



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Papel da fermentação láctica na produção de silagem

Thiago Carvalho da Silva¹, Marcus Vinicius Bastos da Silva², Eder Galinari Ferreira², Odilon Gomes Pereira³, Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira⁴

¹Doutorando em Zootecnia – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa/MG

²Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFV, Viçosa/MG

³Professor Associado do Departamento de Zootecnia – UFV, Viçosa/MG

⁴Professor Titular do Departamento de Tecnologia de Alimentos - UFV, Viçosa/MG

Resumo

A ensilagem é o método de conservação da forragem sob condição de anaerobiose, onde ocorre uma metabiose, ou seja, uma sucessão de grupos de microrganismos até atingir um nível de acidez, por meio da produção de ácido láctico pelas bactérias produtoras de ácido láctico (BAL), no qual o desenvolvimento de microrganismos deterioradores, que são menos tolerantes às condições ácidas é inibido. Considera-se fermentação láctica, aquela na qual o ácido láctico é o principal produto final da fermentação. Portanto, bactérias homofermentativas, como *Lactobacillus lactis*, são desejáveis no processo de fermentação de silagens, uma vez que nesses microrganismos mais de 87% dos compostos do metabolismo é ácido láctico. Já na heterofermentação produtos adicionais como etanol ou acetato são formados, bem como CO₂. Inoculantes microbianos usados como aditivos incluem bactérias

homofermentativas, heterofermentativas, ou a combinação destas. Devido à especificidade existente entre a espécie forrageira e sua microflora epifítica, estudos visando isolar e identificar os principais grupos microbianos presentes nas principais plantas forrageiras utilizadas para ensilagem são necessários. Embora um grande número de trabalhos tem sido realizado para a produção de silagens, atualmente, não existe um padrão dessas respostas. Sabe-se que essas respostas dependem da forragem utilizada, da estirpe presente no inoculante e da sua concentração no momento da inoculação. Recomenda-se a realização de mais estudos avaliando-se o efeito dos inoculantes, principalmente sobre as perdas e sobre a sua viabilidade econômica, uma vez que a magnitude observada dessas respostas é baixa.

Role of latic acid fermentation in silage production

Abstract

Silage is the method of forage anaerobic conservation, where a metabiosis, or a succession of microbial groups containing lactic acid-producing bacteria (LAB), in which the development of spoilage microorganisms, which are less tolerant to acidic conditions, is inhibited. So homofermentative bacteria growing in the first stages of silage fermentation, such as *Lactobacillus lactis*, are desirable in the process of fermentation of silage. In the homofermentation, more than 87% of the latic acid is produced. In heterofermentation, additional products such as ethanol/acetate and CO₂ are formed. Microbial inoculants used as additives include homofermentative, heterofermentative LAB, or both. Due to specificity between the forage species and their epiphytic microflora, studies aiming to isolating and identifying the main microbial groups present in the main forage plants used for silage are scarce. It is known that inocula response are forage dependent. Therefore it is recommended studies which emphasizes dry matter losses and their relations to economic viability.

Introdução

A ensilagem é uma alternativa muito empregada nos sistemas de criação animal. Consiste na preservação de forragens úmidas, recém-colhidas, com elevado valor nutritivo, para serem administradas nas épocas de escassez de alimentos. Consiste em um método de conservação da forragem sob condição de anaerobiose, onde ocorre uma metabiose, ou seja, uma sucessão de grupos de microrganismos até atingir um nível de acidez, pelo acúmulo de ácidos orgânicos, no qual o desenvolvimento de microrganismos deterioradores, que são menos tolerantes às condições ácidas é inibido. Dentre os grupos de microrganismos deterioradores destacam-se as enterobactérias e os clostrídios (WOOLFORD 1984; PEREIRA e SANTOS, 2006).

As bactérias ácido láctico (BAL) da microflora epifítica (endógena) são essenciais para fermentação das silagens. Entretanto, esse grupo apresenta grande variação em concentração e espécie. Essa variação tem sido reportada do limite de detecção 10^1 a 10^5 UFC g^{-1} forragem na alfafa até 10^6 em gramíneas perenes e 10^7 em milho e sorgo (PAHLOW et al., 2003). Populações dentro dessa faixa têm sido também registradas em condições tropicais, para diferentes espécies forrageiras (ROCHA, 2003; PEREIRA et al; 2005; PEREIRA et al., 2006; SOUSA et al., 2006).

O pH ideal para silagens de boa qualidade fica na faixa de 3,8 e 4,2 (Mc DONALD et al., 1991). Assim, quanto mais rápida for a queda do pH, menores serão as perdas na ensilagem devido à maior conversão dos carboidratos solúveis da planta (principal substrato para as BAL) em ácido láctico, com uma maior recuperação de energia em relação às outras fermentações, pois não há perda de carbono na forma de CO_2 (Mc Donald et al., 1991). Características como o elevado teor de carboidratos solúveis, de matéria seca (MS) e baixo poder tampão são recomendadas para a espécie forrageira que se pretende conservar. O poder tampão reflete a capacidade de resistir a alterações no pH, determinada por substâncias tamponantes, representadas nas plantas por bases inorgânicas de K e CA, proteína, nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), sais orgânicos (malato, citrato, entre outros).

As BAL apresentam papel fundamental no processo de ensilagem, pois além de inibir o crescimento de microrganismos deterioradores, possibilitam uma maior recuperação da energia dos carboidratos fermentados por meio da produção de ácido láctico. A presença de bactérias ácido-lácticas homofermentativas é necessária principalmente na fase inicial da fermentação. A geração de CO₂ pelas bactérias heterofermentativas resulta em perda de carbono, ou seja, perda de nutrientes dos materiais das plantas. Portanto, BAL, como *Lactobacillus plantarum*, são desejáveis no processo de fermentação de silagens. BAL estão geralmente presentes em gramíneas e culturas anuais, todavia, há uma variação nas espécies e número de BAL de acordo com as diferentes plantas, solos e estações do ano (Ávila et al. 2009a). A maioria dos inoculantes é composta de bactérias homofermentativas. A eficiência de um inoculante depende da concentração do inóculo, bem como do teor de açúcar do material ensilado. Materiais com menos de 2% de açúcar, fermentados com inoculantes que contenham menos de 10⁵⁻⁶ UFC dificilmente resultarão em silagem de boa qualidade (OHMOMO et al. 2002).

Neste trabalho serão discutidos o processo de ensilagem, o papel das bactérias ácido láctico e os seus efeitos sobre as características das silagens.

O processo de ensilagem

O processo de ensilagem tem como objetivo principal preservar os nutrientes presentes na forragem, com o mínimo de perdas de MS e energia (Souza et al., 2009). É dividido em quatro fases, de diferentes durações e intensidades, as quais não podem ser separadas precisamente uma da outra (PAHLOW et al., 2003):

Fase 1: Fase aeróbia inicial – Caracteriza-se pela presença de oxigênio junto ao material que será ensilado. Nesta, a principal reação que ocorre é a respiração celular, que utiliza o oxigênio do ar e substratos presentes no material picado, produzindo CO₂, calor e H₂O. Os substratos usados para a respiração são os carboidratos solúveis (CS), devido à facilidade com que são assimilados ao processo. Eles são formados de açúcares simples e se prestam

tanto como substrato para o processo fermentativo da silagem como energia para o animal.

Assim, quanto mais tempo o material permanecer picado e exposto ao ar (O_2), mais CS será consumido, podendo implicar em menor conteúdo energético da silagem, menor eficiência no processo de fermentação e aquecimento excessivo da massa ensilada. Mesmo depois de compactado e vedado, o material estará em contato com o O_2 . Esse O_2 precisa ser consumido para que o meio se torne anaeróbico, e isso só é possível pela respiração celular. A quantidade de respiração que ocorrerá (e conseqüentemente consumo de CS) dependerá da disponibilidade de O_2 presente no material ensilado. Por essa razão, recomenda-se rapidez nos processos de colheita, picagem e descarregamento, aliados à eficiência (e também rapidez) na compactação e vedação final do silo. Com uma boa picagem, compactação e vedação, espera-se que em poucas horas se esgote todo o O_2 presente na massa ensilada e o ambiente se torne anaeróbico.

Do ponto de vista fermentativo, a fase aeróbica é indesejável. No entanto, ela é fase obrigatória no processo de ensilagem, mas deve ser reduzida ao mínimo adotando algumas praticas de manejo anteriormente mencionadas.

Fase 2: Fase de fermentação principal – Esta fase se estende por uma a quatro semanas (Muck & Pitt, 1993), dependendo das propriedades do material ensilado e das condições de ensilagem. Uma vez que as condições de anaerobiose são estabelecidas, os microrganismos anaeróbios dominam o processo de fermentação. O principal produto da fermentação é o ácido láctico, que ajuda as BAL nos estádios iniciais da fermentação controlarem uma variedade de microrganismos anaeróbios facultativos e obrigatórios, tais como enterobactérias, leveduras, bacilos e clostrídios, que competem por carboidratos solúveis em água. O princípio da ação dos ácidos orgânicos é baseado nos diferentes níveis de resistência dos microrganismos à acidez. Ou seja, com o progresso da fermentação, a população de BAL aumenta, produzindo quantidades crescentes de ácido láctico, dominando assim, a microflora remanescente na massa ensilada. Essa fase se prolonga até que o

pH seja reduzido o suficiente para inibir o crescimento das BAL, iniciando-se a fase de estabilização (OHMOMO et al., 2002).

Fase 3: Fase estável – Nesta fase, somente a hidrólise ácida de polissacarídeos e a proteólise são mantidas, como resultado da atividade de enzimas ácido-tolerantes (PAHLOW et al., 2003). No entanto, várias espécies de leveduras altamente ácido-tolerantes sobrevivem nesta fase em estágio inativo, juntamente com bacilos e clostrídios, que estão dormentes, na forma de endosporos. Neste período, podem ocorrer fermentações secundárias, resultando em deterioração da silagem. Estas fermentações estão associadas a deficiência de carboidratos fermentescíveis, ou a uma lenta produção de ácido láctico, conduzindo a uma ineficiente inibição da flora deterioradora, como as bactérias do gênero *Clostridium*.

Fase 4: Fase de descarga – Nesta fase, após a abertura do silo, a silagem, que foi previamente mantida sob condições de anaerobiose, é exposta ao oxigênio. A presença de oxigênio favorece a atividade de microrganismos indesejáveis, tais como fungos, leveduras e bactérias ácido acético. Estes microrganismos utilizam substratos residuais e produtos da fermentação para seu crescimento, resultando em deterioração da silagem. Os principais indicadores desta deterioração são a produção de calor e CO₂, devido à respiração, diminuição da concentração de ácido láctico e aumento no pH, assim como decréscimo substancial no valor nutricional. Silagens que sofreram deterioração são denominadas de silagens instáveis anaerobiamente, nas quais as perdas de matéria seca podem ser elevadas. Segundo Oude Elferink et al. (2002), perdas de matéria seca da ordem de 1,5-4,5% dia⁻¹ podem ocorrer, nas áreas afetadas.

Fermentação láctica

Considera-se fermentação láctica, aquela na qual o ácido láctico é o principal produto final da fermentação. A flora de BAL é frequentemente dividida em dois tipos de fermentação de hexose a ácido láctico. Na homofermentação o ácido láctico é o principal produto do metabolismo. Na heterofermentação

produtos adicionais como etanol/acetato e CO₂ são formados. Se pentoses tais como xilose ou arabinose são usadas como substratos, os produtos finais formados por ambos tipos fermentativos são idênticos, normalmente ácido láctico e acético, sem produção de CO₂ (Woolford, 1984).

Para as espécies do gênero *Lactobacillus*, três grupos foram definidos com base na presença ou ausência das enzimas aldolase e fosfocetolase (Kandler e Weiss, 1986).

Grupo 1: Homofermentativas obrigatórias, que fermentam hexoses homolaticamente, quase que exclusivamente a ácido láctico (>85%), porém, são incapazes de fermentar pentoses, dada a falta da enzima fosfocetolase;

Lactobacillus homofermentativos	
1A. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>Delbrueckii</i>	9. <i>L. helveticus</i>
1B. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	10. <i>L. jensenii</i>
1C. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	11. <i>L. ruminis</i>
2. <i>L. acidophilus</i>	12. <i>L. salivarius</i>
3. <i>L. amylophilus</i>	13. <i>L. sharpeae</i>
4. <i>L. amylovorus</i>	14. <i>L. vitulinus</i>
5. <i>L. animalis</i>	15. <i>L. yamanashiensis</i>
6. <i>L. crispatus</i>	
7. <i>L. farciminis</i>	
8. <i>L. gasseri</i>	

Grupo 2: Heterofermentativas facultativas, que utilizam a mesma via das hexoses do grupo 1, porém são capazes de fermentar pentoses, pois possuem as enzimas aldolase e fosfocetolase;

Lactobacillus heterofermentativos facultativos (Kandler e Weiss, 1986)	
16. <i>L. agilis</i>	20b. <i>L. coryniformis</i> subsp. <i>Torquens</i>
17. <i>L. alimentarius</i>	21. <i>L. curvatus</i>
18. <i>L. bavaricus</i>	22. <i>L. homohiochii</i>
19a. <i>L. casei</i> subsp. <i>Casei</i>	23. <i>L. maltaromicus</i>
19b. <i>L. casei</i> subsp. <i>pseudo-plantarum</i>	24. <i>L. murinus</i>
19c. <i>L. casei</i> subsp. <i>rhamnosus</i>	25. <i>L. plantarum</i>
19d. <i>L. casei</i> subsp. <i>tolerans</i>	26. <i>L. sake</i>
20a. <i>L. coryniformis</i> subsp. <i>coryniformis</i>	

Grupo 3: Heterofermentativas obrigatórias, que fermentam hexoses, formando ácido láctico, etanol (ou ácido acético) e CO₂, podendo ainda fermentar pentoses para formar ácido láctico e ácido acético.

Lactobacillus heterofermentativos facultativos (Kandler e Weiss, 1986)	
27. <i>L. bifementans</i>	36. <i>L. halotolerans</i>
28. <i>L. brevis</i>	37. <i>L. hilgardii</i>
29. <i>L. buchneri</i>	38. <i>L. kandleri</i>
30. <i>L. collinoides</i>	39. <i>L. kefir</i>
31. <i>L. confusus</i>	40. <i>L. minor</i>
32. <i>L. divergens</i>	41. <i>L. reuteri</i>
33. <i>L. fermentum</i>	42. <i>L. sanfrancisco</i>
34. <i>L. fructivorans</i>	43. <i>L. Vaccinostercus</i>
35. <i>L. fructosus</i>	44. <i>L. viridescens</i>

Bactérias ácido láctico e seus efeitos na fermentação das silagens

Os aditivos são classificados de acordo com as funções que exercem, ou seja, estimulantes da fermentação e inibidores da fermentação. Os estimulantes da fermentação podem ainda ser subdivididos em nutritivos (uréia, biureto, cama ou esterco puro de aves, melão, carbonato de cálcio, concentrados e cana-de-açúcar), e não nutritivos (inoculantes bacterianos e enzimas, celulasas e hemicelulasas).

Inoculantes microbianos usados como aditivos incluem bactérias homofermentativas, heterofermentativas, ou a combinação destas. Os microrganismos homofermentativos caracterizam-se pela taxa de fermentação mais rápida, menor proteólise, maior concentração de ácido láctico, menores teores de ácidos acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de energia e matéria seca. Bactérias heterofermentativas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, sob baixo pH. O uso de inoculantes microbianos e enzimo-microbianos têm sido amplamente documentado em

trabalhos de pesquisa (PENTEADO et al., 2007; ÁVILA et al., 2009a; ÁVILA et al., 2009b; JALČ et al., 2009; KUNG Jr, 2010; REICH & KUNG Jr, 2010).

Zopollatto et al. (2009) num estudo de metanálise (1999-2009) detectaram uma limitação de dados sobre o efeito de aditivos microbianos na qualidade das silagens. Observaram que o número de trabalhos realizados é insuficiente para fornecer posições conclusivas sobre os efeitos dos aditivos, ressaltando ainda a escassez de dados em determinadas áreas, como o desempenho no gado leiteiro. Os resultados documentados por estes autores mostram que a magnitude das respostas, principalmente sobre o desempenho animal é baixa. Desta forma a justificativa para o uso desses aditivos deve ser avaliada considerando-se a diminuição das perdas na ensilagem e a maior preservação do valor nutritivo da planta. Além disso, constataram que a intensidade das respostas varia de acordo com a espécie vegetal e com o microrganismo estudado, sugerindo uma especificidade entre estes dois componentes.

No entanto, estudos realizados nas décadas de 80 e 90 já haviam mostrado que as respostas de fermentação diferem entre estirpes de uma mesma espécie (WOOLFORD E SAWCZYC 1984, HILL 1989; FITZSIMONS et al 1992). Hill (1989) observou que ao inocular na ensilagem de milho duas estirpes de *Lactobacillus plantarum* isoladas do milho e do capim, a estirpe dominante após a ensilagem foi a que havia sido isolada do milho. O mesmo foi observado para o capim, onde a população de bactérias lácticas foi dominada pelas suas estirpes.

Muitos dos resultados inconclusivos observados em estudos de fermentação de silagens podem estar relacionados a este princípio, que pode ter sido deixado de lado. Devido a essa especificidade existente entre a espécie forrageira e sua microflora epifítica, estudos visando isolar e identificar os principais grupos microbianos presentes nas principais plantas forrageiras utilizadas para ensilagem são necessários. Ávila et al (2009b) isolaram estirpes de *L. buchneri* em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e verificaram que a adição de *L. buchneri* UFLA SIL 72 reduziu a população de fungos e a

concentração de etanol nas silagens. Santos et al. (2007) observaram redução na concentração de nitrogênio amoniacal e na população de enterobactérias em silagens de capim mombaça (*Panicum maximum*) inoculadas com isolados de *L. plantarum* provenientes da microflora epifítica.

Desta forma os inoculantes para silagem podem facilitar ou acelerar o processo de ensilagem, mas eles não substituem os fatores fundamentais (maturidade da planta, teor de matéria seca, a exclusão de oxigênio), que são primordiais para produção de silagem de boa qualidade. Dentre estes fatores a idade de rebrotação é a que influencia todas as características da silagem desde a fermentação até o valor nutritivo, considerando-se as perdas.

Meeske & Basson (1998) avaliaram o efeito de inoculante contendo *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbruekii ssp. bulgaricus* e *Lactobacillus plantarum*, sobre silagem de milho não verificaram efeito de inoculante sobre o pH e a produção de ácido láctico em silagem de milho. Segundo os autores, a elevada concentração BAL presentes na planta antes da ensilagem (microflora epifítica), levaram a tais resultados. Além disso, a quantidade de bactérias do gênero *Clostridium* presentes em maior número no tratamento sem inoculantes, não resultou em diminuição do teor de proteína bruta da silagem não tratada, de modo que não foi detectada a formação de ácido butírico.

O elevado teor de carboidratos solúveis residuais das silagens, principalmente de milho, sorgo e cana-de-açúcar, favorece o processo de deterioração aeróbia por fungos e leveduras, ocasionando perdas após abertura dos silos. Contudo, os ácidos orgânicos produzidos pela fermentação das BAL heterofermentativas, principalmente o ácido acético apresenta ação fungicida e pode atenuar essa deterioração aumentando a estabilidade aeróbia das silagens (KUNG Jr. & RANJIT, 2001; RANJIT & KUNG Jr. 2000). Por isso, inoculantes contendo BAL heterofermentativas (ex. *L. buchneri*) têm sido utilizados visando aumentar a estabilidade aeróbia das silagens.

Ávila et al., (2009a) avaliaram a estabilidade aeróbia de silagens de capim mombaça *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) inoculadas com duas estirpes de *Lactobacillus buchneri*, uma proveniente de um inoculante

comercial e outra isolada de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Observou-se aumento nos teores de MS após a abertura dos silos, enquanto o teor de carboidratos solúveis não apresentou alteração, devido à baixa concentração residual, característica das silagens de capins. As concentrações de NH_3 (%N-total) observadas estavam acima dos 12% recomendados por Molina et al. (2002) para silagens de boa qualidade, indicando elevada proteólise durante a fermentação, devido ao baixo suprimento de carboidratos solúveis capaz de provocar o rápido abaixamento do pH.

Kleinschimit e Kung Jr. (2006), em estudo de metanálise (43 experimentos), avaliaram o efeito de *L. buchneri* sobre a fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho, gramíneas e grãos de pequeno porte. Em geral, a inoculação reduziu o pH, as concentrações de ácido láctico e contagem de fungos, e ao mesmo tempo aumentou as concentrações de ácido acético e a estabilidade aeróbia em todos os tipos de silagens. O aumento na estabilidade aeróbia foi mais pronunciado nas silagens de milho. Além disso, foi observado aumento nas concentrações de ácido propiônico e etanol e diminuição das concentrações de carboidratos solúveis nas silagens de gramíneas e grãos de pequeno porte. Observou-se correlação entre o aumento da concentração de ácido acético e a diminuição da população de fungos, ressaltando o seu efeito fungicida. Nos trabalhos avaliados a inoculação com *L. buchneri* modificou o perfil de fermentação das silagens, diminuindo a relação lactato:acetato, sem comprometer a eficiência dos processos, pois os valores de recuperação de MS permaneceram acima de 90%, valor preconizado como mínimo para essa variável nessas plantas. Os autores ainda sugerem a existência do efeito cultura-específico.

Avaliando silagens de cevada inoculadas com *L. buchneri*, Taylor et al. (2002) observaram diminuição do número de leveduras e mofos, aumento da estabilidade aeróbica sem alteração no consumo de MS e na produção de leite.

Na Tabela 1 encontram-se alguns trabalhos avaliando o efeito das BAL sobre a fermentação das silagens. Observa-se que não existe um padrão das respostas, como foi discutido anteriormente, e o seu efeito depende da cultura

utilizada, da estirpe do microrganismo e da sua concentração no momento da inoculação. Os efeitos, embora significativos, são de baixa magnitude, o que leva a refletir sobre o uso dos inoculantes sem o conhecimento dos princípios microbiológicos e das características da planta forrageira.

As BAL homofermentativas são utilizadas no intuito de melhorar o processo fermentativo da silagem por meio do aumento na concentração de ácido láctico, o que diminui o nitrogênio amoniacal e as perdas de MS. Já as BAL heterofermentativas promovem melhorias principalmente após a abertura do silo, aumentando a estabilidade aeróbica da silagem, pela inibição do crescimento de fungos e leveduras. Assim, muitos dos trabalhos de pesquisa têm recomendado o uso de inoculantes combinando os dois grupos de BAL supracitados, devido à sua maior eficácia em relação ao uso isolado.

Conclusões

A fermentação láctica é o ponto chave do qual depende todo o processo de ensilagem, devido à menor perda de nutrientes e preservação adequada do material ensilado.

O uso de bactérias lácticas como aditivos para melhorar a qualidade das silagens deve levar em consideração a interação microrganismo-espécie forrageira, por que as estirpes apresentam efeito pronunciado nas espécies das quais já fazem parte da microflora epifítica.

Recomenda-se a realização de mais estudos avaliando o efeito dos inoculantes, principalmente sobre as perdas e sobre a sua viabilidade econômica, uma vez que a magnitude observada dessas respostas é baixa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P. et al. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.779-787, 2009a.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P. et al. Effects of an indigenous and a commercial *Lactobacillus buchneri* strain on quality of sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v.64, n.4, p.384-394, 2009b.

SILVA, T.C. et al. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 998, 2011.

FILYA, I; ASHBELL, G.; HEN, Y. et al. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.88, p.39-46, 2000.

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3575-3581, 2003.

FITZSIMONS, A.; DUFFNER, F.; CURTIN, D. et al. Assessment of *Pediococcus acidilactici* as a potential silage inoculant. **Appl. Environ. Microbiol.** v.58, n.9, p.3047-3052, 1992.

HILL, H. A. Microbial ecology of lactobacilli in silage. In: Food for Thought - **Proceedings of the 2nd Forage Symposium**, Pioneer Hi-Bred International, Johnston, IA, pp. 47-64, 1989.

Jalčí, D.; Laukova, A.; Simonova, M. et al. The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and fermentation parameters in grass silages. **Czech Journal of Animal Science**, v.54,n.2, p.84-91, 2009.

KANDLER, O.; WEISS, N. Lactobacillus. In: SNEATH, P. H. A.; MAIR, N. S.; SHARPE, M. E.; HOLT, J. G. **Bergey's manual of systematic bacteriology**. Baltimore: Williams and Wilkins, 1986.

KLEINSCHIMIT, D.H.; KUNG Jr., L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grains silages. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.10, p.4005-4013, 2006.

KUNG Jr., L.; RANJIT N.K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.5, p.1149-1155, 2001.

MAGALHÃES, V.J.A.; RODRIGUES, P.H.M. Avaliação de inoculante microbiano na composição bromatológica, fermentação e estabilidade aeróbia da silagem pré-seca de alfafa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.51-59, 2004.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2ª ed. Mallow Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MEESKE, R.; BASSON, H.M. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. **Animal Feed Science Technology**, v.70, n.3, p.239-247, 1998.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Qualidade das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.2, p.159-168, 2002.

Muck, R.E. Silage Microbiology and Its Control through Additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, (supl. especial), p.183-191, 2010.

MUCK, R. E. Silage Inoculation: inoculation of silage and its effects on silage quality. In: Conference with Dairy and Forage Industries. **Proceedings...** Madison-US, p.43-51, 1996.

MUCK, R.E. PITT, R.E. The role of silage additives in making quality silage. In: SILAGE PRODUCTION FROM SEED TO ANIMAL. New York. **Proceedings...** New York: NRAS, n. 67, 1993. p. 57-66.

SILVA, T.C. et al. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 998, 2011.

NKOSI, B.D.; MEESKE, R.; van der MERWE, H.J. et al. Effects of homofermentative and heterofermentative bacterial silage inoculants on potato hash silage fermentation and digestibility in rams. **Animal Feed Science and Technology**, v.157, p.195–200, 2010.

OHMOMO, S.; TANAKA, O.; KITAMOTO, H. K.; CAI, Y. Silage and microbial performance, old history but new problem. **Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)**, v.36 n.2, p.59–71, 2002.

OLIVEIRA, J.S.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M. et al. Populações microbianas e composição química de silagem de capim-mombaça (*Panicum maximum*) inoculado com *Streptococcus bovis* isolado de rúmen. **Archives of Veterinary Science**, v.12, n.2. p.35-40, 2007.

PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.

PENTEADO, D.C.S.; SANTOS E.M.; CARVALHO, G.J.P. et al. Inoculação com *Lactobacillus plantarum* da microbiota em silagem de capim mombaça. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.214, p.191- 202, 2007.

PEREIRA, O. G. , SANTOS, E. M. Microbiologia e o processo de fermentação em silagens. In: PEREIRA, O. G., OBEID, J. A., NASCIMENTO JÚNIOR, D., FONSECA., D.M. (Eds.). **III Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa, 2006, p.393-430.

PEREIRA, O.G., SANTOS, E.M., FERREIRA, C.L.L.F. et al.. Populações microbianas em silagem de capim-mombaça de diferentes idades de rebrotação. In: XLIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. João Pessoa-PB. **Anais...UFPB**. João Pessoa. 2006. CD-ROM.

PEREIRA, O.G.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, C.L.L.F. et al. Populações microbianas em silagem de capim-mombaça de diferentes idades de rebrotação. In: XLIII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2006. CD-ROM. Forragicultura.

RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. **Journal of dairy science**, v. 83, n. 3, p. 526–535, 2000.

REICH, L.J.; KUNG Jr, L. Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Animal Feed Science and Technology**. v.159, p.105-109, 2010.

ROCHA, K.D. **Silagens de capim-elefante cv. cameroon, de milho e de sorgo produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos: populações microbianas, consumo e digestibilidade**. Viçosa: Universidade Federal da Viçosa, 2003. 79p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

RODRIGUES, P.H.M.; ALMEIDA, T.F.; MELOTTI, L. et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e sobre a fermentação da silagem de girassol produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6S p.21689-2175, 2001.

ROWGHANI, E.; ZAMIRI, M.J. The effects of a microbial inoculant and formic acid as silage additives on chemical composition, ruminal degradability and nutrient digestibility of corn silage in sheep. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v.10, n.2, p.110-118, 2009.

SILVA, T.C. et al. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 998, 2011.

SOUSA, L.O.; SANTOS, E.M.; PENTEADO, D.C.S. et al. Composição bromatológica de silagem de capim-mombaça inoculada com *Lactobacillus plantarum* da microbiota epifítica. IN: VI CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA – ZOOTEC. Recife. **Anais...** Recife: UFRPE 2006. CD-ROM.

SOUZA, W.F.; RIGUEIRA, J.P.S.; ROSA, L.O. et al. Papel da fermentação propiônica na produção de silagem. **PUBVET**, Londrina, V. 3, N. 4, 2009. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=644. Acesso em: 04/12/2010.

TAYLOR, C. C.; RANJIT, N. J.; MILLS, J. A. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.7, p.1793-1800, 2002.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. et al. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v.28, p.7-11, 2002.

WOOLFORD, M.K. & SAWCZYC, M.K. An investigation into the effect of cultures of lactic acid bacteria on fermentation in silage. 1. Strain selection. **Grass Forage Science**. 39:139-148, 1984.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York, Marcel Dekker, 1984. p.23-132.

ZANINE, A.M. et al. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.209, p.75-84, 2006.

ZHANG, T.; LI, L.; WANG, X. et al. Effects of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on fermentation, aerobic stability, bacteria diversity and ruminal degradability of alfalfa silage. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.25, p.965-971, 2009.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009 (supl. especial).

Tabela 1 – Efeito de inoculantes com bactérias lácticas sobre o perfil fermentativo das silagens.

Autor	ANO	Cultura	Microrganismo	pH	NH ₃	AL ¹	AA ²	AP ³	AB ⁴	ET ⁵	EA ⁶	PMS ⁷	RMS ⁸
Filya et al.	2000	Trigo	<i>L. plantarum/ E. faecium</i>	--		++	ns		ns		ns		
			<i>L. pentosus</i>	--		++	ns		ns		ns		
Rodrigues et al.	2001	Girassol	<i>S. faecium/ P. acidilacti/ L. plantarum</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	
			<i>L. plantarum/ Lactobacillus sp.</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	
			<i>S. faecium/ L. plantarum</i>	--	--	ns	--	++	ns		ns	ns	
Weinberg et al.	2002	Trigo	<i>L. buchneri</i>	ns		ns	++				+	++	
			<i>L. plantarum</i>	ns		--	++				+	--	
Filya	2003	Trigo	<i>L. buchneri</i>	++	ns	--	++				++	++	
			<i>L. plantarum</i>	ns	--	++	ns				ns	--	
			<i>L. plantarum/ L. buchneri</i>	ns	--	ns	++				++	--	
Filya	2003	Sorgo	<i>L. buchneri</i>	ns	ns	--	++				++	++	
			<i>L. plantarum</i>	ns	--	ns	ns				--	--	
			<i>L. plantarum/ L. buchneri</i>	ns	--	--	++				++	--	
Magalhaes & Rodrigues	2004	Alfafa	<i>L. plantarum/ Pediococcus pentosaceus</i>	ns	ns	ns	++	ns	ns	ns	ns		

SILVA, T.C. et al. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 998, 2011.

Kleinschimit & Kung Jr.	2006	Milho	<i>L. buchneri</i>	++	ns	--	++	ns	ns	+	ns
		Capim		--	ns	--	++	++	++	+	--
Jalc et al.	2009	Capim	<i>E. faecium</i>	--	++	++	--	ns			
			<i>L. plantarum</i>	--	--	++	++	ns			
Rowghani & Zamiri	2009	Milho	<i>P. acidipropionici/ L. plantarum</i>	--		--	--	--	--		++
Zhang	2009	Alfafa	<i>L. buchneri</i>	--	ns	ns	++	ns	--		++
			<i>L. plantarum</i>	--	ns	++	ns	ns	--		ns
			<i>L. plantarum/ L. buchneri</i>	--	--	++	++	ns	--		++
Ávila	2009	Cana-de-acucar	<i>L. buchneri</i>	ns		ns	++	++	ns	--	+
Nkosi et al.	2010	Batata + FT*	<i>L. buchneri</i>	--	--	++	++	ns	--		++
			<i>L. paracasei/ L. lactis/ P. acidilacti</i>	--	--	++	--	--	--		--

*Co-produto da batata + 30% de farelo de trigo; ¹ácido láctico, ²ácido acético, ³ácido propiônico, ⁴ácido butírico, ⁵etanol, ⁶estabilidade aeróbica, ⁷perdas de matéria seca, ⁸recuperação de matéria seca.

ns = não significativo; + = aumento numérico; - = diminuição numérica; ++ = aumento significativo (P<0,05)/ - - = diminuição significativa (P<0,05).