

VLIV PŘÍDAVKU BAKTERIÁLNÍHO INOKULANTU NA FERMENTAČNÍ PROCES LABORATORNÍCH SILÁŽÍ Z POŠROTOVANÝCH OLISTĚNÝCH PALIC KUKUŘICE

P. Doležal, D. Kořínek, J. Doležal, V. Pyrochta

Došlo: 24. března 2005

Abstract

DOLEŽAL, P., KORÍNEK, D., DOLEŽAL, J., PYROCHTA, V.: *The effect of bacterial inoculant supplementation on the fermentation process of crushed maize ears in laboratory silos*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 4, pp. 33-42

In the experiment was the effect of biological additive on the fermentation quality of crushed maize ears of two hybrids by comparing with the untreated control. The bacterial inoculant „A“ contained selected bacterial strains of *Lactobacillus rhamnosus* (NCIMB 30121) and *Enterococcus faecium* (NCIMB 30122). As effective substances of bacterial water-soluble inoculant „B“ were selected bacterial strains of *Lactobacillus rhamnosus* (NCIMB 30121), *Lactobacillus plantarum* (DSM 12836), *Lactobacillus brevis* (DSM 12835), *Lactobacillus buchneri* (DSM 12856), *Pediococcus acidilactici* (*P. pentosaceus*) (DSM 12834). The addition of inoculant „A“ in our experiment conditions increased statistically significantly ($P < 0.01$) the pH value (4.09 ± 0.01), resp. 4.02 ± 0.02 in second trial with *Pedro* hybrid. The bacterial inoculant „B“ increased significantly ($P < 0.01$) the contents of lactic acid ($50.95 \pm 0.1.87$ g/kg DM), acetic acid (18.61 ± 0.34 g/kg DM), sum of acids (69.55 ± 1.62 g/kg DM) and decreased ($P < 0.01$) in the first trial the ethanol content (5.41 ± 0.45 g/kg DM). The highest DM content ($P < 0.01$) was in all experimental inoculated silages with additive „A“ ($54.26 \pm 0.86\%$, and $53.56 \pm 0.54\%$, resp.). The bacterial inoculant „A“ increased significantly ($P < 0.01$) in comparison with control silage in the second trial the content of lactic acid (34.66 ± 2.81 g/kg DM), sum of acids (44.68 ± 3.54 g/kg DM), the total acids content (32.87 ± 2.88 g/kg DM), and ethanol content (17.33 ± 0.79 g/kg DM). The inoculation positive effect was demonstrated in reduction of ethanol amount and of total acid production. The pH value of inoculated silages was not significantly lower than that in the control silage.

crushed maize ears, moisture grain corn, fermentation, microbial inoculant, silage quality, silage making

Kukuřice je významná glycidová plodina, která za příznivých povětrnostních podmínek poskytuje nejvyšší výnosy živin a energie z ha plochy ze všech u nás běžně pěstovaných píce. Vedle kukuřičných siláží z celých rostlin je v současné době věnována zvýšená pozornost také konzervaci produktů z dělené sklizně kukuřice, zvláště konzervaci mechanicky upravených olistěných palic (LKS) a vlhkého kukuřičného zrna (DIVÍŠ, 2002). V provozních podmínkách lze dosáhnout bez velkých problémů hektarových vý-

nosů 15–16 t původní hmoty, tedy více než 9–10 tun sušiny. DOLEŽAL a VYROUBAL (1998) konstatují, že z celkového obsahu živin v sušině rostliny kukuřice bývá v drti palic koncentrováno více než 73 % dusíkatých látek, 84 % tuku, 75 % bezdusíkatých látek výtahových a jen 38 % vlákniny a 32 % popelovin. Krmná hodnota LKS kukuřice je vysoká a je charakteristická vysokou koncentrací energie (vyšší než 7,5–8 MJ NEL/kg sušiny), nízkým obsahem vlákniny (10–11 %), který dává krmivu předpoklad vysoké

stravitelnosti. Z hlediska příznivého průběhu kvasného procesu doporučují ŠUK et al. (1998) sklízet silážní kukuřici metodou LKS tak, aby sušina silážované drtě palic byla v rozmezí 45–60 % (s optimem 50–55 %), hmotnostní podíl palic z celé rostliny byl větší než 50 %, podíl vřetena v palici byl menší než 15 % a sušina zrna by měla být cca 65 %. Také z nutričního pohledu a obsahu ADF i hrubé vlákniny se jeví jako neoptimálnější obsah sušiny 50 %. S rostoucím obsahem sušiny má vzestupnou tendenci také obsah ADF (15–23 %) a vláknina. Zdá se, že obsah ligninu zcela nekoresponduje s obsahem sušiny, ale pravděpodobně s různým podílem vřeten a listenů v palici. Siláže LKS kukuřice mají charakter produkčního krmiva (EKINCI a BRODERICK, 1997). Horní limit dokonalého pořežení a pošrotování je 95% výskyt částic menších než 2 mm (ŠUK et al., 1998).

Určení vhodného termínu sklizně kukuřice pro tuto technologii je často velmi obtížné, neboť vodorozpustné sacharidy jsou zastoupeny podle JAMBORA (1998) v zrně jen v malém množství (3–4 %), zatímco v listenech je uloženo až 12 % sacharidů. Silážovatelnost mechanicky upravených palic kukuřice tak nejvíce ovlivňuje vedle obsahu sušiny, především obsah vodorozpustných sacharidů v listenech a obsah škrobu v zrnech. Výrazná redukce fermentace u siláží LKS, která je i jednou z příčin zvýšené aerobní nestability zejména v letních měsících, vyžaduje volbu účinného konzervačního aditiva. Mnohá sledování dokládají, že přirozený výskyt bakterií mléčného kvašení na těchto krmivech nepostačuje pro optimální silážní proces (MATHIES, 2002; FELLNER et al., 2001; PHILLIP a FELLNER, 1992), a proto je nutné silážovanou hmotu inokulovat. Pro konzervaci mechanicky upravených olistěných palic kukuřice je možné použít také vhodné bakteriální inokulanty. Ty zpravidla obsahují vedle homofermentativních kmenů bakterií mléčného kvašení také kmeny heterofermentativní, např. *Lactobacillus buchneri*, *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermani* a další potřebné na posílení aerobní stability (DOLEŽAL, ZEMAN, DVOŘÁČEK, 2002; FITYA et al., 1999; HARRISON et al., 1999; MAYRHUBER et al., 1999 a další). Vybrané kmeny bakterií mléčného kvašení se musejí vyznačovat velmi dobrým a rychlým růstem, vysokou osmotickou tolerancí a dostatečnou aktivitou i při nízké hodnotě pH (MATHIES, 2002). Účinek vybraných homofermentativních a heterofermentativních kmenů bakterií mléčného kvašení zastoupených v inokulantu *Bonsilage Plus* (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus pentosaceus* (*acidilactici*)) spočívá zejména v rychlém omezení nežádoucích mikroorganismů a snížení bakteriálního odbourávání živin (KOŘÍNEK, 2000). Vlastní fermentační proces drtě olistěných palic kukuřice je

ve svém průběhu i v množství fermentačních produktů vzhledem k chemickému složení a obsahu sušiny odlišný od celé rostliny kukuřice. Nedochází totiž k intenzivnímu mléčnému kvašení, neboť obsah vodorozpustných sacharidů je menší. Vysoký obsah škrobu a sušiny způsobuje, že fermentace má zpravidla omezený rozsah s celkovou produkcí kyselin v sušině od 2–5 %, včetně kyseliny mléčné (KM). Z těkavých mastných kyselin je ve vyšším množství produkována kyselina octová (KO), takže vzájemný poměr KM/KO bývá zpravidla vždy menší než 1, resp. 2. Všeobecně vykazují siláže LKS v důsledku vyššího obsahu sušiny, také vyšší hodnotu pH. Siláže LKS vykazují vzhledem k redukované fermentaci často nedostatečnou hladinu konzervující kyseliny mléčné a jsou tím i méně resistantní vůči následnému aerobnímu kažení. Také JOBIM et al. (1999) konstatují, že samotné LKS siláže kukuřice se vyznačují po otevření sila větším výskytem plísní, kvasinek a enterobakterií, které zvyšují citlivost siláže k aerobnímu kažení.

Problematickou konzervace mechanicky upravených kukuřičných olistěných palic se zabývala celá řada autorů (SEBASTIAN et al., 1996; JOBIM et al., 1997; JAMBOR, 2001; WILHELM, H., WURM, 1999; ŠUK et al., 1998; DOLEŽAL a DVOŘÁČEK, 1999; HOFFMAN a MUCK, 2004; FELLNER et al. 2001 a další). Rizika spojená s výrobou a využitím LKS kukuřice mohou vzniknout při nedodržení technologických a agrotechnických požadavků, zejména nesprávným termínem sklizně, při vyšším obsahu sušiny, vyšším podílem škrobu, nebo při rizikově vysoké kolonizaci mikroskopickými houbami a vysokou tendencí tepelného poškození. Negativnímu vlivu aerobní degradace LKS siláže nelze zcela zabránit. Je nutno však zmírnit její rozsah, např. aplikací účinného silážního aditiva, způsobem odběru, teplotou prostředí a podobně. Je prokázáno, že rychlost a intenzita aerobních rozkladných procesů závisí zejména na čase a teplotě. Tento průběh změn je u LKS siláží podstatně rychlejší než u siláží z celých rostlin kukuřice.

Cílem této práce bylo posoudit vliv přídatku dvou bakteriálních inokulantů na kvalitu fermentačního procesu u dvou kukuřičných hybridů, sklizených metodou dělené sklizně (LKS) a silážovaných v modelových podmínkách.

MATERIÁL A METODIKA

V modelovém pokusu byly použity dva kukuřičné hybridy *Santiago* a *Pedro* (KWS, semena, s.r.o.), které byly sklizeny sklízecí řezačkou New Holland FX-375 s adaptérem pro sklizeň palic FKA-002. Mechanicky upravené (pošrotované) kukuřičné palice byly převezeny ze zemědělského podniku do laboratoří Ústavu výživy zvířat a pícninářství MZLU v Brně, kde byla tato biomasa dále ošetřena a zasilážována. Kukuřičný hybrid *Santiago* (stay green) měl

při sklizni průměrný obsah sušiny palic 486, 85 g.kg⁻¹ a hybrid *Pedro* 507, 70 g.kg⁻¹. V modelovém pokusu u každého hybridu byly vytvořeny tři skupiny (neošetřená kontrola–K jako negativní kontrola, varianta inokulovaná aditivem „A“ (*Bonsilage*) a varianta inokulovaná aditivem „B“ (*Bonsilage Plus*). Ošetření produktu dělené sklizně kukuřice bylo ve všech pokusných variantách provedeno homogenně. Bakteriální inokulant „A“ obsahoval jako účinnou látku vybrané homofermentativní kmeny bakterií mléčného kvašení ve složení *Lactobacillus rhamnosus* (NCIMB 30121) a *Enterococcus faecium* (NCIMB 30121) v celkové koncentraci 1*10¹¹ cfu/g a jako další látku sušenou syrovátku. Inokulant „B“ (*Bonsilage Plus*) obsahuje jako účinnou látku vybrané kmeny homo- a heterofermentativních bakterií mléčného kvašení ve vhodném poměru (*Lactobacillus rhamnosus* (NCIMB 30121), *Lactobacillus plantarum* (DSM 12836), *Lactobacillus brevis* (DSM 12835), *Lactobacillus buchneri* (DSM 12856), *Pediococcus pentosaceus* (acidilactici) (DSM 12834). Vybrané heterofermentativní bakterie mléčného kvašení (*Lactobacillus brevis* a *Lactobacillus buchneri*), jejichž fermentační produkty (kyselina octová a 1,2–propandiol) se podílejí na zvýšení aerobní stability. Oba bakteriální inokulanty byly v rámci našeho modelového pokusu aplikovány dle technologického doporučení. Hrubě pošrotované kukuřičné palice byly v laboratořích Ústavu výživy zvířat a pícninářství AF MZLU v Brně zasílány do 50 l hliníkových nádob ve třech opakováních. Do každé pokusné nádoby bylo udusáno stejné množství kukuřičné biomasy na přepočtenou průměrnou hmotnost 800 kg.m⁻³. Pokusné kvasné nádoby byly anaerobně uzavřeny víkem a uskladněny

v místnosti při teplotě 20–25 °C. Po osmi měsících byly nádoby otevřeny, z každé varianty odebrány reprezentativní vzorky (6) na analytické posouzení fermentačního procesu. Současně bylo provedeno smyslové posouzení modelových siláží.

Použité analytické metody

Obsah sušiny byl stanoven vysušením při teplotě 103±2 °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). Výsledky byly statisticky zpracovány metodou jednofaktorové analýzy variance podle SNEDECORA a COCHRANA (1969).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Jedním z nejdůležitějších předpokladů úspěšné konzervace je rychlé vytvoření dostatečného množství kyseliny mléčné. Průběh fermentačního procesu je ovlivněn nejen obsahem a složením sušiny, ale také přídavkem účinných aditiv. Chemické složení drtě silážovaných kukuřičných palic obou hybridů bylo odlišné. Jestliže v 1 kg sušiny mechanicky upravených olistěných palic hybridu *Santiago* bylo obsaženo 79,43 g NL, 34,26 g tuku a 102,13 g vlákniny, pak v 1 kg sušiny druhého hybridu bylo obsaženo 86,34 g NL, 29,42 g tuku a 114,48 g vlákniny. Obsah sušiny a charakteristiky fermentačního procesu modelových siláží *LKS* kukuřice hybridů *Santiago* a *Pedro* jsou uvedeny v tab. I–II a grafech 1–4.

I: Vliv přidavku mikrobiálních inokulantů na fermentační proces siláží LKS kukuřice hybridu Santiago

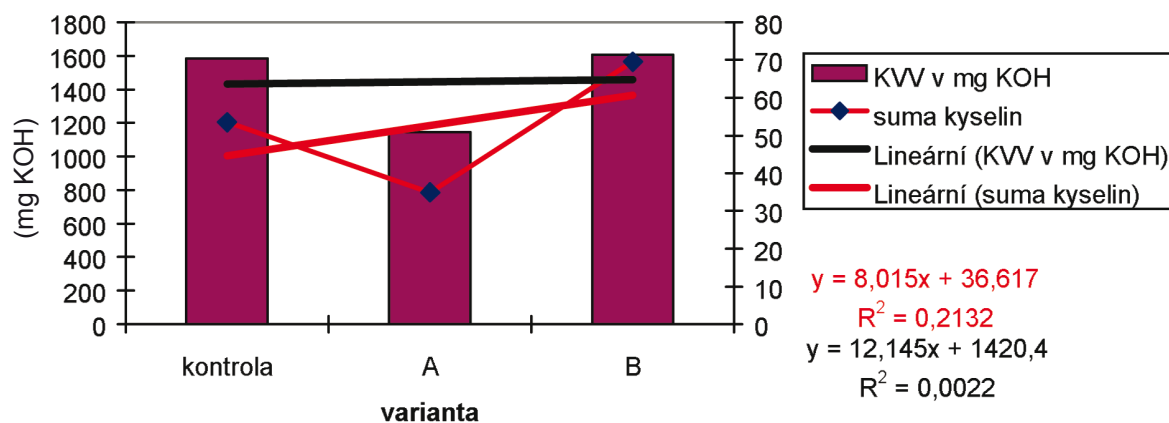
Varianta	Sušina %	pH	KVV (mg KOH/100 g)	KM (g/kg sušiny)	KO (g/kg sušiny)	Σ kvasných kyselin	KM/KO	Etanol (g/kg sušiny)
Kontrola	49,33±0,52 ^{BC}	3,94±0,03 ^B	1581,98±74,19 ^B	40,24±1,89 ^{BC}	13,28±0,47 ^{BC}	53,52±1,82 ^{BC}	3,04±0,20 –	10,65±0,55 ^{BC}
V_k	1,06	0,7	4,6898	4,71	3,56	3,39	6,67	5,2
Bonsilage	54,26±0,86 ^{AC}	4,09±0,01 ^{AC}	1145,9±20,59 ^{AC}	24,77±1,80 ^{AC}	10,10±0,37 ^{AC}	34,87±1,75 ^{AC}	2,46±0,22 –	6,1±1,19 ^A
V_k	1,58	0,34	1,8	7,27	3,63	5,01	8,9	19,51
Bonsilage plus	47,38±0,88 ^{AB}	3,96±0,03 ^B	1606,27±18,17 ^B	50,95±1,87 ^{AB}	18,61±0,34 ^{AB}	69,55±1,62 ^{AB}	2,74±0,14 –	5,41±0,45 ^A
V_k	1,86	0,65	1,13	3,66	1,82	2,33	5,22	8,39

KVV ... kyselost vodného výluhu, KM ... kyselina mléčná, KO ... kyselina octová, A, B, C, D ... statistická významnost ($P < 0,01$), a, b, c, d ... statistická významnost ($P < 0,05$)

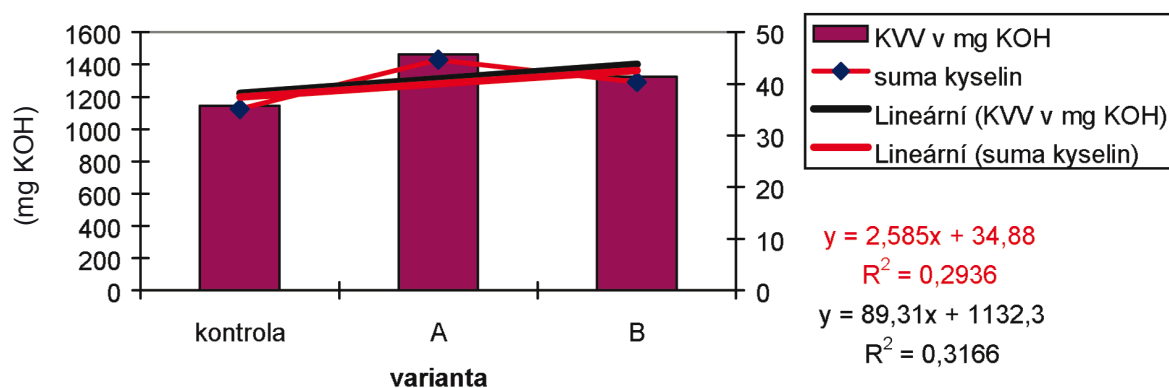
II: Vliv přidavku mikrobiálních inokulantů na fermentační proces siláží LKS kukuřice hybridu Pedro

Varianta	Sušina %	pH	KVV (mg KOH/100 g)	KM (g/kg sušiny)	KO (g/kg sušiny)	Σ kvasných kyselin	KM/KO	Etanol (g/kg sušiny)
Kontrola	49,15±0,71 ^B	3,97±0,01 ^B	1145,88±38,35 ^{BC}	26,02±0,68 ^B	9,13±0,53 ^{BC}	35,15±1,08 ^{Be}	2,86±0,14 ^b	6,36±0,62 ^B
V_k	1,45	0,17	3,35	2,61	5,78	3,07	4,74	9,79
Bonsilage	53,56±0,54 ^{CA}	4,02±0,02 ^{AC}	1462,48±69,19 ^{AC}	34,66±2,81 ^{AC}	10,02±0,96 ^{AC}	44,68±3,54 ^{Ac}	3,48±0,26 ^{ac}	17,33±0,79 ^{AC}
V_k	1,01	0,42	4,73	8,11	9,6	7,93	7,53	4,56
Bonsilage plus	49,42±0,84 ^B	3,98±0,02 ^B	1324,50±70,32 ^{AB}	28,98±0,70 ^B	11,34±0,50 ^{AB}	40,32±0,87 ^{ab}	2,56±0,12 ^B	6,38±0,50 ^B
V_k	1,7	0,4	5,31	2,4	4,37	2,16	4,85	7,74

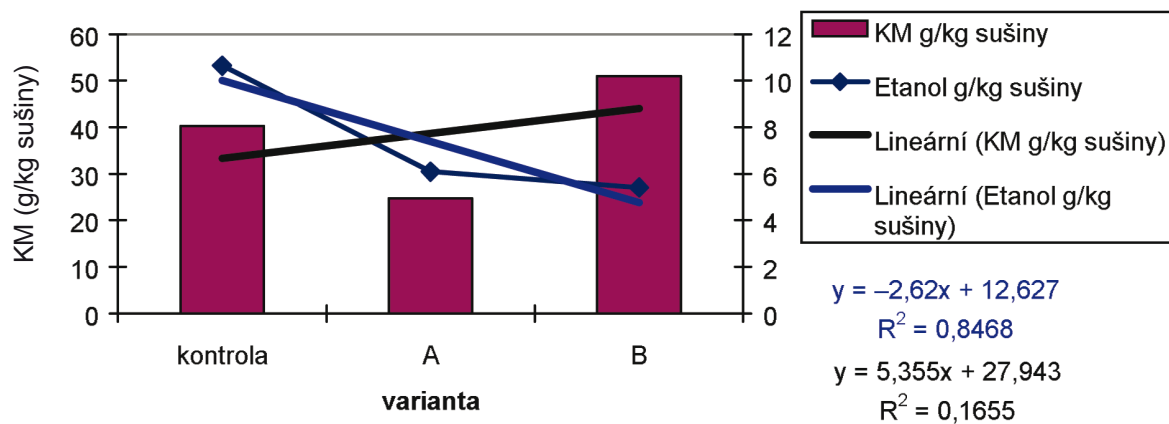
KVV ... kyselost vodného výluhu, KM ... kyselina mléčná, KO ... kyselina octová, A, B, C, D ... statistická významnost ($P < 0,01$), a, b, c, d ... statistická významnost ($P < 0,05$)



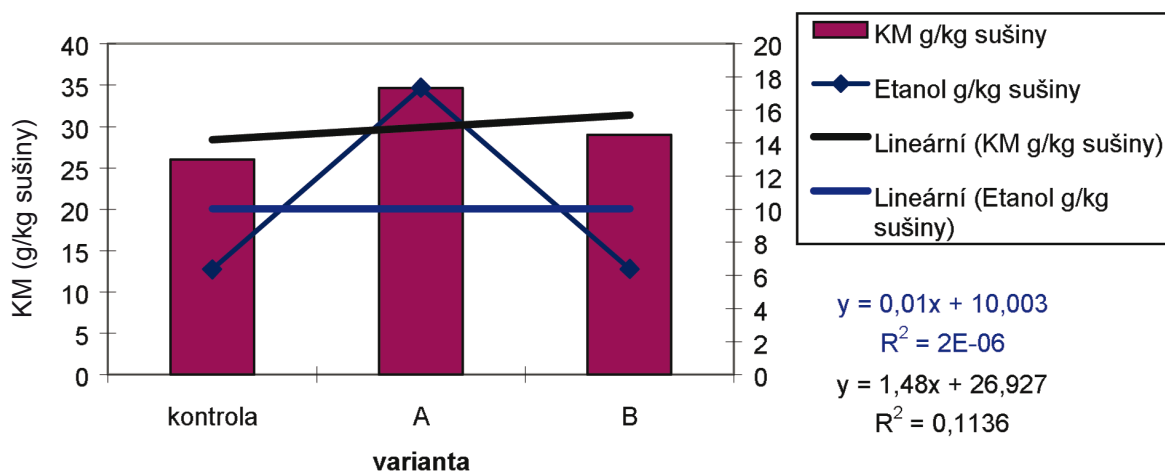
1: Vztah titrační kyselosti a sumy kvasných kyselin v silážních LKS kukuřice z odrůdy Santiago



2: Vztah titrační kyselosti a sumy kvasných kyselin v silážních LKS kukuřice z odrůdy Pedro



3: Vztah obsahu KM a etanolu v silážích LKS kukuřice z odrůdy Santiago



4: Vztah obsahu KM a etanolu v silážích LKS z odrůdy Pedro

V modelovém pokusu se siláží LKS kukuřice hybridu *Santiago* byl zjištěn statisticky vysoce průkazný ($P < 0,01$) rozdíl v obsahu kyseliny mléčné (KM) vlivem ošetření silážované hmoty aditivem *Bonsilage Plus*. Tato hodnota se zvýšila z $40,24 \pm 1,89$ g/kg sušiny u neošetřené kontrolní varianty na $50,95 \pm 1,87$ g/kg sušiny. Siláž LKS kukuřice hybridu *Pedro* došlo rovněž při použití aditiva *Bonsilage Plus* ke zvýšení obsahu KM z $26,02 \pm 0,68$ g/kg sušiny na $28,98 \pm 0,70$ g/kg sušiny. Tento výsledek však nebyl statisticky průkazný. Při ošetření silážním aditivem *Bonsilage* byl u siláže s hybridem *Santiago* zjištěn statisticky vysoce průkazný pokles obsahu KM z $40,24 \pm 1,89$ g/kg sušiny na $24,77 \pm 1,80$ g/kg sušiny, zatímco u siláže z hybridu *Pedro* došlo při použití aditiva *Bonsilage* ke statisticky významnému zvýšení obsahu KM z $26,02 \pm 0,68$ g/kg sušiny na $34,66 \pm 2,81$ g/kg sušiny. Také PHILLIP a FELLNER (1992), SEBASTIAN et al. (1996) konstatují zvýšení produkce kyseliny mléčné v inokulovaných silážích LKS kukuřice. Podobně DOLEŽAL a HEJDUK (2002) v modelových pokusech s travní siláží ošetřeno silážním aditivem *Bonsilage* zjistili zvýšení obsahu KM. Také KOŘÍNEK (2002) uvádí významné zvýšení obsahu KM u travní siláže po přidání aditiva *Bonsilage*.

Obsah kyseliny octové se v modelových silážích LKS zvýšil po inokulaci silážované hmoty aditivem *Bonsilage Plus* u hybridu *Santiago* ($18,61 \pm 0,34$ g/kg sušiny) i u *Pedra* ($11,34 \pm 0,50$ g/kg sušiny). Toto zvýšení bylo v obou případech statisticky vysoce ($P < 0,01$) průkazné. Rovněž URIARTE a BOLSEN (2001) a další konstatují u siláží ošetřených silážními aditivy, obsahující kmeny *Lactobacillus buchneri*, zvýšení obsahu KO a následně i zlepšení aerobní

stability. Statisticky průkazné zvýšení obsahu KO (tab. II) bylo zjištěno také po ošetření silážním aditivem *Bonsilage* u hybridu *Pedro* (KO z $9,13 \pm 0,53$ g/kg sušiny na $10,02 \pm 0,96$ g/kg sušiny). Naopak u siláže z hybridu *Santiago* došlo ke statisticky vysoce průkaznému ($P < 0,01$) snížení obsahu KO po inokulaci silážním aditivem *Bonsilage* (z $13,28 \pm 0,47$ g/kg sušiny na $10,10 \pm 0,37$ g/kg sušiny). Vzájemným porovnáním obou silážních aditiv byl zjištěn v silážích LKS kukuřice mezi oběma testovanými hybridy (*Santiago* a *Pedro*) statisticky vysoce průkazný rozdíl ve vlivu na obsah kyseliny octové. Inokulací hmoty obou silážovaných kukuřičných hybridů aditivem *Bonsilage Plus* došlo v modelových silážích ke zvýšení produkce celkové sumy kvasných kyselin. V pokusné siláži LKS kukuřice hybridu *Santiago* (tab. I) došlo ke statisticky vysoce průkaznému zvýšení ($P < 0,01$) produkce všech kvasných kyselin (z $53,52 \pm 1,82$ g/kg sušiny u kontrolní siláže ve srovnání s pokusnou siláží $69,55 \pm 1,62$ g/kg sušiny). Naproti tomu u siláže z hybridu *Pedro* (tab. II) došlo ve srovnání s neošetřenou kontrolní siláží ($35,15 \pm 1,08$ g/kg sušiny) k průkaznému ($P < 0,01$) zvýšení celkového obsahu fermentačních kyselin po inokulaci aditivem *Bonsilage* ($44,68 \pm 3,54$ g/kg sušiny). Naopak při použití silážního aditiva *Bonsilage Plus* byly statistické rozdíly v obsahu celkových kvasných kyselin. V siláži z hybridu *Pedro* byly pouze v úrovni ($P < 0,05$).

Mezi oběma silážními inokulanty byl zjištěn v silážích připravených z hybridu *Pedro* průkazný rozdíl ($P < 0,05$), zatímco v silážích z hybridu *Santiago* byl diagnostikovaný vysoce průkazný rozdíl. Podobně DOLEŽAL a HEJDUK (2002) zjistili zvýšení celkového obsahu kvasných kyselin u travní siláže po předchozím ošetření silážním inokulantem

Bonsilage. Při porovnávání poměru kvasných kyselin (KM/KO) nebyl ve většině případů zjištěn významný vliv použitého aditiva. Statisticky průkazný rozdíl se objevil pouze u siláže *LKS* kukuřice z hybridu *Pedro* po předchozí inokulaci silážním aditivem *Bonsilage*, kdy byl zjištěn nejširší poměr KM/KO ($3,48 \pm 0,26$). K podobným závěrům dospěli při inokulaci travní hmoty tímto aditivem také DOLEŽAL a HEJDUK (2002). Podobně BOLSEN (1993) uvádí, že inokulanty podobného druhu zvyšují v kukuřičných silážích poměr kyseliny mléčné ke kyselině octové. Hodnota pH byla u kontrolních siláží z obou testovaných hybridů ve srovnání s hodnotami inokulovaných siláží nižší (tab. I, II). Statistický rozdíl v tomto ukazateli ($P < 0,01$) však byl zjištěn pouze u siláže inokulované aditivem „A“, kde hodnota pH byla v porovnání s hodnotami zbývajících siláží průkazně vyšší ($4,09 \pm 0,01$; resp. $4,02 \pm 0,02$). Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že mezi oběma použitými silážními aditivy byly zjištěny v jednotlivých ukazatelích vysoce průkazné rozdíly. KOŘÍNEK (2000) uvádí po ošetření silážované hmoty aditivem *Bonsilage* významné snížení pH. Podobně SEBASTIAN et al. (1996), PHILLIP a FELLNER (1992) konstatují výrazné snížení hodnoty pH v inokulovaných kukuřičných silážích *LKS*. Podobný trend zaznamenali v pokusech s inokulovanou travní siláží DOLEŽAL a HEJDUK (2002). U siláží ošetřených jedním z výše testovaných silážních inokulantů zjistili ve srovnání s kontrolní siláží významnou acidifikaci. Podobně MAYRHUBER et al. (2003) konstatují rozdíly v kvalitě fermentace inokulované trávy s obsahem sušiny 30 % aditivem *Bonsilage Plus* ve srovnání s kontrolní variantou. Je zřejmé, že odlišné složení sušiny travního porostu a olisťovaných kukuřičných palic může být jednou z příčin rozdílných výsledků.

Hodnota titrační kyselosti (KVV) byla mezi jednotlivými variantami siláží z obou kukuřičných hybridů rozdílná. Siláž z hybridu *Santiago*, která byla inokulovaná aditivem *Bonsilage Plus*, měla nejvyšší titrační kyselost ($1606,9 \pm 18,17$ mg KOH/100 g) a byla statisticky významně ($P < 0,01$) vyšší, než siláž inokulovaná aditivem „A“, ale byla srovnatelná s kontrolní neošetřenou siláží. Naproti tomu u siláží připravených z hybridu *Pedro* byla stanovena nejnižší hodnota KVV u kontrolní neošetřené siláže ($1145,88 \pm 38,35$ mg KOH/100 g), která byla statisticky významně ($P < 0,01$) nižší, než obě inokulované siláže. Nejvyšší hodnotu KVV měla siláž inokulovaná aditivem „A“ a tato hodnota byla statisticky významně ($P < 0,01$) vyšší než u obou zbývajících modelových siláží. Z uvedeného zjištění je zřejmé, že mezi hodnotou pH a KVV siláží *LKS* kukuřice nebude žádná souvislost, neboť u siláží z obou hybridů, které měly nejnižší hodnotu pH, nebyla automaticky zjištěna nejvyšší titrační kyselost. Naproti tomu z grafů

1 a 2, kde je vyjádřen vztah mezi hodnotou titrační kyselosti a celkovým obsahem kvasných kyselin, vyplývá, že závislost mezi oběma proměnnými má lineární závislost a s rostoucí koncentrací kvasných kyselin se zvyšuje rovněž titrační kyselost a to u všech modelových siláží.

K problémům glycidových siláží, popř. siláží s vyšším obsahem sušiny, patří také otázka vyšší produkce etanolu. Z výsledků uvedených v tab. I je zřejmé, že obsah etanolu v inokulovaných silážích *LKS* kukuřice hybridu *Santiago* byl statisticky vysoce průkazně ($P < 0,01$) nižší, než v kontrolní siláži. Při použití inokulantu *Bonsilage Plus* se snížil obsah etanolu z $10,65 \pm 0,55$ g/kg sušiny u kontrolní siláže na $6,10 \pm 1,19$ g/kg, resp. $5,41 \pm 0,45$ g/kg sušiny. Rozdíl mezi průměry obsahu etanolu v obou pokusných silážích navzájem nebyl statisticky významný. Z výsledků je dále patrné, že inokulant „B“ nejvíce redukoval alkoholové kvašení a obsah etanolu v této siláži byl nejnižší. Naopak v modelovém pokusu s *LKS* kukuřice hybridu *Pedro* (tab. II) byl zjištěn statisticky významně vyšší ($P < 0,01$) obsah etanolu ($17,33 \pm 0,79$ g/kg sušiny) u inokulované siláže s aditivem *Bonsilage*, zatímco mezi obsahem etanolu v kontrolní siláži a siláži inokulované aditivem „B“ nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Tato tendence v tvorbě etanolu u siláží *LKS* je odlišná od výsledků, které dříve publikovali DOLEŽAL a DVOŘÁČEK (1999). Proti očekávání a při srovnání s obsahem etanolu v siláži z předcházejícího hybridu je možné z hlediska tvorby etanolu hodnotit fermentační proces kontrolní siláže z hybridu *Pedro* jako úspěšný. Tento rozdíl v produkci etanolu mezi oběma hybridy si lze vysvětlit zřejmě odlišným obsahem škrobu v původní hmotě a rozdílným průběhem fermentace. V siláži hybridu *Santiago* měl kvasný proces více heterofermentativní charakter, což se projevilo v dalším sledování lepší aerobní stabilitou a následně nižší produkcí etanolu. Také KOŘÍNEK a JAMBOR (2003) zjistili ve svých pokusech dlouhodobou lepší stabilitu kukuřičných siláží ošetřených silážním aditivem *Bonsilage mais*, které rovněž obsahuje rovněž heterofermentativní kmen *Lactobacillus buchneri*. Vznik alkoholu jako minoritního fermentačního produktu v silážích je často spojován s faktorem vyššího obsahu sušiny silážované hmoty a současně signalizuje, že vlastní mléčné kvašení mohlo být omezené (DRIE-HUIS et al., 1999). Regresní vztah mezi obsahem kyseliny mléčné a obsahem etanolu u jednotlivých variant siláží *LKS* kukuřice je patrný rovněž z grafů 3 a 4. Z toho vztahu mezi oběma proměnnými však není prokázáno, že s rostoucí hodnotou KM klesá obsah etanolu, jak bylo konstatováno dříve v jiných silážích. V tomto pokusu se nepodařilo u obou hybridů podpořit hypotézu KALAČE a PIVNIČKOVÉ (1987), neboť nebyl potvrzen ve všech pokusech negativní ko-

relační vztah mezi tvorbou kyseliny mléčné a etanolem v ošetřených silážích. Tuto hypotézu podporuje také poměr kyseliny mléčné k octové ($2,15 \pm 0,526$). Prevence proti alkoholovému kvašení spatřují DRIE-HUIS et al. (1999) v omezení činnosti enterobakterií a především ve stimulaci fermentačního procesu. Naproti tomu SEIJA et al. (1999), CHRI et al. (1999)

a další zjistili redukcí tvorby alkoholu, ale i fermentačních kyselin včetně kyseliny mléčné, při aplikaci účinných chemických konzervačních prostředků na bázi organických kyselin. Také JURÁČEK (2002) uvádí klesající množství alkoholu při použití mikrobiálních či chemických silážních aditiv.

SOUHRN

Cílem práce bylo posoudit vliv bakteriálních inokulantů na kvalitu fermentačního procesu modelových siláží z mechanicky upravených kukuřičných palic a porovnání s neošetřenou kontrolní siláží. Bakteriální inokulanty byly homogenně aplikovány v doporučené koncentraci. Inokulant „A“ obsahoval jako účinnou složku *Lactobacillus rhamnosus* (NCIMB 30121) a *Enterococcus faecium* (NCIMB 30122). Inokulant „B“ obsahoval jako účinnou složku (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus pentosaceus* (*acidilactici*)). Přídavek inokulantu „B“ vedl v prvním modelovém pokusu (hybrid *Santiago*) ke statisticky významnému ($P < 0,01$) zvýšení produkce kyseliny mléčné, octové, sumy všech kvasných kyselin a k významné redukci tvorby etanolu ve srovnání s kontrolní siláží. Hodnota pH u pokusných siláží byla srovnatelná nebo vyšší ($P < 0,01$) než u kontrolní siláže. V pokusných silážích s hybridem *Pedro* byl zjištěn lepší efekt při inokulaci aditivem „A“, kde byla statisticky vyšší ($P < 0,01$) produkce kyseliny mléčné ($34,66 \pm 2,81$ g/kg sušiny) ve srovnání s kontrolní siláží ($26,02 \pm 2,81$ g/kg sušiny). Významně vyšší ($P < 0,01$) byl také celkový obsah kvasných kyselin, ale také etanolu.

mechanicky upravené palice kukuřice, kvalita fermentace, bakteriální inokulant, etanol

SUMMARY

In our experiment was measured the effect of bacterial inoculant on the quality fermentation process of model silages from crushed maize ears and compared with the untreated control silage. The bacterial inoculant was applied homogeneously according to advised dose. The inoculant „A“ contained *Lactobacillus rhamnosus* (NCIMB 30121) and *Enterococcus faecium* (NCIMB 30122). The inoculant „B“ contained (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus pentosaceus*). The addition of inoculant „B“ in first experiment (hybrid *Santiago*) brought statistically significant ($P < 0.01$) increase of lactic acid, acetic acid, sum of acids amount fermentation acids and ethanol in amount comparing with a control silage. The pH value of experiment silage was similar or higher ($P < 0.01$) as a control silage. In an experimental silage with hybrid *Pedro* was found out better effect with „A“ additive, it was demonstrated by significant ($P < 0.01$) increase of the lactic acid (34.66 ± 2.81 g/kg dry matter) in comparing with a control silage (26.02 ± 2.81 g/kg dry matter). Significant ($P < 0.01$) increase was sum of acids amount and the ethanol too.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za podpory řešení Výzkumného záměru MSM 432100001.

LITERATURA

- DIVÍŠ, J.: Silážní kukuřice – zdroj levné energie. *Krmivářství* č. 1, 2002, s. 21–22.
- DOLEŽAL, P., VYROUBAL, V.: Provozní výsledky LKS kukuřice silážované ve vacích. *Náš chov*, 1998, č. 6, s. 24–25.
- DOLEŽAL, P., DVOŘÁČEK, J.: Uplatnění konzervačních aditiv při silážování LKS kukuřice. In 9. Mezinárodní sympóziu *Konzervovanie objemových krmív*, Nitra, 1999; s. 114–115.
- DOLEŽAL, P., ZEMAN, L., DVOŘÁČEK, J.: Konzervace kukuřice nejen z technologického pohledu. *Krmivářství* č. 1, 2002, s. 28–33.

- DOLEŽAL, P. (2002): Vliv přidavku *Lactobacillus plantarum* DSM 12771 na kvalitu siláží silně zavdlé vojtěšky 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.
- DOLEŽAL, P., HEJDUK, S. (2002): Vliv inokulace zavdlého extenzivního travního porostu na fermentační proces siláží. *Acta univ. agric. et silvic. Mend. Brun.*, 2002, 5, s. 105-112.
- 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.
- EKINCI, C., BRODERICK, G. A.: Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80 (12):3298-3307.
- FELLNER, 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.
- HOFFMAN, P., MUCK, R.: Inoculating high moisture corn. 2004 (cit. 2004-14-06), <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/InoculatingHMC.htm>
- 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.
- JAMBOR, V.: Některé aspekty výroby LKS. *LG magazín*, 1998, č. 1, s. 7-8.
- JOBIM, C. C., REIS, R. A., ANDRADE-RODRIGUES, L. R., SCHOCKEN, R. P.: Microorganisms in high moisture corn grain silage with different proportions of the cob. *Pesquisa-Agropecuaria Brasileira*, 1997, 32 (2):201-204.
- JOBIM, C. C., REIS, R. A., SCHOCKEN, R. P., ROSA, B.: Microorganism development during feed-out of high moisture corn and corn-ears silages. *Acta Scientiarum*, 1999, 21 (3):671-676.
- JURÁČEK, M.: Kvalita biologicky ošetřených kombinovaných kukurično-čirokových siláží. Dni výživy zvířat, Nitra, 2002, 19-20. september, s. 126-129.
- KALAC, P., PIVNIČKOVÁ, L.: Posouzení výskytu nižších alkoholů v silážích a senážích. *Živočišná výroba*, 1987, 32, (LX), 7, s. 641-645.
- KOŘÍNEK, D.: Více mléka, více masa, větší zisk. *Úspěch ve stáji*, č. 2, 2000, s. 2-4.
- KOŘÍNEK, D., JAMBOR, V.: Aerobní stabilita kukuričných siláží. *Náš chov*, č. 11, 2003, s. 11-12.
- MATHIES, E.: Der Gärverlauf bestimmt die Grundfutterqualität. *Erfolg im Stall*, č. 5, 2000, s. 20-21.
- MATHIES, E.: Der natürliche Weg zu höheren Futterwerten. *Erfolg im Stall*, No. 1, 2002, s. 2-4.
- 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.
- PHILLIP, L. E., FELLNER, V.: Effects of bacterial inoculation of high moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. *Journal of Animal Science*, 1992, 70 (10):3178-3187.
- SEBASTIAN, S., PHILLIP, L. E., FELLNER, V., IDZIAK, E. S.: Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment on aerobic stability and microbial populations of ensiled high moisture ear corn. *Journal of Animal Science*, 1996, 74 (2):447-456.
- 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.
- SNEDECOR, G. W., COCHRAN, W. G.: Statistical Methods, 1967, 6th ed., Iowa. Iowa State University Press, 579 pp.
- ŠUK, J., BALÍK, J., JAKOBE, P. et al.: Kukuřice. *VP Agro*, 1998, 131 s.
- URIARTE, M. E., BOLSEN, K.K.: Aerobic deterioration of silage. A review. In *The Xth International Symposium Forage Conservation*, Brno, 2001, s. 25-36.
- WILHELM, H., WURM, K.: Futterkonservierung und – qualität. Leopold Stocker Verlag, Graz, 1999, 140 s.

Address

Doc. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc., Ing. Jan Doležal, Ing. Václav Pyrochta, Ústav výživy zvířat a pícninářství,
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, Ing. Dušan
Kořínek, Schaumann ČR s.r.o., nám. Svobody 14, 387 01 Volyně, Česká republika