvalitou. Odložení sklizně vede zpravidla ke zvýšení produkce, ale na druhou

stranu se odrazí ve zhoršování kvality píce. Snižování kvality píce vede ke snížení produkce hospodářských zvířat. Opožděním sklizně porostu o 7 – 10 dnů se sníží produkce mléka u jedné dojnice o 2 – 3 litry na den (HRABĚ et al., 2004).

U travních porostů se postupně snižuje podíl listových čepelí a pochev na úkor stébel. U mladého sloupkujícího porostu je stravitelnost listových čepelí, listových pochev a stébel vyrovnaná. Se stářím porostu dochází u stébel k postupnému snižování stravitelnosti. Nositeli živin se stávají listy.

Termín sklizně je třeba volit podle obsahu využití píce. Optimální pastevní zralost trav je na počátku jejich metání. Víceleté pícniny sklízíme ke konzervaci v pozdějších vývojových fázích. Neoptimálnější fází pro sklizeň jetelovin je butonizace (nasazení květních pupat). Platí to zejména pro vojtěšku setou a jetel luční. U trvalých travních porostů je sklizeň třeba přizpůsobit podle kvetení dominantního druhu trav. Zohlednit je třeba také pořadí seče. V první seči vytváří stěbla a květenství všechny druhy trav a jetelovin. Ve druhé seči se květenství vyvíjí pouze u druhů jarního charakteru. Ozimé druhy trav vytváří pouze listové výhony a nemají tendenci vytvářet stébelné výhony. Srhu laločnatou je třeba v první fázi včas sklídit. Po vymetání dochází k rychlé lignifikaci stébel a snížení stravitelnosti. Během jednoho měsíce se může stravitelnost stébel snížit z 86 % na 44 %. Ve druhé a další seči vytváří srha laločnatá pouze listové výhony a termín sklizně je širší. Zevšeobecňovat nelze ani jednotlivé druhy jetelovin. Zatímco u vojtěšky seté kvalita píce v době květu klesá, tak jetel plazivý se udržuje vyrovnanou kvalitou píce po celou dobu kvetení. Značné odlišnosti jsou i mezi odrůdami. V rámci jednoho druhu může existovat velká variabilita. Odrůdy jílku vytrvalého mohou kvést od konce května až do počátku července. Tetraploidní odrůdy jetele lučního bývají ve srovnání s diploidními odrůdami pozdější (DOLEŽAL et al., 2012).

Obsah stravitelných živin v píci do doby květu klesá pomaleji, než se zvyšuje výnos. Sezónní změny v obsahu vlákniny, dusíkatých látek, ale i metabolizovatelné energie se projevují jako obraz poměru buněčného obsahu k buněčným stěnám jak u jetelovin, tak i u trav. Zároveň se mění látkové složení, struktura i fermentační charakteristiky buněčných stěn. Kvalita píce jednotlivých odrůd trav a jetelovin by se měla hodnotit zásadně ve srovnatelné růstové fázi, podle předpokládaného budoucího využití v praxi (pastevní, luční). Jelikož vnější podmínky v době před jejím dosažením mohou být podle ranosti různé, ve stejné růstové fázi mívají ranější odrůdy vyšší kvalitu než odrůdy pozdní (MÍKA, 1983).

Jakmile rostlina vstoupí do fáze dlouhivého růstu, nastane poměrně rychlý pokles stravitelnosti. Lignifikace buněčných stěn negativně ovlivňuje stravitelnost vlákniny trav i luskovin. Přes postupující zralost mají buněčné stěny luskovin, na rozdíl od trav, větší náchylnost k lignifikaci, ale luskoviny si udržují vyšší míru strávení své buněčné stěny. Lignifikace trav je způsobena proporcionálními změnami v zastoupení v jednotlivých částech rostliny. Ke zvýšení obsahu ligninu dochází v každé části rostliny, ovšem nerovnoměrně. V listech byl zaznamenán nejnižší

obsah ligninu, stonky mají střední obsah a květenství obsahuje největší množství ligninu (HARRISON, BLAUWIEKEL, 1994).

Silážovatelnost píce se zvyšuje také s úměrně se zvyšující intenzitou slunečního svitu, souvisí to pravděpodobně s transformací a akumulací energie v jednotlivých orgánech rostlin. Ideální je probíhá-li sklizeň za slunného počasí, a v době zhruba mezi 10. a 15. hodinou. Při takovém počasí může být obsah cukrů v rostlině mnohem vyšší, než když je zamračeno a zima (KUDRNA, 1998).

Tabulka č. 7 – Kvalita píce vojtěšky seté (DOLEŽAL a SKLÁDANKA, 2008)

Fenofáze	SOH (%)	NEL (MJ.kg <sup>-1</sup> suš.)	NL (g.kg <sup>-1</sup> suš.)	Vláknina (g.kg <sup>-1</sup> suš.)
Před tvorbou poupat	72,8	5,46	289,7	214,4
Počátek butonizace	71,8	5,68	236,2	232,6
Butonizace	70,3	5,30	230,2	243,3
Konec butonizace	70,7	5,38	195,9	247,1
Počátek květu	67,5	4,89	168,6	256,1
Plný květ	67,1	4,68	147,6	275,8
Konec květu	65,5	4,85	156,0	287,4
Po odkvětu	62,6	4,47	119,7	301,2

## 2.6.2 Způsob sklizně

Víceleté pícniny se většinou sklízí po předchozím zavadnutí na pokosu, při sušině 35%. V určitých odůvodněných případech se pícniny dají sklízet i bez zavadání. Při sklizni bez zavadání jsou sice nižší polní ztráty, ale většinou vyšší ztráty fermentační. Celkové ztráty, které jsou při přímé sklizni většinou vyšší jak 30%, se pak dají srovnat s těmi, které vznikají při sklizni píce s vysokou sušinou (45% a vyšší). Tam ale bývá poměr mezi ztrátami polními a fermentačními opačný. Není-li zbytků a je nutné sklízet a konzervovat píci bez zavadání, je téměř nutné podpořit fermentaci přidávkem chemického konzervantu s vysokým podílem kyseliny mravenčí (TŘINÁCTÝ et al., 2013).

### 2.6.3 Délka řezanky

Obecně je v publikacích uváděno, že čím vyšší sušina řezanky, tím musí být řezanka kratší a lépe zpracovaná.

Zavadlá píce s ideálním obsahem sušiny by měla být při sběru pořezána na délku 20 – 40 mm (při sušině 32% na 40 mm a při sušině 40% na 20 mm). Je také dobré vzít v úvahu, že pro každý druh píce platí jiné požadavky na mechanické narušení. Řezanka vojtěšky by mohla být o 10 – 20 mm kratší, než řezanka trav (TŘINÁCTÝ et al., 2013). Při silážování píce s částicemi kratšími než 8 mm se získá siláž s nestrukturální vlákninou a ta je pro přežvýkavce ze zdravotního hlediska nevhodná. A řezanka delší než 40 mm již většinou plně nezabepečí vysoce kvalitní fermentaci.

Správná volba délky řezanky sklizených pícnin je základním předpokladem dokonalého udusání silážované hmoty a významně ovlivňuje kvalitu fermentace. Vliv délky řezanky na kvalitu siláží a na vlastní průběh kvasného procesu je známý a je zcela nesporný. Krátká řezanka je předpokladem snadné manipulace, ale především umožňuje dobré dusání a tím i uvolnění enzymů a buněčných živin nezbytných k rychlé produkci kyseliny mléčné a tím potřebné a rychlé snížení pH. Optimální pořezání a desintegrace pícní hmoty zesílí rozklad rostlinných buněk a tím intenzivnější je průběh fermentačního procesu, při současném snížení ztrát a rizik následného kvašení.

Význam řezanky na kvalitu siláží a na vlastní průběh kvasného procesu je známý a je zcela nesporný. Krátká řezanka je předpokladem uspokojivé manipulace, ale především umožňuje dobré dusání a tím i uvolnění enzymů a živin nezbytných k rychlé produkci kyseliny mléčné a tím i potřebné snížení hodnoty pH (VYSKOČIL et al., 2011).

Optimální délka řezanky je vždy určitým kompromisem mezi kvalitou fermentace a dietetickým požadavkem na strukturu krmiv pro bachorové trávení. K hlavním faktorům, determinující délku řezanky silážované píce, patří vedle druhu píce, také především obsah sušiny při sklizni, vegetační stadium. Obecně platí zásada, že čím vyšší obsah sušiny a vlákniny ve hmotě je, tím kratší musí být délka řezanky, má-li se z naskladňované hmoty dokonale vytěsnit vzduch.

Sběracími rezačkami se u zavadlých pícnin běžně dosahuje délka řezanky od 20 – 50 mm. Z vyhodnocení siláží víceletých pícnin vyplynul poznatek, že zkrácení délky řezanky způsobilo již v prvních dnech fermentace urychlený rozvoj BMK a vyšší tvorbu kyseliny mléčné. U siláží s redukcující délkou řezanky byl na konci hlavní fáze fermentace zjištěn výrazný pokles hodnoty pH a také zřetelné snížení tvorby kvasných plynů a tím rozdílné ztráty živin a energie. Krátká řezanka silážovaných trav má také pozitivní vliv na snížení kvasné aktivity klostridií a na

posílení aerobní stability. V nestabilních silážích se přeměňují zkvasitelné sacharidy nejprve na konzervující kyselinu mléčnou, která je na konci fermentační fáze substrátem pro máselné kvašení. Jako vyhovující délka řezanky u víceletých pícnin je považováno ještě 40 – 60 mm při odpovídajícím obsahu sušiny. I když existují systémy sklizně, kdy lze silážovat píci celou nebo jen částečně pořezanou (silážování lisováním do fólií obalovaných balíků), nenařezaná píce či jen částečně pořezaná hmota může působit nemalé technologické problémy, ale také problémy s vybíráním siláží ve žlabu. Délku nad 60 mm je nutné považovat z hlediska optimálních podmínek pro fermentaci již za příliš dlouhou a tím i nevhodnou (DOLEŽAL et al., 2012).

Tabulka č. 8 – Doporučená délka řezanky bílkovinné a polobílkovinné píce k silážování (DOLEŽAL et al., 2012).

Druh píce	Doba sklizně	Sušina (%)	Řezanka (mm)
Trávy	Začátek metání	20 – 30	30 – 40
	(po posekání nechat zavadnout)	30 – 35	20 – 30
		35 – 45	10 – 20
Vojtěška, jetele	Butonizace, začátek květu (po posekání nechat zavadnout)	25 – 30	30 – 40
		35 – 40	20 – 30
		40 – 50	10 – 20

#### 2.6.4 Doprava řezanky a její rozhrnování

Před naskladňováním sila je nezbytné nejprve žlab důkladně vyčistit, aby byla zabezpečena čistota materiálu a správný průběh kvašení. Za tímto účelem je nutné ze silážního žlabu odstranit staré zbytky siláže, neboť každá nečistota způsobuje kontaminaci nové siláže a následně může negativně ovlivnit i průběh fermentace.

Velkou pozornost je třeba věnovat také kontrole funkčnosti a technickému stavu sběracích a odvodných kanálků, jakž i technickému stavu dna a bočních stěn. Doporučuje se důkladné mechanické očištění a omytí zařízením WAP. V indikovaných případech je vhodné použít i dezinfekci, např. chloraminem, zvláště pokud v silě byla uskladněna nekvalitní siláž. Pozornost je nutné věnovat i bezprostřednímu okolí žlabu (komunikace, manipulační prostory), aby byla omezena možnost zanesení nežádoucí nečistoty do žlabu s naváženou rostlinnou hmotou. Nečistoty, zejména písek a hlína, zvyšují pufrací kapacitu a významně zhoršují kvalitu fermentačního procesu.

Řezanka je z pole dopravována různými dopravními prostředky, od traktorů s přívěsy až po nákladní automobily. Velmi důležité je, aby řidič dopravního prostředku nezajížděl do silážního žlabu, kde řezanku vysype. Jinak se hmota kontaminuje bakteriemi a nečistotami. Náklad má řidič vysypat na kraj žlabu, kde si jej následně dále naveze a rozhrne jiný stroj. Řezanku je nutné naskladňovat od zadního čela silážního žlabu.

Plnění silážních žlabů se doporučuje provádět tak, aby minimální denní vrstva udusané hmoty byla 50 cm a zároveň byla omezena plocha k nežádoucí aeraci. Za tímto účelem se žlaby plní klínovitým způsobem, který zároveň umožňuje plynulé zakrývání.

### 2.6.5 Dusání řezanky

Ke správnému průběhu fermentačního procesu je důležité rychlé a dostatečné vytlačení vzduchu a udusání řezanky. Velkým nebezpečím při oxidaci a zahřívání bývají duté stonky, ve kterých při dlouhé řezance zůstává vzduch. Při dusání bychom měli měřit i teplotu. Ideální je teplota do 35°C, pokud zjistíme teplotu nad 50°C je třeba upravit způsob navážení a dusání. Je třeba si uvědomit, že při teplotách nad 60°C se likviduje cenný betakaroten a dochází k Maillardově reakci. Kvalita rozřezání a udusání se dá velmi dobře posoudit z objemové hmotnosti siláže.

Optimální výška jedné vrstvy hmoty by měla být 15 cm, maximálně 25 cm (TRINÁCTÝ a kol., 2013).

Intenzita plnění silážního žlabu se pohybuje v rozmezí 1 až 3 minut v přepočtu na 1 tunu naskladňované hmoty. Celková výška naskladněné hmoty by neměla přesáhnout 4 m (DOLEŽAL et al., 2012).

Nedoporučuje se přílišné dusání horní vrstvy siláže. Někteří zemědělci ještě několik hodin po skončení navážení, hmotu dusají. Není potřeba v tuto dobu tolika dusat, protože to má velmi malý efekt na větší zhutnění spodních vrstev siláže. Dlouhé přejíždění horní vrstvy může naopak více siláž znehodnotit, dochází tím k nadměrnému poškození buněk, ze kterých se uvolňují živiny a voda a ty jsou živnou půdou pro nežádoucí aerobní organismy (MAHANNA, 2013).

Dusání silážovaných pícnin se doporučuje provádět většinou kolovými vozidly o celkové hmotnosti do 15 tun a vzdálenost kol od stěn při hutnění nesmí být z bezpečnostních důvodů menší než 0,3 – 0,5 m. Při tradičním silážování ve žlabech se doporučuje, aby měřítkem intenzity dusání byla měrná hmotnost sušiny, která by měla být větší než 180 – 200 kg na m<sup>3</sup> prostoru. Nedostatečné udusání je příčinou nežádoucích oxidačních a mikrobiálních procesů a snížené aerobní stability. Z technologického pohledu se doporučuje minimálně 6 přejezdů těžkým dusacím strojem, v přepočtu minimálně 4 až 6 min/t hmoty (DOLEŽAL et al., 2012).

Intenzivní dusání je základním předpokladem optimálního procesu silážování kukuřice. U siláží s obsahem sušiny 28 % je požadováno udusání minimálně na hodnotu 230 kg sušiny na m<sup>3</sup>, při 33 % sušiny na 250 kg sušiny na m<sup>3</sup> a při každém % sušiny navíc nad 35 % se doporučuje zvýšit měrnou hmotnost o cca 10 kg sušiny na 1 m<sup>3</sup>. Čím je silážovaná hmota sušší a řezanka méně narušená, tím by dusané vrstvy měly být nižší, navíc dusání by mělo být intenzivnější nebo delší. Čím vyšší jsou vrstvy, tím obtížněji se z nich vytlačuje vzduch, protože tlak se rozkládá vertikálně - čím hlouběji, tím je tlak nižší (LOUČKA, 2012).

Organizace silážování nové hmoty by se měla vždy řídit podle výkonu dusacího mechanismu. Maximální pojezdová rychlost při dusání by měla být menší než 6km/h a dusaná vrstva by neměla být vyšší než 30cm (KRAMER, 2010).

## 2.6.6 Zakrývání hmoty

Silážní jámu je důležité co nejdokonaleji vzduchotěsně uzavřít, aby vzniklo co nejdříve anaerobní prostředí. Tím se zamezí rozvoji nežádoucích mikroorganismů a zamezení aktivity rostlinných proteáz. V poslední době se uplatňuje velmi často dvouvrstevný nebo třívrstevný systém zakrývání. První vrstvou je mikroténová fólie, která dobře přilne k silážní hmotě. Na ni se pak pokládá silážní plachta. Mezi těmito fóliemi se vytvoří vzduchová izolační vrstva, která vyrovnává kolísání teplot. Jako třetí vrstva se často používá síťovina z umělé hmoty zabraňující mechanickému poškození spodních fólií. Vždy by měly všechny vrstvy fólií přesahovat minimálně o jeden metr, aby bylo možné dostatečné vzduchotěsné zakrytí silážní jámy.

Technologickým cílem je anaerobióza, je nezbytné, aby se zabránilo přístupu vzduchu do skladovacího prostoru, neboť vzduch do siláže nepatří. Každý průnik vzduchu do siláže znamená znehodnocení siláže. Způsob zakrytí také ovlivní nebo v případě nedostatečného uzavření sila snižuje výsledný efekt silážních aditiv. Veškerý zbytkový vzduch, který v silážované hmotě zůstává vlivem špatné technologie, nebo se do siláže dostává druhotně, umožní pokračování nežádoucí mikrobiální aktivity a tím dostatečné prodýchávání zbytkových sacharidů, rozklad dalších organických živin, ale i již vzniklých kvasných kyselin za vzniku tepla, oxidu uhličitého a vody. Oxid uhličitý patří k nejvýznamnějším kvasným plynům a v silážích může být zastoupen v rozmezí 5 – 12 % a úzce souvisí s precizním zakrytím silážního skladu. Dokonalé zakrytí žlabu se pozná, když dojde brzy po zasilážování k nafouknutí fólie (DOLEŽAL et al., 2012).

První vrstvu tvoří tzv. podkladová fólie o tloušťce 40-50 mikrometrů. Tato fólie přilne k vrchní vrstvě siláže a vytvoří dokonalé uzavření prostředí, podobnému uzavření se dostává např. ve vacích (JUREK, 2002).

Na zatížení fólie se používají sáčky, které nejprve pokládáme podél okrajů silážního žlabu a nakonec i napříč žlabu ve vzdálenosti 3 až 4 metry. Přední stranu



žlabů je možné zatížit buď panely, nebo hustě vedle sebe položenými pneumatikami. K zakrývání ani zatížení fólie není vhodné používat písek, zeminu, ani například vápenec, neboť v případě protržení krycí fólie dojde ke kontaminaci a znehodnocení siláže. Velké problémy činí i tento materiál při samotném odkrývání siláže.

K zakrytí silážní jámy boční fólií na silážní stěnu. Stačí jen pruh, který izoluje nejméně metr vysokou a zakrývá nejméně metr širokou vrstvu silážované hmoty od stěny žlabu (LOUČKA, 2012).

### **2.6.7 Skladování a odběr siláže**

Doba skladování má pozitivní vliv na stravitelnost škrobu, siláž by proto neměla být zkrmována dříve než za 3-4 měsíce po naskladnění. Zatímco u škrobu má doba skladování pozitivní vliv, u stravitelnosti NDF je jen malá tendence zlepšení (KOLÁŘOVÁ, 2014).

Skladováním po dobu minimálně 6 - 8 týdnů je zabezpečeno, že dojde ke snížení počtu kvasinek a plísní, tedy epifytní mikroflóry tzv. samočištěním. Po ukončení fáze zrání siláže je dosažena i stabilita siláže. Během hlavní fermentační fáze, po vytvoření dostatečného množství kyseliny mléčné a snížení pH, bakterie mléčného kvašení postupně ustupují. Pokud se začne zkrmovat siláž v době, kdy mléčné bakterie ještě žijí, produkují kyselinu mléčnou a množí se, mohou negativně ovlivnit zastoupení bachorové mikroflóry. Stabilní fáze fermentačního procesu je doba od ukončení fermentační fáze až do doby, kdy je silážní prostor otevřen a siláž je zkrmována. V závislosti na kvalitě fermentačního procesu může být stabilní fáze různě dlouhá (SKLÁDANKA et al., 2011).

Při vybírání siláží platí určité zásady, které je třeba si uvědomit. Pokud po sejmutí krycí fólie vykazuje siláž smyslové změny, například hnilobné nebo plesnivění, je nutné tuto vrstvu odstranit. Siláž by měla být odebírána takovým způsobem, aby stěna po odběru zůstala kompaktní a docházelo k minimálnímu provzdušňování. Stěny by měly být kolmé a pro vybírání siláže by měly být použity speciálně konstruovaná vybírací zařízení (frézy, vykusovače), které odkrojením siláže zanechají povrch hladký, kompaktní a neporušený (ZIMOLKA et al., 2008).

Otevřením sila kvůli odběru siláže dochází k provzdušňování a v důsledku toho k druhotné fermentaci. Velmi rychle se obnovují rozkladné procesy, nastává růst kvasinek a plísní. Tyto mikroorganismy oxidují konzervační kyseliny, přítomné v siláži. V důsledku těchto pochodů dochází k vzestupu hodnoty pH siláže a tím ke ztrátě konzervačního účinku kyselého prostředí. Při odběru krmiva ze sila je třeba omezit působení vzduchu na minimum. Jedné se především o minimalizaci plochy odebírané hmoty. Plocha řezu musí být hladká. Je třeba se vyvarovat vytrhávání silážní hmoty a jejímu načechrávání. Mělo by být odebíráno jen potřebné denní

množství siláže, protože meziskladování podporuje nežádoucí změny (JAKOBE et al., 1987).

Vybírání siláže úzce souvisí s její výslednou kvalitou, ztrátami, a tím i celkovým efektem při zkrmování skotem. Při vybírání je z hlediska kvality rozhodující řada faktorů, do kterých můžeme zařadit jednorázové množství odebrané vrstvy siláže, mechanizační prostředky použité pro vybrání siláže a klimatické podmínky (DOLEŽAL et al., 2012).

### 3. ZÁVĚR

Ze zpracovaného literárního přehledu lze říci, že téma silážování je velmi diskutované a studované. V průběhu několika let každý z odborníků zjišťuje stále nové poznatky. Díky těmto poznatkům mohou chovatelé docílit co největší kvality silážované hmoty. Jedná se především o agrotechnické, technologické a biologické faktory. K nejdůležitějším agrotechnickým faktorům, ovlivňující kvalitu konzervovaných krmiv, patří především doba sklizně, ve které je dbáno především na obsah sušiny. Hodnota sušiny u travních porostů by měla být v průměru 32%. Z technologických faktorů kvalitu ovlivňuje především délka řezanky a ve finální fázi i odebrání siláže. Délka závisí na výše zmíněném obsahu sušiny. Například při obsahu sušiny 32% je optimální délka řezanky 40 mm.

Mezi biologické aspekty se řadí množství žádoucích a nežádoucích mikroorganismů. Žádoucí bakterie mléčného kvašení lze v růstu a množení podpořit silážními aditivy. Aditiva můžeme rozdělit na biologická, chemická a ostatní. Biologická aditiva mají většinou složku bakteriální a enzymatickou, jejich použití v silážované hmotě je především pro zvýšení počtu žádoucích bakterií mléčného kvašení. Chemická aditiva jsou využívána hlavně u obtížně silážovatelných píceň a řadíme k nim především kyselinu mravenčí a kyselinu propionovou. Obecně mezi výhody použití silážních prostředků patří zlepšení průběhu kvasných procesů, zlepšení předpokládaného příjmu krmiv, zlepšení stravitelnosti živin v konzervovaných krmivech, zlepšení aerobní stability siláží, využití krátkého zlepšení počasí, přizpůsobení termínu optimální sklizně, častější nástup sklizně a možnost lepšího plánování z hlediska zachování živin a jejich využití zvířaty.

Při navážení hmoty do silážních žlabů by se měl brát největší zřetel na dusání hmoty. Dobře udusanou hmotu je také třeba řádně zakrýt několika vrstvami silážních fólií, aby došlo co nejdříve k anaerobnímu prostředí a tím k zastavení růstu nežádoucích mikroorganismů. Fermentační proces probíhá ve čtyřech fázích: aerobní fáze, hlavní fermentační fáze, stabilizační fáze a fáze po otevření a při zkrmování.

Na závěr lze říci, že kvalita siláží je ovlivňována již od prvních zásahů na poli. Vždy bychom se měli snažit, aby byla co největší, protože právě vysoká kvalita nám zajistí uspokojit požadavky na dietetickou a nutriční hodnotu krmiva zvířat a tím i vysokou užitkovost, reprodukci a ekonomický zisk.

## SEZNAM LITERATURY

ANDRIEU, J. P., GOUET, J. (2000): Forage Conservation Towards. Proceedings (G. Pahlow and H.Honig, eds.), Landbauforschung Volkenrode, 123: 287-289.

BOLSEN, K. K., BONILLA, D. R., HUCK, G. L., YOUNG, M. A., THAKUR, R. A., JOYEAX, A. (1993): Effect of propionic acid bacterial inoculant on fermentation and aerobic stability of whole-plant corn silage. J. Anim.Sci.74 (Suppl. 1), 274-282.

CATO, E. P., GEORGE, W. L. and FINEGOLD, S. M. (1986): Genus *Clostridium*. In: Sneath, P. H. A., Mair, N. S., Sharpe, M. E. and Holt J. G. (ed.) Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Williams and Wilkins, Baltimore, MD, USA, p. 1141 – 1200.

DOLEŽAL P., ŽALMANOVÁ V. A MACHAČOVÁ E.(2012): Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat: hlavní a alternativní užitkové směry. 1. vyd. Olomouc, Petr Baštan, 307 s.

DOLEŽAL, P. ,(2006): *Konzervace, skladování a úpravy objemných krmiv: (přednášky)*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 247 s. ISBN 80-715-7993-9.

DOLEŽAL, P., DVOŘÁČEK, J., ZEMAN, L. (2001b). Problematika kvality siláží a silážních aditiv. *Krmivářství č. 1/2001*, s. 16-20.

DRIEHUS, F., OUDE, S. J., ELFERINK, W. H., WIKSELAAR, P. G. (2000): Reduced susceptibility to aerobic spoilage of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lact acid bacteria. Proceedings of the 1311, International Silage Conference, Auchincruive, 144-148.

HARRISON, J. H., BLAUWIEKEL, R. (1994): Fermentation and utilization of grass silage. Journal of Dairy Science, 10/94, 3209 – 3235.

HONIG, H., PAHLOW, G. (1986): Principles to produce high quality silage from grass. Paper Presented to Ulster Grassland Society, February 22, 6-9.

- Hrabě, f ET AL. (2004). Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 247 s. ISBN 80-903-2751-6.
- ILLEK, J. (2008): Zdravotní rizika zkrmování nekvalitních siláží. *Náš chov*, 10: 84-86. ISSN 0027-8068.
- JAKOBE, P. a kol. (1987): Konzervace krmiv. 1. vyd. Praha: SZN, 264 p.
- JEŽKOVÁ, A.(2014): Krmivářství 4/2014.
- JUREK, P.(2002): Dokonalé zakrytí siláže, *Krmivářství*, roč. VI, č. 1, s. 39. ISSN 1212-9992.
- KANDLER, O. and WEISS, N. (1986): Genus *Lactobacillus*. In: Sneath, P.H.A., Mair, N. S., Sharpe, M. E. and Holt, J. G. (ed.) Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. vol 2, 9th ed. Williams and Wilkins, Baltimore, p. 1063 – 1065.
- KOLÁŘOVÁ, P. (2014): Optimum ve využitelnosti živin. Kukuřičné listy č. 4.
- KRAMER, E. (2010): Výroba objemných krmiv. *Náš chov*. č. 4.
- KUDRNA, Václav. (1998): *Produkce krmiv a výživa skotu*. Praha: Agrospoj, 361 s.
- LÁD, František. (2006): *Vliv vybraných ukazatelů na kvalitu silážovaných krmiv: vědecká monografie = The influence of choice parameters for quality of ensilage feeds : scientific monograph*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 99 s. ISBN 80-704-0885-5.
- LOUČKA R. (2012): Od řezanky po dokonalou izolaci hmoty, *Zemědělec*, 13 -16.
- LOUČKA, R, MACHAČOVÁ, E, TYROLOVÁ, Y, (1999): *Výzkumný ústav živočišné výroby Praha 10- Uhřetěves*, 60s. ISBN: 80-7271-027-3.
- LOUČKA, R., MACHAČOVÁ, E. (1996): Silážování. Metodiky pro zemědělskou praxi. ÚZPI ve spolupráci s MZe, Praha, 25 s.
- LOUČKA, R., MACHAČOVÁ, E., TYROLOVÁ, Y. (2002): *Metody konzervace píce pro ekologické zemědělství*. ÚZPI Praha, 16 s. ISBN 80-7271-119-9.

LOUČKA, R., ŽALMANOVÁ V., MACHAČOVÁ E., (1997): *Aditiva používaná k silážování: (přednášky)*. Vyd. 1. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 50 s. Metodiky pro zemědělskou praxi. ISBN 80-861-5316-9.

MAHANNA, B, a ČERNÍK V. (2014): Kvasinky jako rizikový faktor siláží. *Náš chov: casopis pro zivcistou vyrobu*. č. 3.

MAHANNA, B., (2013): Nejnovější trendy silážování objemných krmiv ve Spojených státech amerických (přednáška), Hustopeče u Brna, 7. a 8. února 2013.

McDONALD, P, HENDERSON A. R., HERON S. J. E. (1991): The biochemistry of silage. *2nd ed. Editor*, 340s., ISBN: 0-948617-22-5.

MERRY, R., J., LOWES, K. F., WINTERS, A. L. (1989): Current and future approaches to biocontrol in silage. In: Proc. of the 8th Int. Symposium Forage Conservation, Brno, 19-27.

MÍKA, V. (1983): A comparison of the nutritive value of early and late varieties of timothy. *Grass and Forage Science*, 38, 67 – 71.

MIKYSKA, F., ŠEDA, J. (1999): Hodnocení siláží. Firemní informace, Agrokonzulta Žamberk, 6 s.

MORAVCOVÁ, H., NEDĚLNÍK, J. (2007): Mykotoxiny v silážovaných krmivech. *Farmář*, 8: 34-37. ISSN 1210-9789.

MUCK R. E.(1989): The role of silage additives in making high quality silage. In: NRAES-67 Silage Production - from seed to animal. Proceedings from the national silage production conference. New York.

PLEYER, P. (2014): kvalitní objemná krmiva – základ efektivity chovu skotu. *Náš chov*. 3, s. ISSN 0027-8068.

POZDÍŠEK, J. (2009): Víceleté pícniny a trvalé travní porosty ve výživě skotu. *Náš chov*, 10: 59-62. ISSN 0027-8068.

POZDÍŠEK, J. a kol. (2008): Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých pícnin a trvalých travních porostů. VÚCHS, Rapotín, 39 s. ISBN 978-80-87144-06-0.

RADA, V., VLKOVÁ, E. (2010): Silážní inokulanty. VÚŽV, Praha, 58 s. ISBN 978-80-7403-069-7.

RYTINA, L., (2005): Předcházet klostridiím v siláži, <http://naschov.cz/predchazet-klostridiim-v-silazi/>.

STIRLING, A. C., WHITTENBURY, R. (1963): Sources of lactic acid bacteria occurring in silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 26, 86 – 97.

SUTTLE, N. F. (1978): Sulphur in forages. *Proceedings of Symposium An Foras Taluntais, Dublin*, 197.

THOMAS, C. and THOMAS P. C. (1985): Factors affecting the nutritive value of grass silage. In: Haresign, W. and Cole, D. J. A. (Eds). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworths, London. p. 223 – 256.

TŘINÁCTÝ, J. (2013): Hodnocení krmiv pro dojnice. Vyd. 1. Pohořelice: AgroDigest, 590 s. ISBN 978-80-260-2514-6.

VELECHOVSKÁ, J. (2007): Jak na kvalitní siláže. *Farmář*, 8: 33. ISSN 1210-9789.

VYSKOČIL, I., SKLÁDANKA, J., DOLEŽAL, P., HAVLÍČEK, Z., POŠTULKA, R., SLÁMA, P. (2011): Metodika výroby experimentálních mikrosiláží. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 23 s. ISBN 978-80-7375-543-0.

WATSON, S. J., NASH, M. J. (1960): *The Conservation of Grasses and Forage Crops*. Edinburgh: Oliver and Boyd, 650 pp.

WEISSBACH, F. a KUHLA, S. (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Über. Tierernähr.* 23, 189-214.

WENDELL, J. R (2001): Silage Additive Approval Schemes in Europe – Aims, Developments and Benefits. X International symposium.. Forage conservation, Brno, 37-44.

WHITTENBURY, R. (1998): Microbiology of grass silage. process. *Biochemistry*, University of Edinburgh. 27 pp.

WILKINSON, J. M. (1999): Silage and health. In: Pauly, T. (Ed.), Proceedings of the 12th International Silage Conference on Silage Production in Relation to Animal Performance, Animal Health, Meat and Milk Quality.

WILKINSON, J. M. (2005): Silage. Lincoln Chalcombe Publications, 2005, 254 s. ISBN 0948617500.

WOOLFORD, M. K. (1998): Bacterial developments their implications for silage production and aerobic stability. In: Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual Symposium. Nottingham University Press, Nottingham, UK, 181-184.

WOOLFORD, M. K. (2000): Umění správného silážování, Alltech Brno, 59 s.

WOOLFORD, M.K. (2003): Silážování kukuřice, Alltech Czech Republic Publication, 46-49 s.

ZEMAN, L. (2006): Výživa a krmění hospodářských zvířat. Nakladatelství Profi Press, s. r. o., Praha. 1. vydání, 360 s. ISBN 80-86726-17-7.

ZIMOLKA, J. ., BALOUNOVÁ, M., CERKAL, R., ČERVINKA, J., DOLEŽAL, P., et al. (2008): *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

<http://www.unium.cz/materialy/czu/fappz/konzervace-m14065-p1.html> , staženo

dne: 3.4.2016, HUČKO, B. (2009): Konzervace.

[http://www.agroweb.cz/Problematika-kvality-silazi-a-silaznichaditiv\\_s44x9769.html](http://www.agroweb.cz/Problematika-kvality-silazi-a-silaznichaditiv_s44x9769.html) , staženo dne: 3.4.2016, KULOVANÁ, E. (2001): Problematika kvality siláží a silážních aditiv.

[http://www1.foragebeef.ca/\\$foragebeef/frgebeef.nsf/e5ae854df3230ce787256a3300724e1d/3208624e45d1efa987256dc1006e96b1/\\$FILE/silagefermentationadditives.pdf](http://www1.foragebeef.ca/$foragebeef/frgebeef.nsf/e5ae854df3230ce787256a3300724e1d/3208624e45d1efa987256dc1006e96b1/$FILE/silagefermentationadditives.pdf)



, staženo dne: 3,4.2016, KUNG, L. (2001): Silage fermentation and additives. Department of Animal and Food Sciences, University of Delaware, Newark.

[http://www.agroweb.cz/Pripravky-pouzivane-pri-silazovani\\_s75x27904.html](http://www.agroweb.cz/Pripravky-pouzivane-pri-silazovani_s75x27904.html) ,

staženo dne: 3.4.2016, TYROLOVÁ, Y. (2007): Přípravky používané při silážování.

[http://www.ruralni.gov.uk/index/publications/press\\_articles/dairy-2/recent-](http://www.ruralni.gov.uk/index/publications/press_articles/dairy-2/recent-2/silage_additives.htm)

[2/silage\\_additives.htm](http://www.ruralni.gov.uk/index/publications/press_articles/dairy-2/recent-2/silage_additives.htm) , staženo: 3.4.2016, KEOWN, C. (2006). Silage Additives - What's the Secret?

## **SEZNAM TABULEK**

- Tabulka č. 1 – Existenční podmínky pro mikroorganismy (MECK, 1993).
- Tabulka č. 2 – Hlavní skupiny mikroorganismů účastnících se fermentačních pochodů v siláži (podle Mc DONALD et al., 1991).
- Tabulka č. 3 – Orientační hodnoty počtů mikroorganismů (DOLEŽAL et al., 2012).
- Tabulka č. 4 – Hodnoty pH pro jednotlivé skupiny mikroorganismů (HARDY, 1991).
- Tabulka č. 5 – Počty spor v 1 g siláže (WEISSBACH, 1993).
- Tabulka č. 6 – Počet spor v siláži podle dle obsahu kyseliny máselné a sušiny (BUCHGRABER et al., 2000).
- Tabulka č. 7 – Kvalita píce vojtěšky seté (DOLEŽAL a SKLÁDANKA, 2008)
- Tabulka č. 8 – Doporučená délka řezanky bílkovinné a polobílkovinné píce k silážování (DOLEŽAL et al., 2012).

## PŘÍLOHY

### Seznam použitých zkratek

ADF	acido-detergentní vláknina
ATP	<i>adenosine triphosphate</i> – adenosintrifosfát
BMK ( <i>LAB</i> )	bakterie mléčného kvašení ( <i>lactic acid bacteria</i> )
CFU	<i>colony form unit</i> – ukazatel počtu životaschopných bakterií vztahených na 1 gram substrátu
NDF	neutrálně detergentní vláknina
NL	dusíkaté látky
NPN	<i>non protein nitrogenium</i> – nebílkovinný dusík
TRM	<i>total mixed ration</i> – směsná krmná dávka