

VLIV SMĚSI ORGANICKÝCH KYSELIN A MIKROBIÁLNÍHO INOKULANTU NA FERMENTAČNÍ PROCES LABORATORNÍCH SILÁŽÍ Z MAČKANÉHO VLHKÉHO ZRNA KUKUŘICE

V. Pyrochta, P. Doležal, J. Doležal

Received: March 31, 2003

Abstract

PYROCHTA, V., DOLEŽAL, P., DOLEŽAL, J.: *The effect of organic acid mixture and bacterial inoculant on fermentation in laboratory silos of climper high moisture maize grain corn*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 4, pp. 107-116

In the experiment, the effect of chemical (A) and biological (B) additiva on the fermentation quality of climper high moisture maize grain corn was examined, compared with the untreated control (K). The chemical means contained propionic, formic and benzoic acids and ammonium formate as effective substances. As effective substances of bacterial water-soluble inoculants, selected were bacterial strains of *Propionibacterium shermanii* JS and *Lactobacillus casei* LC-705. Both conservative preservatives were added equally to the ensilaged material. The addition of chemical additivum under conditions of our experiment increased statistically significantly ($P < 0.01$) the contents of acetic acid (7.66 ± 0.95 g/kg DM), ethanol (11.22 ± 0.65 g/kg DM) and pH values (4.33 ± 0.02) in experimental silages. Simultaneously, a statistically significant ($P < 0.01$) inhibition of lactic acid formation (15.17 ± 2.75 g/kg DM) and of total content of all fermentation acids (22.33 ± 2.38 g/kg DM) occurred. The bacterial inoculant increased significantly ($P < 0.05$) the content of lactic acid (26.78 ± 2.63 g/kg DM) and the total acid content (32.87 ± 2.88 g/kg DM) in inoculated silages. The inoculation positive effect was demonstrated highly significantly ($P < 0.01$) in reduction of ethanol amount (2.14 ± 0.40 g/kg DM) and of total acidification. The pH value (4.21 ± 0.02) was significantly lower ($P < 0.05$) than that in the control silage (4.24 ± 0.02). The fermentation characteristics in the inoculated silages by us were more favourable. The addition of organic acid mixture in the used concentration of 3.5 L/t did not confirm the positive effect on climper maize grain corn quality as expected.

moisture grain corn silage, fermentation, inoculant, silage quality, ethanol

Zemědělství v České republice prodělalo v posledních letech řadu strukturálních změn. V horských a podhorských oblastech došlo ve snaze zefektivnit živočišnou výrobu k rozšíření extenzivního chovu krav bez tržní produkce mléka. Početní stavy skotu v České republice zaznamenaly dramatické snížení z 1,2 mil. ks v roce 1989 na 460 tis. ks v roce 2004. I přes tyto

změny je nejen z fyziologického, ale zejména z ekonomického hlediska nezbytné, aby maximální potřeba živin v krmné dávce skotu byla uhrazena z kvalitních objemných krmiv, zejména siláží. I v současné době patří kvalitní kukuřičná siláž k hlavním glycidovým krmivům, jejíž kvalita a aerobní stabilita významným podílem ovlivňuje užitkovost a zdraví zvířat. Vedle

kukuřičných siláží je v současné době věnována zvýšená pozornost také konzervaci produktů z dělené sklizně kukuřice. Zvláště konzervace vlhkého kukuřičného zrna patří k velmi aktuálním technologiím (DIVIŠ, 2002).

Kvalita kukuřičné siláže je ovlivňována celou řadou faktorů, vedle klimatických podmínek, obsahu sušiny, odrůdy a vhodné agrotechniky pěstování, mají velký význam také technologicko-technické faktory. Nedojde-li k dokonalému utužení a vytěsnění vzduchu, může dojít k masivnímu rozvoji plísní a kvasinek (JAMBOR, 2001). Při technologické nekázni a tepelným poškozením tak může docházet k výrazným ztrátám energie a to až 3 % NEL za každý den (HONIG, 1984). Výrazná redukce fermentace u siláží LKS, která je i jednou z příčin zvýšené aerobní nestability zejména v letních měsících, způsobuje že, je tento systém postupně nahrazován technologií konzervace mačkaného, popř. hrubě šrotovaného vlhkého kukuřičného zrna. Podstata tohoto systému spočívá ve sklizení vlhkého zrna s následnou úpravou mačkáním, nebo hrubým šrotováním a v účinné konzervaci. Problematikou konzervace kukuřičného zrna se zabývala celá řada autorů (KUNG et al., 2004; TAYLOR a KUNG, 2002; SCHAEFER et al., 1989; MLYNÁR a RAJČÁKOVÁ, 2004; HOFFMAN a MUCK, 2004; FELLNER et al. 2001 a další). Pro ideální uskladnění mačkaného zrna považuje MIKYSKA (2002) technologii silážování do velkoobjemových vaků. Pro tuto konzervační technologii doporučuje používání chemických konzervačních prostředků aplikovaných v závislosti na obsahu sušiny v rozmezí 4–5 l.t⁻¹ silážované hmoty. Princip účinků chemických prostředků spočívá ve snížení hodnoty pH a v redukci nežádoucí epifytní mikroflóry a tvorby jejich produktů. PETERSON (1998) konstatuje, že přídavek kyseliny mravenčí snižuje hydrolýzu škrobu v batoru zvířat. MIKYSKA (2001) dále konstatuje, že složení konzervačních chemických prostředků je založeno na bázi organických kyselin, zejména mravenčí, propionové, benzoové a jejich amonných solí. Pro zdárný průběh kvasného procesu je vedle dodržení doporučeného obsahu vlhkosti (zpravidla 35–45%) nezbytné zajistit také plnou dávku přípravku. Šetření na dávce konzervačního přípravku se nedoporučuje, neboť se nedosáhne odpovídající kvality fermentačního procesu, resp. může naopak dojít následně ke zhoršení aerobní stability (DOLEŽAL, ZEMAN, DVOŘÁČEK, 2002). Naproti tomu HITZGER et al. (2003) popisují dva odlišné technologické postupy konzervace mačkaného kukuřičného zrna. V prvním případě doporučují vyšší dávku přípravku a to 5–8 l.t⁻¹ silážované hmoty, při které dochází k razantnímu (chemickému) a trvalému snížení pH. V druhém případě, kdy je aplikována snížená dávka (1–3 l.t⁻¹) silážované hmoty, nedochází k tak rychlému okyselení a inhibici tvorby

fermentačních produktů, a naopak jsou zde vytvořeny podmínky pro částečně redukováný průběh mikrobiálních fermentačních procesů v silážované biomase kukuřičného zrna. Současně dochází k potlačení růstu kvasinek (zejména působením kyseliny octové) a inhibici plísní (vliv působení kyseliny propionové).

Pro konzervaci mechanicky upraveného vlhkého kukuřičného zrna je možné použít také vhodné bakteriální inokulanty. Ty zpravidla obsahují vedle homofermentativních kmenů bakterií mléčného kvašení také kmeny heterofermentativní např., *L. buchneri*, *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermani* a další potřebné pro na posílení aerobní stability (DOLEŽAL, ZEMAN, DVOŘÁČEK, 2002; HARRISON et al., 1999; FILYA et al., 1999; MAYRHUBER et al., 1999 a další). Vliv inokulace silážovaného vlhkého zrna kukuřice na fermentační charakteristiky studovali také RUST a YOKOYAMA (1992), WARDYNSKI et al. (1993), KUNG et al. (2004) a další

Cílem této práce bylo posoudit vliv přídavku chemického a biologického aditiva na kvalitu fermentačního procesu mačkaného vlhkého kukuřičného zrna silážovaného v modelových podmínkách.

MATERIÁL A METODIKA

V modelovém pokusu bylo použito vlhké mačkané kukuřičné zrno hybridu Romario, které bylo upravené na stroji MURSKA 1400S 2x2. Zrno kukuřice bylo sklizeno kombajnem ve stadiu těstovité zralosti při průměrném obsahu sušiny 609,9 g.kg⁻¹. V pokusu byly vytvořeny tři skupiny (neošetřená kontrola – K jako negativní kontrola, varianta chemicky ošetřená – A a siláž inokulovaná – B). Ošetření mačkaného zrna kukuřice bylo v obou pokusných variantách homogenní. Chemický přípravek na bázi organických kyselin (kyselina mravenčí, propionová, benzoová a mravenčan amonný) byl sprejově aplikován v množství 3,5 l.t⁻¹ zrna. Pro inokulaci mačkaného zrna jsme použili bakteriální inokulant, jehož účinnou látkou byly vybrané bakteriální kmeny ve složení *Propionibacterium shermanii* JS, *Lactobacillus casei* LC-705. Aplikáční dávka vodorozpustného inokulantu byla v přepočtu 20 g.15t⁻¹. Kukuřičné zrno bylo v laboratořích Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity zasilážováno do 50 l hliníkových nádob ve třech opakováních. Do každé pokusné nádoby bylo udušáno 40 kg kukuřičného zrna. Pokusné kvasné nádoby byly anaerobně uzavřeny víkem a uskladněny v místnosti při teplotě 20–25 °C. Po 180 dnech byly nádoby otevřeny, odebrány reprezentativní vzorky (6) z každé varianty na analytické posouzení fermentačního procesu.

Analytické metody:

Obsah sušiny byl stanoven vysušením při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Analytické postupy

včetně přípravy vodného výluhu byly popsány v naší dřívější práci (DOLEŽAL, 2002). Vzorky byly analyzovány na obsah těkavých mastných kyselin, kyseliny mléčné, amoniaku, hodnoty pH, titrační kyselost. Obsah alkoholu byl stanoven metodou popsanou HARTMANEM (1974). Výpočet obsahu metabolizovatelné energie mačkaného zrna kukuřice byl proveden pomocí regresních rovnic podle SOMMERA et al. (1994).

Výsledky byly statisticky zpracovány metodou jednofaktorové analýzy variance podle SNEDOCORA a COCHRANA (1969).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Silážované vlhké crimpované zrno kukuřice obsahovalo při konzervaci průměrný obsah sušiny 60,99 %. V 1 kg sušiny bylo obsaženo 109, 13 g NL, 48, 89 g tuku, 982,7 g/kg organické hmoty, 675 g škrobu a 14 427 MJ metabolizovatelné energie.

Charakteristiky fermentačního procesu modelových siláží jsou uvedeny v tab. I–IV a grafech 1–3. Z výsledků analýz jednotlivých ukazatelů fermentačního procesu vyplynulo, že mezi jednotlivými variantami modelových siláží existují významné rozdíly již v úrovni jednotlivých fermentačních charakteristik. Z výsledků fermentačního procesu kontrolní siláže mačkaného kukuřičného zrna (tab. I) je zřejmé, že obsah sušiny ($60,34 \pm 0,09$ %) je v souladu s průměrnými hodnotami publikovanými i jinými autory (DOLEŽAL, ZEMAN, DVOŘÁČEK, 2002; PAJTÁŠ, BÍRO et al., 2004). Hodnota pH ($4,24 \pm 0,019$) a KVV $1163,67 \pm 47,79$ mg KOH je vyšší než jak uvádějí (DOLEŽAL, ZEMAN, 2002). Domníváme se, že je to způsobeno celkovým množstvím kvasných kyselin, které je poměrně nízké $28,83 \pm 2,74$ g/kg sušiny. Kyselina mléčná ($23,42 \pm 1,93$ g/kg sušiny) tvoří 81,23 % ze sumy kyselin, zatímco kyselina octová představuje pouze 18,76% podíl, což odpovídá $5,41 \pm 0,83$ g/kg sušiny. Poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové ($4,38 \pm 0,34$) odpovídá dříve JAMBOREM (2001) publikovaným údajům, který zjistil poměr 4,1. Množství etanolu ($3,37 \pm 0,33$ g/kg sušiny) je nižší (7,8 g/kg sušiny) než jak uvádí JAMBOR (2001). Teoretický předpoklad vyšší tvorby etanolu v neošetřené kontrolní siláži tak nebyl potvrzen. Obsah čpavku je ve všech variantách v rozmezí 378,33–386,67 g/kg sušiny. Také množství amoniaku a etanolu v modelové kontrolní siláži mačkaného zrna kukuřice je v souladu s výsledky jiných autorů (PAJTÁŠ, BÍRO et al., 2004; BÍRO, JURÁČEK et al., 2004).

Vliv přidavku chemického aditiva v dávce 3,5 l.t⁻¹ mačkaného vlhkého kukuřičného zrna na hodnoty fermentačního procesu jsou uvedeny v tab. II. Sušina ($58,69 \pm 0,35$ %) je nižší než u kontrolní neošetřené varianty a než konstatuje MIKYSKA (2001). Hodnota pH ($4,33 \pm 0,023$) je oproti teoretickému očeká-

vání v porovnání s ostatními variantami siláží vyšší, resp. nejvyšší. Rovněž množství etanolu je oproti očekávání vysoké ($11,22 \pm 0,65$ g/kg sušiny). Je zřejmé, že použitá koncentrace chemického přípravku (směsi organických kyselin), která se pohybovala na samé spodní hranici doporučeného rozmezí, zřejmě nezajistila dostatečné okyselení a antimikrobiální efekt. Tyto hodnoty se neshodují s výsledky PAJTÁŠE a BÍRA (2004), kteří uvádějí jako doporučenou hodnotu u pH 3,98. Množství etanolu v těchto modelových silážích bylo v důsledku potlačení tvorby všech kyselin, zejména kyseliny mléčné ($15,17 \pm 2,75$ g/kg sušiny), velmi zvýšené. Zvýšený obsah byl diagnostikován také u kyseliny octové. To nasvědčuje hypotéze, že vlivem suboptimální aplikace chemického přípravku mohlo dojít k potlačení homofermentativních bakterií mléčného kvašení, resp. stimulaci heterofermentativních bakterií mléčného kvašení. Ty pak produkují vedle kyseliny mléčné i kyselinu octovou a etanol a zároveň mohou způsobit degradaci již vytvořené kyseliny mléčné na výše uvedené produkty. Vznik alkoholu jako minoritního fermentačního produktu v silážích je spojován s faktorem vyššího obsahu sušiny silážované hmoty a současně signalizuje, že vlastní mléčné kvašení bylo omezené (DRIEHUIS et al., 1999). Regresní vztah mezi obsahem kyseliny mléčné a obsahem etanolu u jednotlivých variant siláží kukuřičného zrna je zřejmý rovněž v grafu 2. Tuto hypotézu podporuje také poměr kyseliny mléčné k octové ($2,15 \pm 0,526$). Prevence proti alkoholovému kvašení spatřují DRIEHUIS et al. (1999) v omezení činnosti enterobakterií a ve stimulaci fermentačního procesu formou inokulace. Naproti tomu jiní autoři (SEIJA et al., 1999; UNO et al., 1999; CHRI et al., 1999 aj.) zjistili redukci tvorby alkoholu, ale i fermentačních kyselin včetně kyseliny mléčné, při aplikaci chemických konzervačních prostředků na bázi organických kyselin. Také JURÁČEK (2002) uvádí klesající množství alkoholu při použití mikrobiálních či chemických silážních aditiv.

Kvasinky a plísně jsou zpravidla chemickým přípravkem inhibovány a mají tudíž menší podíl vlivu na tvorbu alkoholu. KALÁČ a PIVNIČKOVÁ (1987) uvádějí vyšší obsah alkoholu v silážích v rozmezí 16,65–59,09 g/kg sušiny. V kukuřičných silážích toto zvýšené množství bývá často spojováno se zbytky neprokvašených sacharidů.

Kvalita fermentace mačkaného vlhkého kukuřičného zrna ošetřeného bakteriálním inokulantem je uvedena v tab. III. Inokulované siláže měly nižší obsah sušiny ($59,94 \pm 0,18$ %) ve srovnání s kontrolní siláží. Hodnota pH ($4,21 \pm 0,016$) je nejnižší ze všech laboratorních siláží. Poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové je téměř shodný s kontrolní variantou. Obsah kyseliny mléčné ($26,78 \pm 2,63$ g/kg sušiny) koresponduje se zjištěním JAMBORA (2001), WARDYNSKI

et al. (1993). Současné byla v inokulované siláži kukuřičného zrna zjištěna silná redukce tvorby alkoholu (pouze $2,14 \pm 400$ g/kg sušiny), což je v souladu se dřívějším zjištěním řady autorů. Vlastní průběh fermentace byl příznivě stimulován přidavkem mikrobiálního aditiva, který urychlil homofermentativní kvašení a tím zároveň potlačil nežádoucí etanolové kvašení. Byl potvrzen negativní korelační vztah mezi tvorbou kyseliny mléčné a alkoholem v ošetřených silážích (graf 2 a 3).

Statistické vyhodnocení rozdílů mezi průměry sledovaných ukazatelů všech skupin siláží dokumentuje tabulka IV. Z uvedených výsledků je zřejmé, že obsah sušiny byl průkazně ($P < 0,01$) nejnížší u siláží s přidavkem chemického aditiva (A) a statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) byly mezi kontrolní a inokulovanou siláží (B). Siláže ošetřené chemickým aditivem měly naopak průkazně ($P < 0,01$) nejvyšší hodnotu pH ve srovnání s kontrolní a inokulovanou siláží, které navzájem měly průkazně ($P < 0,05$) rozdílnou hodnotu. Také z grafu 1, kde je vyjádřena závislost vztahu mezi obsahem kyseliny mléčné a pH, je zřejmé, že s rostoucí hodnotou pH klesá obsah kyseliny mléčné. Hodnota KVV byla průkazně rozdílná ($P < 0,05$) mezi kontrolní a chemicky ošetřenou siláží. Obsah kyseliny mléčné byl nejvíce a vysoce průkazně redukován ($P < 0,01$) při použití chemického aditiva (A). Toto konstatování je v souladu s řadou dřívějších zjištění a poukazuje na skutečnost, že při použití

silážních inhibičních aditiv dochází současně i k redukci mléčného kvašení. Průkazný rozdíl ($P < 0,05$) byl nalezen mezi kontrolní a inokulovanou siláží, ve které byl analyzován vyšší obsah laktátu. Přídavek chemického aditiva v podmínkách tohoto pokusu nevedl ani k redukci kyseliny octové v siláži. Oproti očekávání měla tato siláž vysoce průkazně ($P < 0,01$) nejvyšší množství kyseliny octové. Také celkové množství kyselin bylo průkazně ($P < 0,01$) nejnížší u siláží ošetřených chemickým přípravkem. Současně průkazně ($P < 0,05$) nižší obsah celkových kvasných kyselin mezi kontrolou a inokulovanými silážemi byl zjištěn u kontrolní siláže. Poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové byl průkazně ($P < 0,01$) nejnížší u siláže s chemickým přípravkem. Rozdíly v obsahu etanolu byly vysoce průkazné ($P < 0,01$) mezi všemi variantami siláží. Statisticky nejnížší obsah etanolu byl nalezen v inokulovaných silážích, zatímco největší obsah byl v silážích s přidavkem směsi organických kyselin. Obsah alkoholu v této siláži byl poněkud vyšší, než publikoval JURÁČEK (2002). Obsah alkoholu v námi inokulovaných silážích nekoresponduje se zjištěním WARDYNSKI et al. (1993), kteří zjistili statisticky významně vyšší ($P < 0,05$) obsah alkoholu v pokusných silážích ve srovnání s neošetřenou kontrolou. V obsahu amoniaku nebyl nalezen žádný průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami silážového mačkaného kukuřičného zrna.

I: Stanovení ukazatelů kvality fermentačního procesu neošetřené kontrolní varianty (K) mačkaného vlhkého kukuřičného zrna

	Sušina %	pH	KVV mg KOH	KM g/kg sušiny	KO g/kg sušiny	Σ kyselin g/kg sušiny	KM/KO	Etanol g/kg sušiny	NH ₃ g/kg sušiny
Průměr	60,34	4,24	1163,67	23,42	5,41	28,83	4,38	3,37	385,00
S _x	$\pm 0,0937$	$\pm 0,0189$	$\pm 47,7858$	$\pm 1,9282$	$\pm 0,8291$	$\pm 2,7359$	$\pm 0,3402$	$\pm 0,3271$	$\pm 13,8444$
V _k	0,1553	0,4451	4,1065	8,2330	15,3211	9,4892	7,7726	9,7065	3,5959

KM: kyselina mléčná, KO: kyselina octová, Σ kyselin: suma kyselin, KM/KO: poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové, NH₃–amoniak

II: Stanovení ukazatelů kvality fermentačního procesu mačkaného vlhkého kukuřičného zrna ošetřeného chemickým silážním přípravkem (A) v dávce $3,5 \text{ l.t}^{-1}$

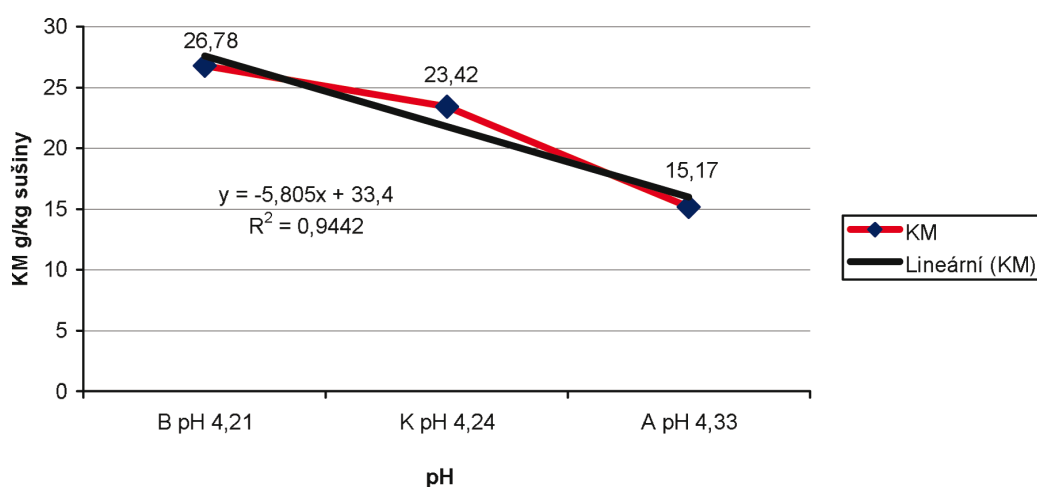
	Sušina %	pH	KVV mg KOH	KM g/kg sušiny	KO g/kg sušiny	Σ kyselin g/kg sušiny	KM/KO	Etanol g/kg sušiny	NH ₃ g/kg sušiny
Průměr	58,69	4,33	1231,60	15,17	7,66	22,33	2,15	11,22	378,33
S _x	$\pm 0,3467$	$\pm 0,0229$	$\pm 47,4696$	$\pm 2,7531$	$\pm 0,9503$	$\pm 2,3811$	$\pm 0,5257$	$\pm 0,6461$	$\pm 31,8416$
V _k	0,5907	0,5282	3,8543	18,1446	12,4111	10,6634	24,4500	5,7596	8,4163

KM: kyselina mléčná, KO: kyselina octová, Σ kyselin: suma kyselin, KM/KO: poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové, NH₃–amoniak

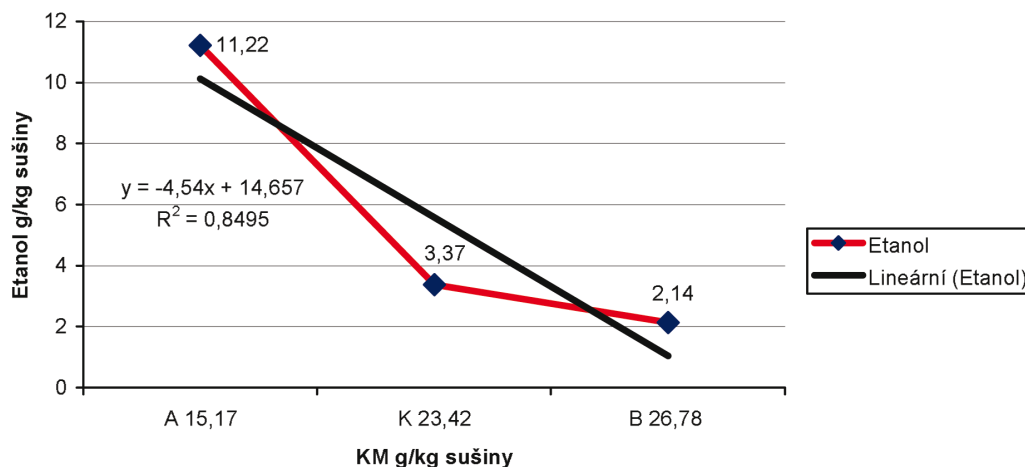
III: Stanovení ukazatelů kvality fermentačního procesu mačkaného vlhkého kukuřičného zrna ošetřeného mikrobiálním inokulantem (B) v dávce 1,33 g t⁻¹)

	Sušina %	pH	KVV mg KOH	KM g/kg sušiny	KO g/kg sušiny	Σ kyselin g/kg sušiny	KM/KO	Etanol g/kg sušiny	NH ₃ g/kg sušiny
Průměr	59,94	4,21	1202,32	26,78	6,09	32,87	4,40	2,14	386,67
S _x	±0,1825	±0,0161	±52,8397	±2,6322	±0,3914	±2,8767	±0,3478	±0,4001	±20,5480
V _k	0,3044	0,3822	4,3948	9,8290	6,4249	8,7514	7,9113	18,6658	5,3142

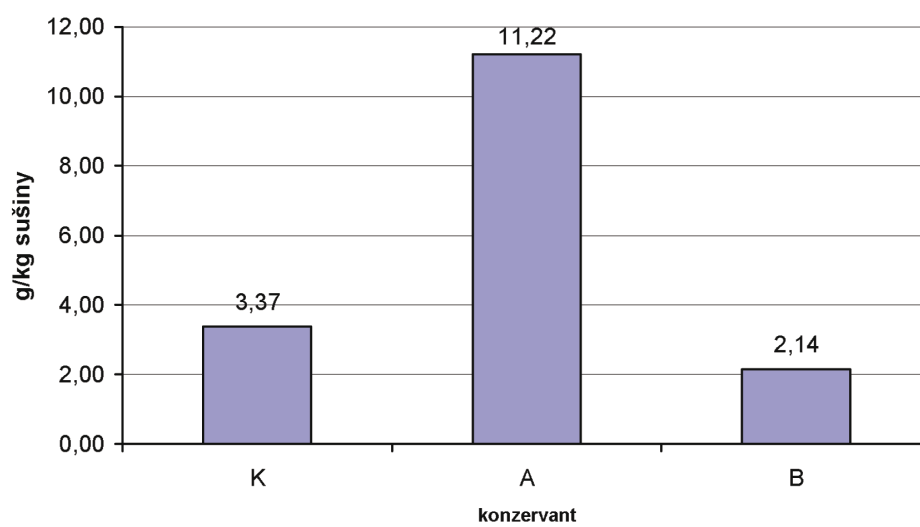
KM: kyselina mléčná, KO: kyselina octová, Σ kyselin: suma kyselin, KM/KO: poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové, NH₃–amoniak



1: Vztah mezi hodnotou pH a obsahem kyseliny mléčné



2: Vztah mezi obsahem kyseliny mléčné a množstvím etanolu



3: Vliv silážního aditiva na množství etanolu

IV: Statistické vyhodnocení fermentačního procesu mačkaného vlhkého kukuričného zrna

Variant	Sušina %	pH	KVV mg KOH	KM g/kg sušiny	KO g/kg sušiny	Σ kyselin	KM/KO	Etanol g/kg sušiny	NH ₃ g/kg sušiny
K	60,34	4,24	1163,67	23,42	5,41	28,83	4,38	3,37	385
	±0,0937	±0,0189	±47,7858	±1,9282	±0,8291	±2,7359	±0,3402	±0,3271	±13,8444
A	58,69	4,33	1231,6	15,17	7,66	22,33	2,15	11,22	378,33
	±0,3467	±0,0229	±47,4696	±2,7531	±0,9503	±2,3811	±0,5257	±0,6461	±31,8416
B	59,94	4,21	1202,32	26,78	6,09	32,87	4,4	2,14	386,67
	±0,1825	±0,0161	±52,8397	±2,6322	±0,3914	±2,8767	±0,3478	±0,4001	±20,5480

KM: kyselina mléčná, KO: kyselina octová, Σ kyselin: suma kyselin, KM/KO: poměr kyselin mléčné ke kyselině octové, NH₃–amoniak
Hodnoty označené velkými písmeny A, B, C, jsou odlišné (P<0,01), hodnoty označené malými písmeny a, b, c, jsou odlišné (P<0,05)

SUMMARY

In the experiment with climper high moisture maize grain corn, the conservative effect of chemical and biological additives on the fermentation process quality of model silages was examined, and compared with the control untreated silage. The chemical means based on organic acid mixture was applied homogeneously in dose of 3.5 L/t. The water-soluble inoculant (B) contained *Propionibacterium shermanii* JS and *Lactobacillus casei* LC-705 as effective components. They were applied in the dose of 20 g/15 t ensilaged material. At conservation with the chemical means, a statistically significant ($P < 0.01$) decrease of lactic acid formation from 23.42 ± 1.93 g/kg DM of control silage to 15.17 ± 2.75 g/kg DM and reduction of the total fermentation acid content in silages occurred. Simultaneously, the highest amounts of acetic acid (7.66 ± 0.95 g/kg DM) and ethanol content (11.22 ± 0.65 g/kg DM) were analysed significantly ($P < 0.01$). The chemical preservative concentrations used under conditions of this experiment (3.5 L/t) did not inhibit sufficiently the undesired microflora, and the final conservation was caused evidently only by intense decrease of pH value. In the inoculated silages, the positive effect on fermentation occurred, which was demonstrated by significant ($P < 0.05$) increase of the lactic acid content, up to 3.36 g/kg DM, and of all fermentation acids, and simultaneously by significant acidification (pH value 4.21 ± 0.02) and reduction of ethanol content by 36.5 % in silages. The ammonium content in model silages was not affected significantly by conservative treatment at all.

SOUHRN

V pokusu s mačkaným vlhkým zrnem kukuřice byl sledován konzervační efekt chemického a biologického aditiva na kvalitu fermentačního procesu modelových siláží a porovnán s neošetřenou kontrolní siláží. Chemický prostředek (A) na bázi směsi organických kyselin byl homogenně aplikován v dávce 3,5 l·t⁻¹. Vodorozpustný inokulant (B) obsahoval jako účinnou složku *Propionibacterium shermanii* JS a *Lactobacillus casei* LC-705) byl aplikován v dávce 20 g/15 t silážovaného materiálu. Při konzervaci chemickým prostředkem došlo ke statisticky významnému ($P < 0,01$) snížení tvorby kyseliny mléčné (z 23,42 g/kg sušiny u kontroly na 15,17 g/kg sušiny) a celkového obsahu fermentačních kyselin v silážích. Současně byl v podmínkách pokusu analyzován průkazně ($P < 0,01$) nejvyšší množství kyseliny octové a etanolu. Použitá koncentrace chemického přípravku podmínkách tohoto poklusu nedostatečně inhibovala nežádoucí mikroflóru a výsledná konzervace byla zřejmě způsobena pouze razantním snížením pH. V inokulovaných silážích došlo k pozitivnímu ovlivnění fermentace, které se projevilo statisticky významným ($P < 0,05$) zvýšením obsahu kyseliny mléčné až o 3,36 g/kg sušiny a všech kvasných kyselin a současně výraznou acidifikací a redukcí etanolu v silážích o 36,5 %. Obsah amoniaku v modelových silážích nebyl konzervačním zásahem nikterak významně ovlivněn.

mačkané zrno kukuřice, kvalita fermentace, chemický přípravek, bakteriální inokulant, etanol

Příspěvek vznikl za podpory řešení Výzkumného záměru MSM 432100001.

LITERATURA

- BÍRO, D., JURÁČEK, M., PAJTÁŠ, M. et al.: Kvalitativné parametre konzervovaného celého vlhkého zrna. Dni výživy a veterinárnej dietetiky „VI“, 7. – 8. September 2004, Košice.
- DIVIŠ, J.: Silážní kukuřice – zdroj levné energie. Krmivářství č. 1, 2002, s. 21-22.
- DOLEŽAL, P., ZEMAN, L., DVOŘÁČEK, J.: Konzervace kukuřice nejen z technologického pohledu. Krmivářství č. 1, 2002, s. 28-33.
- DOLEŽAL, P.: Vliv přídatku *Lactobacillus plantarum* DSM 12771 na kvalitu siláží silně zavadlé voj-těšky a trávy (Effect of supplements of *Lactobacillus plantarum* DSM 12771 on the quality of ensiled alfalfa and grass with a high content of dry matter). *Acta univ. agric. et silvic. Mend. Brun.*, 2002, 5, s. 37-44.
- DRIEHUIS, F., VAN WIKSELAAR, P. G.: The prevention of alcoholic fermentation in high dry matter grass silage. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 133-134.
- FELLER, V., PHILLIP, L. E., SEBASTIAN, S., IDZIAK, E. S.,: Effects of bacterial inoculant and propionic acid on preservation of high-moisture ear

- corn, and on rumen fermentation, digestion and growth performance of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 2001, 81, s. 273-280.
- FILYA, I., ASHBELL, G., WEINBERG, Z. G., HEN, Y.: The effect of applying lactic acid bacterial inoculants at ensiling on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 268-269.
- HARRISON, S., PHIPPS, R. H., SEALE, D., OWEN, E.: An evaluation of newly selected bacterial strains as additives for maize silage. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 139-140.
- HARTMAN, M. (1974): Stanovení neutrálních těkavých látek v silážích a senážích plynovou chromatografií. *Živočišná výroba*, č. 4, s. 209-216.
- HITZGER, J., SKŘIVÁNEK, M., et al.: Kvalitní konzervovaná krmiva: Základ efektivní produkce mléka a masa. Brno, PV agenci, 2003, s. 80-81.
- HOFFMAN, P., MUCK, R.: Inoculating high moisture corn. 2004 (cit. 2004-14-06) <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/InoculatingHMC.htm>
- HONIG, H.: Air infusion system Völkenrode. In Collection of Methods. Institut für Grünland und Futterpflanzenforschung der FAL Braunschweig, 1984, 4 s.
- JAKOBE, P. et al.: Konzervace krmiv. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987, s. 264.
- JAMBOR, V.: The effect of biological additives on fermentation process and aerobic stability of high dry matter maize and ears silages. In: The Xth International Symposium Forage Conservation, Brno, 2001, s. 118-119.
- CHRI, R., LINGVALL, P., THYLIN, I.: Combinations of biological and chemical silage additives. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 327-328.
- JURÁČEK, M.: Kvalita biologicky ošetřených kombinovaných kukurično-čirokových siláží. Dni výživy zvířat, Nitra, 2002, 19–20. september, s. 126-129.
- KALACH, P., PIVNIČKOVÁ, L.: Posouzení výskytu nižších alkoholů v silážích a senážích. *Živočišná výroba*, 1987, 32, (LX), 7, s. 641-645
- KUNG, L. jr., MYERS, C. L., NEYLON, J. M. et al.: The effects of buffered propionic acid-based additives alone or combined with microbial inoculation on the fermentation of high moisture corn and whole-crop barley. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(5):1310-1316.
- MAYRHUBER, E., HOLZER, M., DANNER, H. et al.: Comparison of homofermentative and heterofermentative *Lactobacillus* strains as silage inoculum to improve aerobic stability. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 276-277.
- MIKYSKA, F.: The ensilage of wet pressed grain, pea and maize grain by chemical preservation. In: The Xth International Symposium Forage Conservation, Brno, 2001, s. 180-181.
- MIKYSKA, F.: Změny v osevním postupu při silážování vlhkého mačkaného zrna kukuřice. *Krmivářství* č. 5, 2002, s. 37.
- MLYNÁR, R., RAJČÁKOVÁ, L.: Konzervácia miaganého vlhkého kukuričného zrna organickými kyselinami. *Proteiny 2004*, Brno MZLU, 2004, s. 212-215.
- PAJÁŠ, M., BÍRO, D., ŠIMKO, M., JURÁČEK, K.: Výživný hodnota silážovaného vlhkého miaganého kukuričného zrna. Dni výživy a veterinárnej dietiky „VI“, 7. – 8. september 2004, Košice, s.
- PETERSON, T.: Ensiled rolled barley grain to cattle—from harvest to milk and beef. *Acta-Universitatis-Agriculturae-Sueciae-Agraria*. 1998, (87): 73.
- RUST, S. R., YOKOYAMA, M. T.: Fermentation characteristics associated with aerobic instability of high-moisture corn. *Journal of Production Agriculture*, 1992, 5 (4):454-457.
- SEIJA, J., TOIVONEN, V., HUHTANEN, P.: Effects of nitrogen fertilisation of grass on fermentation in untreated and formic acid treated silage. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 164-165.
- SCHAFER, D. M., BROTZ, P. G., ARP, S. C., COOK, D. K.: Inoculation of corn silage and high-moisture corn with lactic acid bacteria and its effects on the subsequent fermentations and on feedlot performance of beef steers. *Animal Feed Science and Technology*, 1989, 25 (1–2):23-38.
- SNEDECOR, G. W., COCHRAN, W. G.: Statistical Methods, 1967, 6th ed., Iowa. Iowa State University Press, 579 pp.
- SOMMER, A., ČEREŠŇÁKOVÁ, Z., FRYDRYCH, Z. et al. (1994): Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. Česká akademie zemědělských věd, Komise výživy hospodářských zvířat. Pohořelice: 196 s.
- TAYLOR, C. C., KUNG, L., Jr.: The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85 (6):1526-1532.
- UNO, T., LÄTTEMÄE, P., SARAND, R. J.: Influence of AIV-2000 treated red clover grass silage on feed intake and milk yield. In Conference Proceedings, The XIIth International Silage Conference, Uppsala Sweden, July 5–7, 1999, 211-212.
- WARDYNSKI, F. A., RUST, S. R., YOKOYAMA, M. T.: Effect of microbial inoculation of high moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability, and cattle performance. *Journal of Animal Science*, 1993, 71 (8): 2246-2252.

Adresa

Ing. Václav Pyrochta, Doc. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc., Ing. Jan Doležal, Ústav výživy zvířat a pícninářství,
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika