

## EFFECT OF ADDITIVES ON THE QUALITY OF FERMENTATION AND AEROBIC STABILITY OF CORN SILAGE

Žváčková P., Doležal P.

Department of Animal Nutrition and Forage Production, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: xzvackov@node.mendelu.cz

---

### ABSTRACT

The aim of these contributions was to study the factors which influence the aerobic stability of corn silages and to determine the effect of silage additives on the resistance against aerobic changes.

A close attention has also been paid to the method for evaluation aerobic stability by measuring temperature in laboratory conditions.

An untreated controlled silage has been used as a comparative factor for the influence of silage additives.

Based on chemical and microbial examination, it may be stated that the application of additives in laboratory conditions improved the quality of fermentation of corn silages and also led to a better stability of the silage after opening (previous aeration).

**Key words:** fermentation, aerobic stability, silage, corn

## ÚVOD

Zemědělství v České republice prodělává v posledních letech velké změny. Soustavně dochází k úbytku orné půdy i snižování stavu hospodářských zvířat v důsledku nepříznivých ekonomických podmínek. Ve snaze zefektivnit zemědělskou výrobu je kladen velký důraz na výběr kvalitních a vysoce užitkových zvířat.

Vysoký genetický potenciál produkce mléka s sebou přináší mnoho nároků, nejen na chovatelské podmínky a prostředí, ale především na kvalitu výživy.

Vzhledem k tomu, že většina podniků z technologického a ekonomického hlediska přešla na celoroční zkrmování konzervovaných objemných krmiv, především siláží, rozhoduje kvalita těchto produktů nejvíce o výsledku hospodaření, včetně ekonomiky chovu.

Kromě dodržování základních technologických požadavků jsou důležitým faktorem úspěšné konzervace (primární fermentace) silážní aditiva. V poslední době se stala nezbytnou součástí výroby nejen bílkovinných, ale také sacharidových pícnin. Jsou tak pro zemědělce určitým předpokladem pro kvalitní siláže. Některé inokulanty jsou svým složením zaměřené i na posílení sekundární stability siláží.

Pro dosažení vysoké kvality siláže je zapotřebí zachovat co největší množství živin z původní píce. Také nesmíme opomenout zachování příznivých dietetických vlastností, chutnost a také odolnost vůči sekundární fermentaci. Všechny tyto faktory ovlivňují celkový příjem sušiny, zdravotní stav, užitkovost a promítají se tak i do celkové ekonomiky podniku.

Ukazuje se, že bude nezbytné věnovat pozornost nejen v oblasti šlechtitelské práce z pohledu výživné hodnoty a silážovatelnosti nových odrůd pícnin, ale také novým technologiím sklizně, konzervace a skladování krmiv.

Velká pozornost musí být rovněž věnována strategii používání aditiv nejen k posílení pozitivní fermentace, ale i zlepšení aerobní stability siláží, na což je zaměřen pokus v této práci.

## MATERIÁL

V experimentu bylo použito dvou typů silážních aditiv a tří hybridů silážní kukuřice. Silážní inokulant „Microsil“ (biologické silážní aditivum, obsahující vysokou koncentraci vybraných bakterií mléčného kvašení (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buchneri*, *Enterococcus faecium* a *Pediococcus spp.*). Tyto bakterie urychlují primární kvasný proces a zlepšují skladovací stabilitu siláží. Konzervačně je využíván při silážování sacharidových objemných krmiv, nebo pro zavadlé polobílkovinné a bílkovinné píce s obsahem sušiny nad 36 %).

**MENDELNET 2010**

V 1 gramu obsahuje 30 miliard (CFU :  $30 \times 10^9/1$  g) živých mléčných bakterií inkorporovaných na suchém inertním nosiči, v tomto případě jde o sacharózu a sušenou syrovátku, který umožňuje rovnoměrné rozptýlení mléčných bakterií v silážované rostlinné hmotě. Ke konzervaci 100 tun silážní hmoty je zapotřebí průměrně 1 kg tohoto inokulantu, který se před vlastním použitím rozpustí v ekvivalentním množství vody na aplikační roztok.

Chemický konzervační přípravek „Kemisile“ určený pro konzervaci bílkovinných píceň s nízkým obsahem sušiny se skládá ze směsi organických kyselin a solí organických kyselin (obsahuje kyselinu mravenčí 43 %, kyselinu propionovou 10 %, mravenčan amonný 30 % a kyselinu benzoovou 2 %). Je účinný proti kvasinkám, redukuje aerobní degradaci a zajišťuje vysokou stabilitu silážované hmoty. Dávka doporučená výrobcem je 3-6 l na tunu silážovaného rostlinného materiálu v závislosti na obsahu sušiny. U kukuřičných siláží o sušině 25-28 % je dávka tohoto aditiva do 4 l.

Obě zmiňovaná silážní aditiva jsou dodávána na trh ve vodorozpustné formě, chemický přípravek jako tekutý koncentrát, biologický v práškové formě.

Modelový pokus probíhal v laboratorních podmínkách na 3 hybridních silážní kukuřice - hybrid Amadeo (FAO 230), hybrid Touran (FAO 260) a hybrid Menuet (FAO 270). Použité hybridy kukuřice nebyly ošetřeny proti zavýječi kukuřičnému. Byl zjišťován vliv silážních aditiv na ukazatele kvality fermentace.

Po odběru hotových siláží a následné aeraci byla u modelových siláží měřena teplota, prováděl se mikrobiologický rozbor a následně se posuzovala aerobní stabilita během prvního týdne po odebrání vzorků.

V pokusných silážích byl porovnáván především vliv konzervantu, v menší míře i vliv hybridu na kvalitu kvasného procesu a následnou aerobní stabilitu.

**METODIKA**

Drť z celých rostlin kukuřice byly homogenně ošetřeny aditivem v dávkách doporučených výrobcem a zasilážovány do pokusných nádob o objemu 50 l, intenzivně udusány (měrná hmotnost  $800 \text{ kg/m}^3$ ) a řádně anaerobně uzavřeny víkem. Modelové siláže byly připraveny ve třech opakováních. Kukuřice byla vypěstována v zemědělském podniku Starojicko a.s., okres Nový Jičín, na stanovišti Starojická Lhota. Sklizeň byla provedena sklízecí řezačkou Claas Jaguar, dne 3.9.2007.

Pokusné inokulované siláže byly spolu s neošetřenými kontrolními variantami uskladněny v místnosti při teplotě  $20 \pm 5$  °C po dobu 8 měsíců.

Odběry vzorků siláží a vlastní analýzy proběhly dle vyhlášky č. 124/2001Sb., ve znění následných změn a úprav, která stanovuje požadavky na odběr vzorků a principy metod laboratorního zkoušení krmiv.

## POUŽITÉ LABORAORNÍ METODY

Obsah sušiny byl stanoven po vysušení vzorku o konstantní hmotnosti při teplotě  $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , dle normy ČSN 46 7092-42. Kvalitativní ukazatele byly zjišťovány z homogenátu, který vznikl přefiltrováním výluhu 50 g vzorku a 450 ml destilované vody po 24 hod.

Celková kyselost vodného výluhu (KVV) se stanovila titrací filtrátu 0,1 N NaOH o známém faktoru až do pH 8,5. Pro výpočet KVV dle následujícího vzorce byla použita spotřeba NaOH (a1)

$$\text{.KVV (mg KOH/ 100g)} = a1 \cdot 56,2 \cdot f \text{ NaOH}$$

Hodnota pH byla stanovena potenciometricky.

Obsah amoniaku se stanovoval mikrodifúzí dle Conweye, podle metody AOAC.

Diagnostikou z vodného výluhu na plynovém chromatografu za podmínek analýzy podle Hartmana (1980), byl stanoven obsah kyseliny mléčné a těkavých mastných kyselin.

Obsah alkoholu byl proveden plynovou chromatografií popsanou Hartmanem (1974).

Stanovení množství živin bylo provedeno v laboratoři S.O.S. Skalice nad Svitavou, s. r. o., dle platné vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č.222/1996 Sb a konkretizované v publikaci ÚKZÚZ Brno: Postupy laboratorního zkoušení krmiv, doplňkových látek a premixů I. Z roku 2000.

Aerobní stabilita byla posuzována na základě mikrobiologických rozborů, které byly prováděny z každodenního odběru vzorku vystavených působení vzduchu (laboratorní teplota 19-20 °C) a doplněna měřeními teplotních změn v daných vzorcích. Teplota byla měřena a zaznamenávána každou hodinu v průběhu 5 dní. Výsledky byly statisticky vyhodnoceny.

Při vyhodnocování získaných dat byl použit PC program Statistica 8.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Dostatečné množství kyseliny mléčné je nejdůležitějším předpokladem pro kvalitu konzervace. Ukazatele fermentačního procesu modelových siláží jsou uvedeny v tabulkách číslo 1 a 2.

Tab. 1: Ukazatele kvality kvašeného procesu.

Varianta	Konzervant	Hybrid	Sálemg		pH		KVV/mgKOH		Nys.mléčná g/kg suš.		Nys. octové g/kg suš.		Nys. Propionové g/kg suš.		Sigma kys.		TM-TM	
			Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.	Průměr	Sn. Odch.
1	1	1	32,067	1,207	3,905	0,010	1415,500	100,494	5,126	0,891	1,359	0,075	0,000	0,000	6,485	0,969	3,753	0,428
2	1	2	28,300	7,692	3,935	0,031	1394,667	212,535	6,850	2,620	1,652	0,692	0,000	0,000	8,502	3,293	4,200	0,164
3	1	3	33,477	1,680	3,925	0,024	1354,000	90,052	5,265	0,546	1,208	0,085	0,000	0,000	6,473	0,613	4,358	0,305
4	2	1	31,937	1,495	3,895	0,031	1440,000	110,732	5,677	0,365	1,279	0,021	0,000	0,000	6,955	0,375	4,443	0,340
5	2	2	33,325	1,405	3,912	0,015	1463,500	169,991	5,523	0,767	1,375	0,299	0,000	0,000	6,898	1,064	4,069	0,302
6	2	3	33,030	1,240	3,942	0,028	1488,333	66,353	5,539	0,436	1,452	0,140	0,000	0,000	6,991	0,574	3,819	0,090
7	3	1	31,212	1,765	3,955	0,010	1198,667	111,161	4,983	0,447	0,791	0,132	0,000	0,000	5,774	0,574	6,363	0,514
8	3	2	32,085	1,077	3,932	0,008	1284,667	42,169	5,125	0,377	0,726	0,134	0,000	0,000	5,851	0,491	7,189	0,918
9	3	3	32,030	1,624	3,945	0,010	1187,167	91,550	4,850	0,147	0,793	0,087	0,000	0,000	5,643	0,229	6,168	0,547
Vš skupiny			31,940	3,060	3,927	0,027	1358,500	152,092	5,438	1,088	1,182	0,401	0,000	0,000	6,619	1,434	4,929	1,292

Tab. 2: Ukazatele kvasného procesu, zohledněn vliv konzervantu.

Konzervant	Sůlna g		pH		KVV v mg KOH		Kyslečná g/kg suš.		Kys.octová g/kg suš.		Kys.Propionová g/kg suš.		Suma kys.		TM:TKM		Etanol g/kg suš.	
	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.	Prům.	Směr.odch.
1	31,281	4,870	3,922	0,026	1388,056	132,979	5,747	1,720	1,406	0,426	0,000	0,000	7,153	2,130	4,103	0,399	1,477	0,517
2	32,764	1,438	3,916	0,031	1463,944	117,528	5,580	0,527	1,369	0,194	0,000	0,000	6,948	0,687	4,110	0,364	1,544	0,237
3	31,775	1,484	3,944	0,013	1223,500	92,879	4,986	0,347	0,770	0,117	0,000	0,000	5,756	0,437	6,574	0,788	3,426	0,225
Vš.skup.	31,940	3,060	3,927	0,027	1358,500	152,092	5,438	1,088	1,182	0,401	0,000	0,000	6,619	1,434	4,929	1,292	2,149	0,975

V modelovém pokusu u kukuřičných siláží byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ( $p < 0,05$ ) vlivem konzervantu u všech ukazatelů a vysoce průkazný rozdíl ( $p < 0,01$ ) především u KVV, kyseliny octové, sumy kyselin, TM:TKM, etanolu a čpavku.

U hodnoty pH byl průkazný pouze rozdíl mezi chemickým konzervantem a neošetřenou kontrolou. Kontrolní siláž vykazovala hodnotu  $3,922 \pm 0,026$ ; zatímco u chemicky ošetřené varianty došlo ke zvýšení pH na  $3,944 \pm 0,013$ . U biologického preparátu došlo k mírnému snížení hodnoty na  $3,916 \pm 0,031$ , avšak tento rozdíl nebyl průkazný. Hybrid Amadeo ( $3,955 \pm 0,010$ ) a Menuet ( $3,945 \pm 0,010$  pH) vykazovaly vysoce průkazný rozdíl u hodnoty pH s použitím přípravku „Kemisile 2000 plus“. S „Microsil extra plus“ pouze průkazný rozdíl. U hybridu Touran byl vysoce průkazný rozdíl při použití inokulantu, hodnota pH klesla na  $3,912 \pm 0,015$  z  $3,935 \pm 0,031$ . Průkazný se také ukázal vliv hybridu. Hodnota pH u hybridu Amadeus klesla z  $3,926$  na  $3,918$  a naopak u hybridu Menuet jsme zaznamenali nárůst pH na  $3,937$  (tab. 5). Uvedená zjištění jsou v souladu s konstatováním jiných autorů.

Tab. 5: Statistický průkazný rozdíl vlivu hybridu na kvalitu kvasného procesu.

Hybrid	pH		Etanol g/kg suš.	
1	3,918	a	2,220	a
2	3,926	ab	2,260	ab
3	3,937	b	1,967	b

Na množství kyseliny mléčné nebyl vliv konzervantu statisticky prokázán. Průkazný byl zjištěn pouze rozdíl konzervantu a hybridu, kdy došlo k navýšení obsahu kyseliny mléčné na  $6,850 \pm 2,6$  g/kg suš. u neošetřené hybridu Touran a snížení na  $4,850 \pm 0,147$  g/kg suš. v případě chemicky konzervovaného hybridu Menuet. V Porovnání s průměrnou hodnotou  $5,438 \pm 1,088$ . Ve všech ostatních variantách nebylo možné rozdíly prokázat.

Vliv samotného konzervantu na obsah kyseliny octové byl vysoce průkazný ( $p < 0,01$ ) u chemického aditiva snížením hodnoty na  $0,770 \pm 0,117$  oproti neošetřené variantě ( $1,406 \pm 0,426$ ) a biologickému inokulantu  $1,369 \pm 0,194$  (tab. 4). Z uvedeného je zřejmé, že chemický prostředek významně redukoval tvorbu kyseliny octové oproti ostatním variantám.

Tab. 4: Statistický průkazný rozdíl vlivu konzervantu na kvalitu kvasného procesu.

Konzervant	pH		KVV v mg KOH		Kys.octová g/kg suš.	Suma kys.	TM:TKM	Etanol g/kg suš.		Čpavek g/kg suš.				
1	3,922	a	1388,056	Aa	1,406	Aa	7,153	B	4,103	Aa	1,477	Aa	0,105	Aba
2	3,916	a	1463,944	Aa	1,369	Aa	6,948	AB	4,110	Aa	1,544	Aa	0,086	Ab
3	3,944	b	1223,5	Bb	0,770	Bb	5,756	A	6,574	Bb	3,426	Bb	0,110	Ba

Při vzájemném porovnání silážních aditiv „Microsil extra plus“ a „Kemisile 2000 plus“ byl vysoce průkazný ( $p < 0,01$ ) rozdíl u obou přípravků (tab. 3). V případě chemického aditiva poklesla v siláži

suma hodnot na  $5,756 \pm 0,437$  g/kg suš., zatímco u siláže s biologickým inokulantem byla koncentrace fermentačních kyselin vyšší ( $6,948 \pm 0,87$  g/kg suš.).

Tab. 3. Statistický průkazný rozdíl vlivu konzervantu a hybridu na kvalitu kvasného procesu.

Varianta	Konzervant	Hybrid	pH	R/V v mg KOH	Kys.mléčná g/kg suš.	Kys.octová g/kg suš.	Suma kys.	KM/TKM	Etanol g/kg suš.	Čísleček g/kg suš.								
1	1	1	3,305	Acid	1416	AB	1416	ac	1,359	ABa	6,485	ABab	3,753	Aa	1,549	Aa	0,078	Aa
2	1	2	3,335	ABCalc	1335	AB	1335	abc	1,652	Ba	6,532	Bb	4,200	Aa	1,675	Aa	0,134	Bb
3	1	3	3,325	ABCabd	1354	AB	1354	abc	1,208	ABCabc	6,473	ABab	4,359	Aa	1,208	Aa	0,105	ABab
4	2	1	3,895	Cd	1440	AB	1440	a	1,279	ABCac	6,955	ABab	4,443	Aa	1,719	Aa	0,078	Aa
5	2	2	3,912	ABCabd	1464	B	1464	a	1,375	ABa	6,899	ABab	4,069	Aa	1,482	Aa	0,105	ABab
6	2	3	3,942	ABabc	1488	B	1488	a	1,452	Ba	6,991	ABab	3,819	Aa	1,431	Aa	0,076	Aa
7	3	1	3,955	Bc	1199	A	1199	bc	0,791	ACbc	5,774	ABa	6,963	Bbc	3,393	Bb	0,112	ABab
8	3	2	3,932	ABCabd	1295	AB	1295	abc	0,726	Cb	6,851	ABa	7,189	Bc	3,624	Bb	0,109	ABab
9	3	3	3,945	ABbc	1187	A	1187	b	0,793	ACbc	5,643	Aa	6,168	Bb	3,261	Bb	0,110	ABab

Kyselost vodného výluhu byla prokazatelná pouze u „Kemisile 2000 plus“ a to výsoce. Pokles byl na  $1223,5 \pm 92,879$  mg KOH z  $1388,056 \pm 132,979$  mg KOH. Ve vzájemném porovnání byl výsoce průkazný nárůst při použití biologického inokulantu a chemického aditiva u hybridů Touran ( $1463,5 \pm 169,991$  mg KOH z  $1284,667 \pm 42,169$ ) a Menuet ( $1488,333 \pm 66,353$  mg KOH z  $1187,167 \pm 91,550$ ).

Porovnáním poměru kvasných kyselin (KM/TKM) byl výsoce průkazný rozdíl mezi použitými aditivy, a to rozšířením u chemického prostředku z  $4,103 \pm 0,399$  (u neošetřené kontrolní varianty) na  $6,574 \pm 0,788$ . Také u siláže s biologickým aditivem došlo k mírnému zvýšení, avšak nebylo statisticky průkazné. Míčková (2004) uvádí, že inokulanty podobného druhu zvyšují poměr kyseliny mléčné.

Obsah vzniklého etanolu byl výsoce průkazný. Zvýšil se z  $1,477 \pm 0,517$  g/kg suš. u neošetřené kontroly na  $3,426 \pm 0,225$  g/kg suš. u chemicky ošetřené siláže. Ukazuje se, že proti alkoholovému kvašení v kukuřičných silážích s větším preventivním efektem je aplikace biologického aditiva. Podobná zjištění publikovali Driehuis a Wikselar (1999).

## ZÁVĚR

V této diplomové práci byl hodnocen vliv silážních aditiv „Microsil extra plus“ a „Kemisile 2000 plus“ na kvalitu fermentačního procesu, následnou aerobní stabilitu kukuřičné siláže. Posouzen byl i vliv na kvalitu kvasného procesu. Správný průběh fermentačního procesu byl ovlivněn i volbou hybridu a sklizní při optimální sušině. Posouzením výsledků lze potvrdit pozitivní vliv biologického silážního inokulantu „Microsil extra plus“, obsahujícího homofermentativní i heterofermentativní kmeny bakterií mléčného kvašení, na usměrnění fermentačního procesu, kdy došlo ke zlepšení fermentačního procesu. Avšak v otázce aerobní stability nutno konstatovat lepší výsledky u siláží ošetřených chemickým aditivem „Kemisile 2000 plus“, které prokazatelně vykazuje vyšší obsah kyseliny octové, jenž má lepší inhibiční růstu kvasinek i plísní. Lepší aerobní stabilita byla prokázána u chemicky ošetřených siláží, nejen nižším počtem negativních aerobních mikroorganismů, ale i pomalejším záhřevem siláží vystavených působení vzduchu. Zároveň došlo k potvrzení souvislosti – že kvalitnější primární fermentace, nemusí souviset s lepší aerobní stabilitou. Lze říci, že biologický inokulant napomáhá ke zkvalitnění fermentačního procesu a zlepšuje výživovou hodnotu siláží, oproti chemickému aditivu. V podmínkách tohoto pokusu však nedokázal prodloužit dobu aerobní stability jako chemický prostředek.

**LITERATURA**

- DOLEŽAL, P.; DVOŘÁČEK, J.: *Aerobní stabilita siláží z krmivářského pohledu*. Krmivářství č. 1, 2000, s. 26-28.
- DRIEHUIS, F., VAN WIKSELAAR, P.G.: *The preventiv of alcoholic fermentation in high dry another grass silge*. In The XII<sup>th</sup> International Silage Conference, Uppsala, 1999, s. 133-134.
- JAKOBE, P. et al.: *Konzervace krmiv*. 1. vyd. Praha: SZN, 1987, 262 s.
- JAMBOR, V.: *Sekundární fermentace konzervovaných krmiv*. Krmivářství č. 1, 2001, s. 30-31.
- MÍČKOVÁ, M.: *Studium účinku aditiva Bonsilage na kvalitu fermentačního procesu a aerobní stabilitu siláží*. Diplomová práce MZLU v Brně, 2004
- PETŘÍK, M. et al.: *Krmivová základna*. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ v Praze. 1984, s. 322.
- POŠTULKA, R.: *Studium faktorů ovlivňujících kvalitu silážív podmínkách zemědělského podniku Otice, a.s.*. Diplomová práce MZLU v Brně, 2007.
- SCHMIDT, W.; WETTERAU, H. et al.: *Výroba siláže*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1974, 516 s.
- URIARTE, M.E., BOLSEN, K.K., BRENT, B.E.: *Aerobic deterioration of silage: A review*. In 10th International symposium "Forage conservation". Brno, 2001, s. 23 - 31.