

THE INFLUENCE OF CHEMICAL ADDITIONS ON THE FERMENTATION CHARACTERISTICS AND AEROBIC STABILITY OF MAIZE SILAGE

VLIV PŘÍDAVKU CHEMICKÝCH ADITIV NA FERMENTAČNÍ PROCES A AEROBNÍ STABILITU KUKUŘIČNÝCH SILÁŽÍ

¹Pyrochta V., ²Kalhotka L., ¹Doležal P.

¹Ústav výživy zvířat a pícninářství, ²Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: vasp@centrum.cz, dolezal@mendelu.cz

ABSTRACT

The quality of silages is influenced by many factors in all stages of manufacture, used additives, pressing and covering and hermetically closing of silos. The maize hybrid Romario FAO 250 (KWS, osiva s.r.o.) was used in a model experiment. The harvested crop was homogenised, treated with chemical additives and ensiled. The average DM content in the harvested crop (hybrid *Romario*) was 265.2 g.kg⁻¹. The model experiment was divided into three different treatments, untreated Control, Variant 1 treated with 1l/t and Variant 2 treated with 2l/t chemical additives. Treated material was ensiled in three replication into 50 l aluminium containers. After eight months, the containers were opened and 6 representative samples were taken from each variant for analyses and evaluation of the fermentation process and aerobic stability. It was found out that both doses of chemical additives (i.e. 1l/t and 2l/t) increased production of lactic acid and ethanol and partly inhibited pH and production of acetic acid. The aerobic (secondary) fermentation was determined by yeasts, bacteria and fungi and temperature.

Key words: silages, fermentation, aerobic stability, acids

ABSTRAKT

Kvalitu siláží ovlivňuje mnoho faktorů a to v průběhu všech fází technologie výroby, skladování až po vlastní zařazení do směsné krmné dávky a zkrmování. Byl použit kukuřičný hybrid *Romario* FAO 250 (KWS, osiva s.r.o.) o sušině 265.2 g.kg⁻¹. Modelový pokus byl proveden ve třech variantách, kontrolní, varianta1 s přídatkem chemického aditiva v dávce 1l/t a varianta2 s přídatkem 2l/t. Homogenně ošetřený materiál byl zesilážován do 50l hliníkových nádob ve třech opakováních. Po osmi měsících byly odebrány vzorky a analyzovány na fermentační proces a byla sledována aerobní stabilita. Přídavek chemických aditiv vedl ke zvýšení obsahu kyseliny mléčné a ethanolu a snížení pH a kyseliny octové. Aerobní fermentaci siláže, též označované jako (sekundární fermentace) způsobují kvasinky, bakterie a plísně.

Klíčová slova: siláže, fermentace, aerobní stabilita, kyseliny

ÚVOD

V České republice je hlavní pěstovanou pícninou kukuřice, jež je pěstována za účelem konzervace pro celoroční zkrmování přežvýkavců. Tato pícnina poskytuje stálý a vysoký výnos sušiny z ha. V takzvaných „vlhkých rocích“ bývá problém při sklizni kukuřice na siláž, jelikož ne vždy je dosahováno optimální sušiny (30–34%) při dodržení optimální sklizňové zralosti. Ta je obecně při sklizni na siláž „mléčně vosková“. Pokud dochází ke sklizni až v pozdějších stádiích „konec voskové, či začátek plné zralosti“ dochází k nárůstu obsahu vlákniny a s tím spojenému negativnímu ovlivnění stravitelnosti organické hmoty. Mnohá sledování dokládají, že přirozený výskyt bakterií mléčného kvašení na těchto krmivech s nízkou sušinou nedostačuje pro optimální silážní proces (MATHIES, 2002), proto je nutné tento konzervační proces zajistit přidavky biologických či chemických aditiv. V případě konzervace kukuřičné hmoty o sušině pod 30% je vhodné použít chemická aditiva, které razantně snižují pH a tím vytváří vhodné podmínky pro rozvoj bakterií mléčného kvašení. Většinou také obsahují kyselinu propionovou, která posiluje aerobní stabilitu výsledných siláží. V takto zakonzervovaných silážích bývají zpravidla vedle homofermentativních kmenů bakterií mléčného kvašení také kmeny heterofermentativní (např. *Lactobacillus buchneri*, *Propionibacterium freudenreichii* spp. *shermani* a další) potřebné pro posílení aerobní stability (DOLEŽAL, ZEMAN, DVOŘÁČEK, 2002; FILYA et al., 1999; MATHIES, 2002, MAYRHUBER et al., 1999 a další).

Problematikou konzervace kukuřičných siláží se zabývala celá řada autorů (DOLEŽAL a DVOŘÁČEK, 1999; FELLNER et al. 2001 HOFFMAN a MUCK, 2004; JAMBOR, 2001; ŠUK et al., 1998, WILKINSON 2005, WILHELM, H., WURM, 1999 a další).

Cílem této práce bylo posoudit vliv přídatku chemického aditiva na kvalitu fermentačního procesu a aerobní stabilitu výsledných kukuřičných siláží.

MATERIÁL A METODIKA

V modelovém pokusu byl použit kukuřičný hybrid Romario FAO 250 (KWS, osiva s.r.o.) z podniku ZD Radostín. Kukuřičná silážní hmota byla převezena na Ústav výživy zvířat a pícninářství MZLU v Brně. Kukuřičný hybrid *Romario* měl při sklizni průměrný obsah sušiny 265,2 g.kg⁻¹. V modelovém pokusu byly vytvořeny tři pokusné varianty. Neošetřená kontrolní varianta „K“, jako negativní kontrola. Dále „A“ jež obsahovalo chemické aditivum jehož účinnou složkou byla směs organických kyselin ve složení: kyselina mravenčí, kyselina propionová, kyselina benzoová a mravenčan amonný v dávce 1l/t silážované hmoty. V druhé pokusné variantě „B“ bylo užito shodného chemického aditiva, ale dávka byla navýšena na 2l/t. Homogenně ošetřená silážovaná hmota byla zasilážována do 50 l hliníkových nádob ve třech opakováních. Do každé pokusné nádoby bylo udusáno stejné množství kukuřičné hmoty na přepočtenou průměrnou hmotnost 800 kg.m⁻³. Pokusné kvasné nádoby byly anaerobně uzavřeny a uskladněny v místnosti při teplotě 20–25 °C. Po 8 měsících byly nádoby otevřeny a z každé varianty odebrány reprezentativní vzorky (6) na analytické posouzení fermentačního procesu. Dále byla sledována teplota v prvních 72 hodinách. Mikrobiologicky byl sledován

počet kvasinek a plísní na chloramfenikl-glukozovém agaru při teplotě 25°C a době inkubace 5 dní.

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 SNEDOCORA a COCHRANA (1967).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Čerstvá hmota silážní kukuřice měla sušinu 265,2 g/kg⁻¹. Fermentační charakteristiky jsou sledovány v *Tab. 1*. Po osmi měsících fermentace se obsah sušiny změnil u kontrolní varianty na 248,9 g/kg⁻¹, varianty s přidavkem aditiva v dávce A (265,61 g/kg⁻¹) a s přidavkem aditiva v dávce B (241,71 g/kg⁻¹). V pokuse došlo v obou variantách s přidavkem aditiv ke snížení pH z 3,95 (kontrolní varianta) na 3,68 (dávka aditiva A) a 3,87 (dávka aditiva B). S tímto tvrzením se shodují (BAITNER et al. 1985, KRISTENSEN a OHLSSON 1995), kteří uvádí snižující se pH po přidavku aditiv. Nejnižší titrační kyselost byla zjištěna u přidavku aditiva v dávce B (567,8 mg KOH/100g siláže), kde byla průkazně nejnižší (P<0,01) v porovnání s kontrolní i s aditivem A. Nejvyšší u siláže s přidavkem aditiva v dávce A měla hodnotu (873,0 mg KOH/100g). Kontrolní varianta měla titrační kyselost (785,5mg KOH/100g). U fermentačního procesu došlo ke zvýšení množství kyseliny mléčné po přidavku obou aditiv, přičemž po přidavku aditiva A došlo ke zvýšení z (29,21 g/kg sušiny) u kontrolní varianty na (44,05g/kg sušiny) a aditiva B na (31,01g/kg sušiny). Toto zvýšení bylo s přidavkem aditiva A oproti kontrolní variantě o 47,2% a s přidavkem aditiva B o 3,64%. V obou případech došlo k pozitivnímu zvýšení obsahu kyseliny mléčné. Zároveň došlo u variant s přidavkem aditiv k průkazné (P<0,01) inhibici tvorby kyseliny octové. Kontrolní varianta obsahovala (22,92 g/kg sušiny) kyseliny octové, s přidavkem aditiva A byla hodnota pouze (16,45 g/kg sušiny) a přidavkem aditiva B (14,44 g/kg sušiny). Z toho lze usoudit, že přidavkem aditiv dochází vždy k pozitivnímu ovlivnění fermentačního procesu. S tím se shodují i (KRISTENSEN a OHLSSON 1995 WILKINSON 2005, a další), kteří uvádějí po přidavku aditiv zvýšené množství kyseliny mléčné v siláži. Byl také potvrzen pozitivní vliv na poměr kyseliny mléčné ze sumy kyselin po přidavku aditiva v dávce A (72,81%) a dávce B (68,08%) oproti kontrole (54,98%). Suma kyselin byla nejnižší po přidavku aditiva B, předpokládám potlačení mikrobiální kontaminace a konzervační efekt byl zabezpečen organickými kyselinami. S tím se také shoduje (WILKINSON 2005), který uvádí po přidavku chemických aditiv částečné potlačení mikrobiální populace. Snížený obsah amoniaku byl u obou pokusných variant A i B (shodně 1,37 g/kg sušiny), oproti kontrole (1,46 g/kg sušiny). Etanol byl naopak nejnižší u kontrolní varianty (18,14g/kg sušiny), oproti pokusným variantám, kde došlo k nárůstu na (38,95 g/kg sušiny, resp. 43,16 g/kg sušiny), což by

potvrzoval obsah heterofermentativních bakterií, které produkují společně s kyselinami i etanol. Dále byla sledována teplota *Graf 1* prvních 72 hodin, při níž došlo u všech variant k pozvolnému zahřívání a zvýšení teploty u pokusných variant o (A 3,5°C, B 3,9°C) a kontrolní varianty o (4,5°C). Neprojevilo se rychlé zahřívání siláží, které bývá často problematické u kukuřičných siláží, ale zvýšení o 2°C je považováno již za aerobně nestabilní siláž. Také byl sledován celkový obsah mikroorganismů (kvasinky a plísňe). Počty kvasinek *Graf 2* byly redukovány u obou aditiv oproti kontrole jež obsahovala třetí den již $190 \cdot 10^3$. Také plísňe *Graf 3* byli obsaženy v siláži v nízkém zastoupení a nárůst byl u kontrolní varianty a to v zanedbatelném množství. Přídavkem aditiv došlo v prvních dnech k potlačení kvasinek a plísni a tím i k lepší aerobní stabilitě a nižšímu zahřívání. S tím se shodují i (HITZGER a SKŘIVÁNEK 2003, KRISTENSEN a OHLSSON 1995, OHLSSON et al 2006, WILKINSON 2005, a další), kteří také uvádějí pozitivní vliv aditiv na aerobní stabilitu.

ZÁVĚR

Kukuřičná siláž, jako nejběžnější krmivo pro skot je nutné vyrábět ve vysoké kvalitě, jelikož je základem každé krmné dávky skotu. V pokuse byl sledován přídavek chemických aditiv, jakož to konzervantů na kvalitu fermentačního procesu a aerobní stabilitu oproti neošetřené variantě. V pokuse bylo prokázáno, že přídavek obou aditiv vedl ke snížení pH a zvýšenému množství kyseliny mléčné, zároveň i částečně inhiboval tvorbu kyseliny octové. Také inhiboval růst kvasinek a plísni, čímž byl potvrzen jeho pozitivní konzervační účinek.

LITERATURA

BAITNER, F., SCHMIDT, J., SZIGETI, J. 1985: Die Silierung von Silomais mit harnstoffhaltigen Zusatzmitteln. Das wirtschafteigene Futter, Band 31:3 s.234-242

DOLEŽAL, P. (2002): Vliv přídavku *Lactobacillus plantarum* DSM 12771 na kvalitu siláží silně zavadlé 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. Bruno, 2002, 5, s. 37–44.

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.

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.

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>

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.

KRISTENSEN, V. F., OHLSSON, C. 1995: Urea as additive for whole-crop wheat silage. Beretning fra Faellesudvalget for Statens Planteavl og Husdyrbrugsforsøg, No. 17, pp.

MATHIES, E.: Der natürliche Weg zu höheren Futterwertern. *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.

OHLSSON, CH., HOLMGREN, K., STROM, K., PAULY, T., SCHNURER, J.: Reduction of fungus in silage by homofermentative lactic acid bacteria, 12th International Symposium FORAGE CONSERVATION, 3-5 april 2006, Brno, Czech Republic, s.245-247, ISBN 80-7305-555-4

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.

WILHELM, H., WURM, K.: Futterkonservierung und – qualität. Leopold Stocker Verlag, Graz, 1999, 140 s.

WILKINSON, J. M.: Silage, 2005, First published in Great Britain by Chalcombe Publications, United Kingdom, 254 pp. ISBN 0 948617 50 0

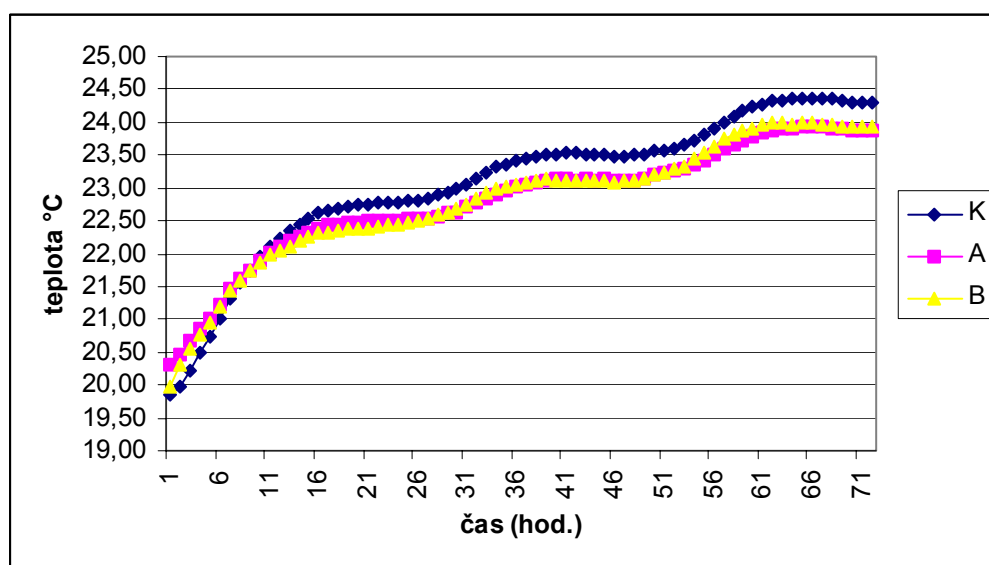
Tab. 1 Statistické vyhodnocení fermentačních procesů kukuřičných siláží

Varianta	Sušina g/kg suš.	pH	KVV mg KOH	KM g/kg sušiny	KO g/kg sušiny	KM/TMK	Suma kys. g/kg sušiny	Etanol g/kg sušiny	NH ₃ g/kg sušiny
K	248,97 ±7,971	3,95 ±0,0368	785,5 ±40,7421	29,21 ±3,7655	22,92 ±1,1881	54,98 ±3,4144	52,13 ±4,3320	18,14 ±0,8196	1,46 ±0,1096
		B,c	C	B	B,C			B,C	
A	265,61 ±2,964	3,68 ±0,0060	873,0 ±12,5433	44,05 ±0,6836	16,45 ±0,1832	72,81 ±0,2403	60,50 ±0,8100	43,16 ±0,8028	1,37 ±0,0753
		c	A,C	C	A,c	A		c	A,c
B	241,71 ±4,758	3,87 ±0,0095	567,8 ±44,3572	31,01 ±1,8994	14,44 ±0,5345	68,08 ±0,5876	45,45 ±2,4189	38,95 ±1,8667	1,38 ±0,0962
		b	B,a	A,B	b	A		b	A,b

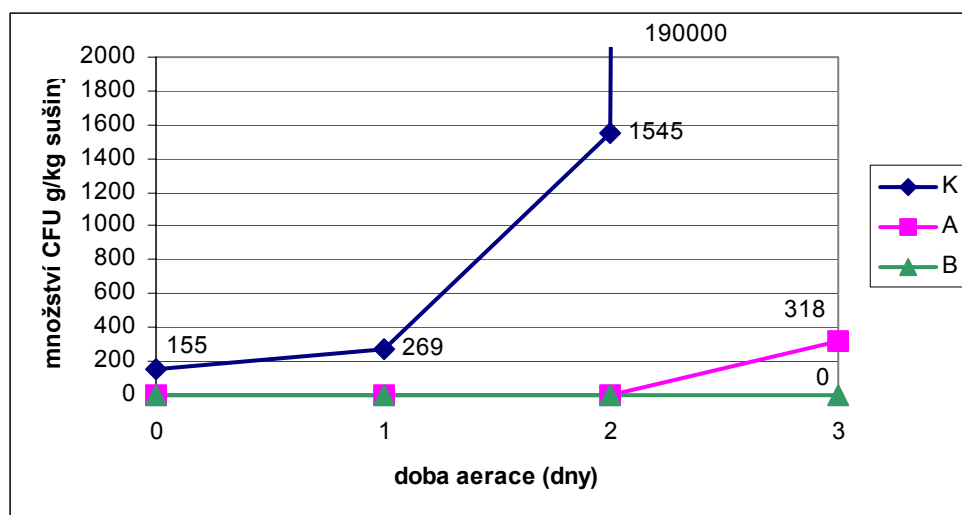
KM: kyselina mléčná, KO: kyselina octová, KM/TMK poměr kyseliny mléčné k sumě kyselin, NH₃–amoniak

Hodnoty označené velkými písmeny A, B, C, jsou odlišné (P<0,01), hodnoty označené malými písmeny a, b, c, jsou odlišné (P<0,05)

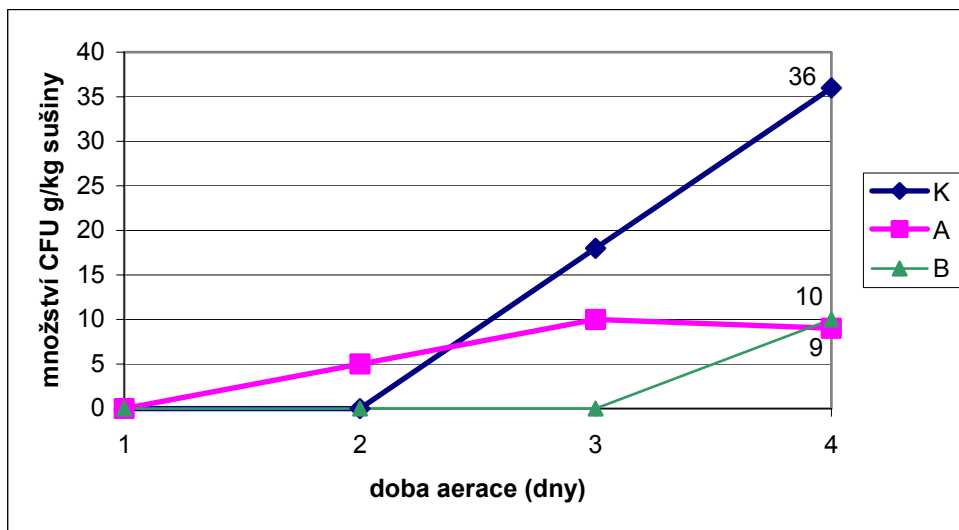
Graf 1 Stanovení tepelného zahřívání výsledných kukuřičných siláží



Graf 2 Mikrobiální kontaminace kvasinkami ve výsledných siláží první tři dny aerace



Graf 3 Mikrobiální kontaminace plísněmi ve výsledných silážích první tři dny aerace



Obr. 1 Kolonie kvasinek



Obr. 2 Kolonie plísní

