

# COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA E PERFIL DE FERMENTAÇÃO DA SILAGEM DE RESÍDUO ÚMIDO DE FÉCULA DE MANDIOCA

## CHEMICAL COMPOSITION AND PROFILE OF THE FERMENTATION OF CASSAVA STARCH BY-PRODUCTS SILAGE

João Arlindo Gouveia GONÇALVES<sup>1</sup>; Maximiliane Alavarze ZAMBOM<sup>2</sup>; Tatiane FERNANDES<sup>2</sup>; Eduardo Eustáquio MESQUITA<sup>2</sup>; Emerson SCHIMIDT<sup>3</sup>; Cleovani Rossi JAVORSKI<sup>1</sup>; Deise DalazenCASTAGNARA<sup>4</sup>

1. Mestrandos, Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil; 2. Professores Adjunto, Centro de Ciências Agrárias - UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. mazambom@hotmail.com. 3. Técnico em Agropecuária, Estação Experimental da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil, 4. Professora Auxiliar Nível I, Curso de Medicina Veterinária, UNIPAMPA, Uruguaiana, RS, Brasil.

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo estudar a composição química e o perfil de fermentação do resíduo úmido de fécula de mandioca ensilado *in natura* ou após pré secagem ao sol por três horas, durante 0, 28 e 56 dias. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Estudou-se as concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose, lignina, cinzas, sílica, extrato etéreo, matéria orgânica e matéria seca no resíduo úmido de fécula de mandioca antes da ensilagem e após os períodos de fermentação. Nas mesmas ocasiões determinou-se a temperatura, pH, e as populações de enterobactérias, bactérias ácido lácticas, *Clostridium* spp., fungos e leveduras e a população total de microrganismos. Apenas a sílica não foi alterada pelos tratamentos estudados. O processo de ensilagem reduziu as concentrações de FDN e hemicelulose e elevou as concentrações de FDA, lignina e hemicelulose dos resíduos, enquanto o pH e as populações de microrganismos foram reduzidas com o processo de ensilagem. A pré secagem ao sol por três horas do resíduo úmido de fécula de mandioca permitiu a ensilagem de um material com menor umidade, não promoveu alterações no perfil fermentativo e população microbiológica das silagens aos 28 e 56 dias de fermentação e reduziu a fibra em detergente neutro e hemicelulose das silagens obtidas. A silagem de resíduo úmido de fécula apresenta redução no conteúdo de proteína bruta com o decorrer do período de fermentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conservação. Fermentação anaeróbica. Microrganismos.

### INTRODUÇÃO

A intensificação dos sistemas de produção, com a introdução de novas tecnologias representa uma estratégia de competitividade que pode contribuir para o desempenho positivo de toda cadeia produtiva da pecuária (RENNÓ et al., 2008).

Dentre as novas tecnologias disponíveis, tem-se a possibilidade da utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação animal. A utilização desses subprodutos permite a redução nos custos com a alimentação de ruminantes (SOUZA et al., 2012), uma vez que estes animais têm maior capacidade de utilização de sub produtos, devido a capacidade fermentativa do rúmen. Além disso, os gastos com alimentação animal representam a maior parte dos custos de produção (JOBIM et al., 2007) chegando a aproximadamente 65% dos custos operacionais, para bovinos de leite (BATH; SOSNIK, 1992; NOGUEIRA, 2004) e 22% dos custos operacionais para bovinos de corte, sendo

inferior apenas a compra dos animais (LOPES; MAGALHÃES, 2005).

No entanto, como a qualidade dos alimentos é crucial na obtenção da eficiência produtiva (JOBIM et al., 2007), para que os subprodutos sejam utilizados sem comprometer a produção animal, devem ter a sua composição química quantificada, ser armazenados adequadamente (SOUZA et al., 2012) e ter estabelecidos os níveis de inclusão nas dietas (ABRAHÃO et al., 2006). Da mesma forma, outros componentes do custo devem ser considerados, como a logística (transporte, descarga e armazenamento); perdas na armazenagem; fluxo de caixa da propriedade; teor de matéria seca do material (principalmente no caso de produtos úmidos); além do resultado de desempenho que se pode esperar da introdução de um determinado subproduto na dieta (PEDROSO; CARVALHO, 2006).

Dentre os subprodutos possíveis de serem utilizados na alimentação animal tem-se o resíduo úmido de fécula de mandioca, obtido após a

extração do amido por via úmida (ABRAHÃO et al., 2006). Apesar de ser um material rico em carboidratos, composto pelo material fibroso da raiz, contendo parte do amido que não foi possível extrair no processamento (CEREDA, 2000), de fácil e rápida fermentação ruminal (CALDAS NETO et al., 2000), possui alta umidade (85%), que dificulta sua conservação (ABRAHÃO et al., 2006).

A ensilagem é um processo eficiente (SOUZA et al., 2012) para a armazenagem de subprodutos com alta umidade, como o resíduo de fécula de mandioca evitando assim perdas por degradação. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a composição química e o perfil de fermentação do resíduo úmido de fécula de mandioca ensilado *in natura* ou pré seco ao sol.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Zootecnia localizado na estação experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa; e as análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratório de Nutrição Animal e Microbiologia, ambos pertencentes à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

O resíduo úmido de fécula de mandioca utilizado foi obtido em indústria de amido de mandioca no município de Marechal Cândido Rondon.

Para avaliação da silagem foram utilizados dois tratamentos: o resíduo úmido de fécula de mandioca foi ensilado na forma *in natura* (úmido) e após pré secagem ao sol (seco). Para a pré secagem, uma camada de 10 cm de espessura de resíduo úmido foi distribuído sobre uma superfície de concreto por um período de 3 horas, permanecendo sob a incidência de raios solares e ventilação natural.

Na ensilagem dos materiais foram utilizados silos experimentais de Cloreto de Polivinila (PVC), com de 500 mm de altura e 100 mm de diâmetro. Em cada silo foram acomodados 3000 g de resíduo úmido ou pré seco, contendo 131,70 e 149,80g/kg de matéria seca, respectivamente, de forma que após cada carregamento de 500 g aproximadamente, era realizada a compactação até o enchimento dos silos. Para a drenagem dos efluentes durante a fermentação, antes da ensilagem foi colocada no fundo de cada silo uma camada de areia, nas quantidades de 700 g e 500 g para o resíduo úmido e seco, respectivamente. Após a ensilagem os silos foram tampados com tampas também de PVC

dotadas de válvulas do tipo *Bunsen* para o livre escape dos gases, as quais tiveram suas laterais lacradas junto à parede dos silos com fita adesiva para a manutenção do ambiente anaeróbico.

Para o estudo da composição química, conteúdos de matéria seca e matéria orgânica, temperatura e pH, e população microbiológica das silagens adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo e quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os resíduos ensilados (úmido e seco) e nas subparcelas os tempos de amostragem (0; 28 e 56 dias após a ensilagem).

O material correspondente ao tempo zero foi obtido imediatamente antes da ensilagem.

Nos tempos determinados após a ensilagem, os silos foram abertos para a amostragem das silagens. Por ocasião da abertura dos silos, foram descartadas as porções superior e inferior de cada silo, assegurando a não ocorrência de contaminações. Após os descartes, o restante do material foi homogeneizado em bandejas plásticas limpas foram realizadas as amostragens para as variáveis a serem determinadas.

As amostras destinadas ao estudo da composição química foram submetidas à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas para a determinação dos teores de matéria seca (MS), segundo a AOAC (1990).

Após a secagem as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 30 *mesh*, e submetidas a procedimentos laboratoriais para a avaliação dos teores de proteína bruta (PB) acordo com a AOAC (1990), cinzas, e lignina conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006); e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991). A matéria orgânica (MO) foi obtida pela diferença entre o teor de cinzas e o total de MS.

Nas amostras destinadas à determinação do pH, as leituras foram realizadas com potenciômetro no extrato aquoso formado por uma fração de 25g de amostra de silagem misturada a 450 mL de água deionizada segundo a metodologia descrita por Cherney e Cherney (2003). A temperatura foi monitorada por meio de um termômetro digital tipo espeto.

A população microbiológica foi determinada por meio de técnicas de culturas seletivas em solução preparada com 50 g de amostras das silagens e 450 mL de água destilada esterilizada.

As populações de bactérias e fungos foram determinadas segundo Silva et al. (1997), utilizando

os seguintes meios: Potato Destrose Ágar com incubação a 28°C por cinco dias para contagem de fungos filamentosos; Lactobacillus MRS Broth para contagem de *Lactobacillus*, mantendo-se as placas em incubação a 35°C por 72 horas; Vaiiolet Red Bile Ágar (Oxford) para contagem de enterobactérias, mantendo-se as placas em incubação a 35°C por 72 horas; Reinforced Clostridial Ágar para contagem de clostrídios, mantendo-se as placas em incubação anaeróbia utilizando-se jarras com sistema de gás – Park a 35°C por 72 horas.

Após o período de incubação as colônias foram contadas, utilizando-se um contador de colônias Quebec, sendo passíveis de serem contadas as placas que apresentaram entre 30 e 300 UFC (Unidade Formadora Colônia) por placa de petri e os resultados foram obtidos por meio de média das placas, na diluição selecionada, e expressos em log.

As leveduras foram isoladas por indução de crescimento em meio de cultivo YEFG (extrato de

levedura, peptona, glicose, agar e água). As placas de petri com os meios inoculados com leveduras foram mantidas por 72 horas a 28°C. As contagens foram realizadas no terceiro dia após a inoculação.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração dos componentes fibrosos sendo eles fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina, foram afetados significativamente pela interação dos fatores estudados, pré secagem do resíduo ou não antes da ensilagem e pelos tempos de ensilagem estudados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina no resíduo úmido de fécula de mandioca *in natura* (úmido) ou pré seco ao sol por três horas (seco), no momento da ensilagem e após 28 e 56 dias de fermentação anaeróbica.

Nutrientes (g/kg)	Resíduo Ensilado	Dias após a ensilagem			Coeficientes de variação	
		0	28	56		
FDN	Úmido	422,28aA	394,55bA	390,34bA	CV1 (%)	2,78
	Seco	414,24aA	370,90bB	366,28bB	CV2 (%)	1,98
FDA	Úmido	308,77bA	355,95abA	398,04aA	CV1 (%)	2,92
	Seco	349,90bA	367,42abA	418,62aA	CV2 (%)	8,12
Hemicelulose	Úmido	110,62aA	96,30aA	96,47aA	CV1 (%)	25,21
	Seco	91,99aA	63,27bB	67,34bB	CV2 (%)	15,84
Celulose	Úmido	145,34bB	166,89abA	188,55aA	CV1 (%)	3,20
	Seco	165,86bA	172,94abA	194,51aA	CV2 (%)	8,49
Lignina	Úmido	163,42bA	189,06bA	209,48aA	CV1 (%)	3,40
	Seco	184,04bA	194,48bA	224,11aA	CV2 (%)	8,26

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A concentração de FDN não apresentou diferenças significativas no resíduo úmido e pré seco ao sol antes da ensilagem (tempo zero), no entanto, aos 28 e 56 dias após a ensilagem, a silagem obtida do resíduo úmido apresentou teor de FDN superior à silagem do resíduo pré seco ao sol (Tabela 1). Demonstrando que o processo de secagem não promove alterações na composição da FDN do material antes da ensilagem, no entanto, propicia um ambiente diferenciado para a fermentação, o qual interfere nas taxas de perdas da FDN e de seus componentes celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST, 1994) durante os dias de estocagem do material.

A redução observada nos teores de FDN, após ensilagem, tanto no resíduo úmido quanto no pré seco (Tabela 1), pode estar relacionada com a redução nas concentrações de hemicelulose (Tabela 1), que apresentaram variação estatística significativa apenas para o resíduo pré seco, mas para o resíduo úmido foi observada a mesma tendência de redução. Além da redução nas concentrações de hemicelulose, a preservação da fração orgânica solúvel também resulta em redução dos teores de FDN (BALIEIRO NETO et al., 2007).

As concentrações de FDA não foram alteradas em função da pré secagem do resíduo, porém elevaram-se ao longo do período de

fermentação (Tabela 1). Segundo Balieiro Neto et al., (2007), essas alterações devem-se ao consumo de carboidratos solúveis por microrganismos durante a fermentação, o que ocasiona elevação proporcional da fração fibrosa e reduz o valor nutritivo da silagem.

O estudo das frações fibrosas (FDN e FDA) é crucial em alimentos destinados à ruminantes, pois tanto as concentrações de FDA quanto de FDN são negativamente correlacionados com a digestibilidade e o consumo da matéria seca, para estes animais (RESTLE et al., 2000; VAN SOEST, 1994). Tanto a celulose quanto a lignina são constituintes da parede celular (VAN SOEST, 1994), e seu estudo em alimentos para ruminantes é relevante porque seu excesso pode indisponibilizar a proteína dietética, causando redução no consumo de MS (ROGERIO et al., 2007).

O processo de ensilagem reduziu a concentração de hemicelulose no resíduo pré seco ao sol, sem alterar a concentração desse componente no resíduo úmido (Tabela 1). As reduções observadas para a hemicelulose devem-se à sua solubilização, e são coerentes com as observada para a FDN, uma vez que junto com a celulose e a lignina, a hemicelulose é um dos componentes da FDN (VAN SOEST, 1994). Esse processo deve-se à hidrólise das ligações covalentes do tipo éster, entre a lignina e os carboidratos estruturais, o que causa a solubilização da hemicelulose e de compostos fenólicos (LOPES et al., 2009). Esse processo é favorecido pelo grau de polimerização dos polissacarídeos amorfos que compõem a hemicelulose, o qual é muito inferior à celulose (VAN SOEST, 1994).

A hidrólise da hemicelulose pode ser ocasionada pela ação de fungos (SCHMIDT et al., 2003) que a utilizam como substrato para fermentação (FERREIRA et al., 2007), pela ação das hemicelulases bacterianas (homo e heteroláticas) e/ou pela hidrólise por ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação (MCDONALD et al., 1991; WOOLFORD, 1994).

Os teores de hemicelulose se mantiveram constantes aos 28 e 56 dias de fermentação porque a maior parte da hidrólise da hemicelulose ocorre na fase inicial do processo fermentativo das silagens (EVANGELISTA et al., 2009). Quando o processo deve-se à ação dos microrganismos, a hemicelulose é consumida na falta de carboidratos solúveis (EVANGELISTA et al., 2009).

Tanto as concentrações de celulose quanto de lignina foram aumentadas pelo processo de ensilagem (Tabela 1), porém, apenas antes da

ensilagem o resíduo úmido apresentou concentração de celulose inferior ao resíduo pré seco (Tabela 1).

Elevações nos teores de fibras no decorrer do armazenamento durante a ensilagem também foram observadas nos estudos de Pedroso et al. (2005), Amaral et al., (2008) e Carvalho et al., (2010). Segundo Buckmaster et al., (1989), os aumentos nos teores de lignina e celulose devem-se às perdas de outros componentes que compõem a matéria seca, que naturalmente ocorrem durante o armazenamento, como a redução dos carboidratos não estruturais, que irão ocasionar a diminuição da matéria seca, enquanto os componentes fibrosos da forragem (celulose e lignina) são mantidos, aumentando assim a concentração destes em relação ao teor de matéria seca (VAN SOEST, 1994).

A concentração de proteína bruta foi alterada somente pelos tempos estudados (Tabela 2). Houve um decréscimo na concentração de proteína bruta da silagem do resíduo de fécula de mandioca em relação ao resíduo antes da ensilagem (Tabela 2). Essas reduções devem-se às reações que ocorrem no material ensilado, que implicam em perda de compostos nitrogenados (LOURES et al., 2003), como a dissipação contínua e lenta nitrogênio não protéico formado durante a respiração (ENOH et al., 2005) que ocorre na fase inicial da fermentação após a ensilagem.

Outro fator que pode ter contribuído para a redução nos teores de proteína bruta é a produção de efluente, que contém elevado teor de nitrogênio (BERNARDINO et al., 2005). O resíduo úmido de fécula de mandioca apresenta alta umidade, mesmo utilizando processo de secagem ao sol, a silagem produzida a partir destes resíduos produz uma grande quantidade de efluente que pode carrear nutrientes, como o nitrogênio, causando diminuição na quantidade de nitrogênio disponível no material ensilado. Entretanto, a proteína bruta é perdida em um ritmo mais lento que os carboidratos não estruturais (BUCKMASTER et al., 1989).

As concentrações de cinzas se elevaram com a ensilagem (Tabela 2), enquanto a sílica manteve suas concentrações constantes no resíduo mesmo após a ensilagem (Tabela 2). As cinzas são a fração mineral dos alimentos, e o aumento observado deve-se às reduções na concentração da matéria orgânica (Tabela 2). Já a sílica, junto com a celulose é um dos componentes da FDA, sendo determinada no resíduo da lignina, apresentando relevância somente quando ultrapassa a concentração de 20g/Kg (SILVA; QUEIROZ, 2006). Os valores obtidos para o resíduo desse estudo são muito inferiores, portanto, não há a necessidade de determinação dessa fração fibrosa

nas análises bromatológicas de alimentos obtidos com o armazenamento e/ou processamento do resíduo úmido da fécula de mandioca.

O armazenamento na forma de ensilagem contribuiu para redução nas concentrações de extrato etéreo (Tabela 2). Apesar dessa análise não ser a mais recomendada para determinar a fração lipídica que realmente contribui para o metabolismo animal, por representar também compostos não energéticos, tais como pigmentos que carreados pelo éter juntamente com a gordura (PEDÓ et al., 2008), sua determinação é relevante em alimentos destinados à inclusão na dieta de ruminantes, uma vez que concentrações elevadas de extrato etéreo

não são recomendados para ruminantes. Esse limite foi estabelecido porque altas proporções de extrato etéreo na dieta afetam negativamente o processo fermentativo do rúmen, pois a gordura recobre as partículas dos alimentos, especialmente a fração fibrosa dos volumosos, limitando sua digestão pela toxidez ocasionada aos microrganismos, reduzindo ainda a atividade enzimática destes microrganismos (FÉRNANDEZ et al., 2000). Como as concentrações encontradas neste estudo foram inferiores às recomendadas para ruminantes, a sua presença destes resíduos não afetaria a digestibilidade destas dietas.

**Tabela 2.** Concentrações de proteína bruta (PB), cinzas, matéria orgânica (MO), sílica e extrato etéreo (EE) no resíduo úmido de fécula de mandioca *in natura* (úmido) ou pré seco ao sol por três horas (seco), no momento da ensilagem e após 28 e 56 dias de fermentação anaeróbica

Nutrientes (g/kg)	Resíduo Ensilado	Dias após a ensilagem			Coeficientes de variação	
		0	28	56	CV1 (%)	CV2 (%)
PB		21,88a	21,44ab	20,36b	CV1 (%)	5,20
					CV2 (%)	5,31
Cinzas	Úmido	87,11bB	135,49aA	121,97aB	CV1 (%)	7,71
	Seco	110,25bA	157,43aA	158,41aA	CV2 (%)	11,62
MO	Úmido	912,89aA	864,51bA	878,03bA	CV1 (%)	1,14
	Seco	889,75aB	842,57bA	841,59bB	CV2 (%)	1,71
Silica <sup>ns</sup>		2,49	2,88	2,63	CV1 (%)	35,66
					CV2 (%)	19,01
EE	Úmido	4,92aA	4,75aA	2,33bA	CV1 (%)	22,62
	Seco	3,57aB	3,72aA	2,97aA	CV2 (%)	22,43

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao perfil de fermentação das silagens, houve diferença significativa entre o resíduo úmido e pré seco na temperatura do material, apenas no momento da ensilagem, possivelmente devido à temperatura retida pelo resíduo durante a desidratação ao sol (Tabela 3). As demais variações observadas estão relacionadas com a temperatura ambiente, que sofreu variações durante o período de realização do estudo, alterando assim a temperatura do material ensilado.

A pré secagem do resíduo ao sol elevou os valores de pH no momento da ensilagem, porém essa diferença não foi verificada após a ensilagem. Também foi observada uma redução nos valores de pH nos dois períodos de armazenamento em relação ao material a ser ensilado (Tabela 3), mantendo-se inferiores aos valores indicados por McDonald et al. (1991) para que se obtenha uma boa fermentação da silagem. Embora o valor de pH da silagem não seja

considerado isoladamente um bom critério para avaliação de silagens com alta concentração de matéria seca, ainda permanece como um bom indicador da qualidade de fermentação em silagens com baixo teor de MS (CHERNEY; CHERNEY, 2003).

As concentrações de matéria seca foram superiores no resíduo pré seco ao sol em todos os tempos estudados, além de ter sido observada uma redução na concentração de matéria seca do resíduo úmido após a ensilagem (Tabela 3). O aumento dos teores de matéria seca observado com a pré secagem do resíduo ao sol é desejável na conservação das silagens, uma vez que a redução na atividade de água (Aa) pode ter um efeito adicional na queda do pH (LINDGREN, 1999), limitando o desenvolvimento de alguns microrganismos.

**Tabela 3.** Valores de temperatura, pH e matéria seca (MS), e populações de enterobactérias, bactérias ácido lácticas, *Clostridium* spp., fungos e leveduras e total no resíduo úmido de fécula de mandioca *in natura* (úmido) ou pré seco ao sol por três horas (seco), no momento da ensilagem e após 28 e 56 dias de fermentação anaeróbica

Nutrientes (g/kg)	Resíduo Ensilado	Dias após a ensilagem			Coeficientes de variação	
		0	28	56		
Temperatura	Úmido	23,92bB	22,03cA	27,95aA	CV1 (%)	2,15
	Seco	30,46aA	21,55cA	28,03bA	CV2 (%)	2,11
pH	Úmido	4,54aB	3,60bA	3,35cB	CV1 (%)	2,22
	Seco	5,30aA	3,54bA	3,48bA	CV2 (%)	1,85
MS	Úmido	128,33bB	112,98bB	105,20cB	CV1 (%)	4,27
	Seco	151,02aA	150,23aA	151,40aA	CV2 (%)	1,98
Entero Bactérias	Úmido	5,08aA	2,10bA	0,00cA	CV1 (%)	10,89
	Seco	5,65aA	1,97bA	0,00cA	CV2 (%)	14,24
Acidoláticas	Úmido	8,83aA	6,81bA	5,64cA	CV1 (%)	6,81
	Seco	8,08aB	6,8bA	5,68cA	CV2 (%)	5,04
<i>Clostridium</i> spp.	Úmido	8,65aA	6,98bA	5,81cA	CV1 (%)	7,12
	Seco	8,03aB	6,92bA	5,90cA	CV2 (%)	5,00
Fungos e Leveduras	Úmido	8,55aA	6,63bA	5,60cA	CV1 (%)	6,43
	Seco	7,00aB	6,48aA	5,40bA	CV2 (%)	4,85
Total	Úmido	9,17aA	7,31bA	6,19cA	CV1 (%)	5,30
	Seco	8,38aB	7,25abA	6,19bA	CV2 (%)	5,85

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A conservação do resíduo na forma de silagem foi eficiente na redução da população de enterobactérias tanto no resíduo pré seco quanto no resíduo úmido. No momento da ensilagem, a população de enterobactérias estava próxima a 6 log UFC/g de resíduo, no entanto, aos 28 dias de fermentação decresceu para aproximadamente 2 log UFC/g de resíduo, desaparecendo aos 56 dias de fermentação (Tabela 3). As alterações observadas para as enterobactérias devem-se às reduções observadas no pH, uma vez que o desenvolvimento desse grupo de bactérias é inibido em pH abaixo de 4,5 (STEFANIE et al., 2000).

A população de bactérias ácido lácticas apresentou variação significativa, reduzindo a população com o aumento dos períodos de ensilagem, para as silagens de resíduo úmido e pré seco. Da ensilagem até os 28 dias de fermentação foi observada uma redução de aproximadamente 1 log UFC/g de resíduo. A população de bactérias ácido lácticas continuou decrescendo de forma que aos 56 dias de fermentação foi detectada uma população inferior a 6 UFC/g de resíduo. As bactérias lácticas têm relativamente alta tolerância a condições de baixa umidade e são hábeis para

dominar a fermentação em materiais ensilados com alto conteúdo de matéria seca (LINDGREN, 1999).

É provável que a diminuição ocorrida na população de bactérias ácido lácticas esteja associada à umidade do material ensilado, pois após a ensilagem, com o avanço do tempo de fermentação há uma perda considerável de água na forma de efluentes, o que propicia uma redução no volume de material ensilado. Com a redução do volume do silo e devido às dificuldades de vedação perfeita, é permitida a entrada de ar na superfície do silo, na interface lona-massa ensilada. Essa presença de ar no interior do silo prejudica o desenvolvimento das bactérias ácido lácticas, já que estas são favorecidas por condições anaeróbicas (COAN et al., 2007).

Para a população de *Clostridium* spp. (Tabela 3) foi observado redução após a ensilagem. Essa redução está relacionada com a redução do pH, pois segundo McDonald et al. (1991), o pH é um dos principais fatores para o controle de *Clostridium* spp. durante a fermentação de silagens. Os resultados comprovam que a pré secagem do resíduo ao sol foi eficiente na redução da população de *Clostridium* spp. pelo aumento da matéria seca e consequente aumento na pressão osmótica (WOOLFORD, 1994) apenas no momento da

ensilagem (Tabela 3), pois as diferenças entre o resíduo pré seco e úmido não foram detectadas aos 28 e 56 dias após a ensilagem, enquanto que a redução observada para os valores de pH, atuou após a ensilagem, reduzindo a população de *Clostridium* spp..

Os fungos e leveduras apresentaram-se em maior número no resíduo úmido em relação ao resíduo pré seco no momento a ensilagem, entretanto, após a ensilagem, além da redução crescente nos períodos estudados, as populações foram semelhantes no resíduo úmido e pré seco (Tabela 3). As condições anaeróbias e a concentração de ácidos orgânicos são os dois fatores que afetam a sobrevivência de leveduras durante o armazenamento de silagem (BRAVO-MARTINS et al., 2006). No entanto, por serem resistentes a baixo pH, algumas leveduras podem manter-se vivas em pH inferior a 2, e se desenvolver em baixas concentrações de oxigênio, tolerando uma ampla faixa de pH de 3 até 8 (MCDONALD et al., 1991), além de serem menos sensíveis à redução na atividade de água (LINDGREN, 1999).

A presença de leveduras nos materiais a serem ensilados é indesejável, pois esses microrganismos contribuem para o consumo de carboidratos solúveis, diminuindo a quantidade destes compostos no material ensilado, prejudicando o desenvolvimento de bactérias acidoláticas e proporcionando aumento das outras frações do volumoso, especialmente as fibrosas (EVANGELISTA et al., 2009).

Os resultados obtidos para fungos e leveduras permitem classificar as silagens do resíduo úmido ou pré seco como silagens com alto risco de instabilidade aeróbica, pois segundo

(MCDONALD et al., 1991), a presença de populações de leveduras acima de 5 log UFC/g na matéria fresca são geralmente associadas à rápida deterioração aeróbica da silagem.

As alterações observadas na população total de microrganismos foram semelhantes às observadas nas demais populações deste estudo, com exceção para a população de enterobactérias, que não foi afetada pela pré-secagem ao sol (Tabela 3). A menor população total de microrganismos observada no resíduo pré seco no momento da ensilagem deve-se ao aumento dos teores de matéria seca com conseqüente redução na atividade de água no material a ser ensilado (WOOLFORD, 1994). Já as reduções observadas nas duas silagens aos 28 e 56 dias de fermentação estão associadas com a redução do pH ocorrida ao longo do período de ensilagem (MCDONALD et al., 1991).

## CONCLUSÕES

A pré secagem ao sol por três horas do resíduo úmido de fécula de mandioca elevou o seu conteúdo de matéria seca permitindo a ensilagem de um material com menor umidade. No entanto não promoveu alterações no perfil fermentativo e na população microbiológica das silagens aos 28 e 56 dias de fermentação.

A ensilagem do resíduo úmido de fécula de mandioca após pré secagem ao sol por três horas reduziu a fibra em detergente neutro e hemicelulose das silagens obtidas.

A silagem de resíduo úmido de fécula apresenta redução no conteúdo de proteína bruta com o decorrer do período de fermentação.

---

**ABSTRACT:** The work aimed to study the chemical composition and fermentation profile of the cassava starch by-products ensiled in nature or after pre-drying in the sun for three hours, for zero, 28 and 56 days. The experimental design was completely randomized with split plot in time, with four replications. We studied the concentrations of crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose, lignin, ashes, silica, ether extract, dry matter and organic matter in cassava starch by-products before to ensiling and after the fermentation periods. In these instances were determined temperature, pH, and the populations of enterobacteria, lactic acid bacteria, *Clostridium* spp., fungi and yeasts and the total population of microorganisms. Only the silica was not altered by treatments. The ensiling process reduced the concentrations of NDF and hemicellulose and increased concentrations of ADF, hemicellulose and lignin waste, while the pH and microbial populations were reduced as silage fermentation. Pre drying in the sun for three hours of wet waste cassava starch allowed ensiling of a material with lower humidity did not change in fermentative profile and microbiological population of silages at 28 and 56 days and reduced neutral detergent fiber and hemicellulose of silages. The wet waste residue silage starch showed a reduction in crude protein content in the course of the fermentation period.

**KEYWORDS:** Conservation. Anaerobic fermentation. Microorganisms.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAO, J. J. S.; PRADO, I. N.; MARQUES, J. A.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S. M. B. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 35, n. 2, p. 512-518, Fev., 2006.
- AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 37, n. 6, p. 977-983, Jun., 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Virginia: Arlington. 1117p., 1990.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; NOGUEIRA, J. R.; PIZA ROTH, M. T.; PIZA ROTH, A. P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, Jun., 2007.
- BATH, D. L.; SOSNIK, U. Formulation, delivery and inventory control of cost-effective rations. In: Van HORN, H.H.; WILCOX, C. J. (Eds.) **Large dairy herd management**. Savoy: American Dairy Science Association, 1992. p. 709-719.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R.; ROCHA, F. C.; SOUZA, A. L.; PEREIRA, O. G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 34, n. 6, p. 2185-2191, Dez., 2005.
- BRAVO-MARTINS, C. E. C.; CARNEIRO, H.; CASTRO-GOMÉZ, R. J. H.; FIGUEIREDO, H. C. P.; SCHWA, R.F. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, p. 499-504, Out./Dez., 2006.
- BUCKMASTER, D. R.; ROTZ, C. A.; MERTENS, D. R. A model of alfalfa hay storage. *Transactions of the ASAE*. **Transactions of the ASAE**, Miami, v. 32, n. 1, p. 30-36, Jan./Feb., 1989.
- CALDAS NETO, S. F.; ZEOULA, L. M.; BRANCO, A. F.; PRADO, I. N.; SANTOS, G. T.; FREGADOLLI, F. L.; KASSIES, M. P.; DALPONTE, A. O. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidades total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 2099-2108, Jun., 2000.
- CARVALHO, C. M.; SILVA, J. M.; MENEZES, M. E. S.; OMENA, C. M. B.; OLIVEIRA, M. B. F.; COSTA, J. G.; MIRANDA, E. C.; PINHEIRO, D. M.; AMORIM, E. P. R. Diferentes tamanhos de partículas e tempos de armazenamento em silagem da parte aérea da mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Belo Horizonte, v. 11, n. 4, p. 932-940 out/dez, 2010.
- CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação CARGILL, 2000. p. 13-37.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. In: *BUXTON, D.R.; MUCK, R.; HARRISON, J. Silage Science and Technology*. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p. 141-198.
- COAN, R. M.; REIS, R. A.; GARCIA, G. R.; ITURRINO, R. P. I.; FERREIRA, D. S.; RESENDE, F. D.; GURGEL, F.A. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins Tanzânia e Marandú acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 36, n. 5, p. 1502-1511, Mai., 2007.

- ENOH, M. B.; KIJORA, C.; PETERS, K. J.; TANYA, V. N.; FONKEM, D.; MBANYA, J. Investigation on change of forage quality at harvesting, during hay making and storage of hay harvested at different growth stages in the Adamawa plateau of Cameroon. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 17, n. 5, p. 1-6, Mai., 2005.
- EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G. R.; LIMA, J. A.; LOPES, J.; REZENDE, A. V. Itrações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 38, n. 1, p. 20-26, Jan., 2009.
- FÉRNANDEZ, J. Grasa sobrepasante del rumen para dietas de vacas lecheras. **Alimentos balanceados para animales**, Colanta, v. 7, n. 4, p. 18-21, Jul./Ago., 2000.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos, 2000. **Anais**. São Carlos, Universidade de São Carlos, p. 255-258. 2000.
- FERREIRA, G. D. G.; CARDOSO, E. C.; OLIVEIRA, R. L.; BRITO, E. L.; FILHO, W. S. Caracterização Bromatológica e Estimativas de Energia da Massa de Mandioca Ensilada com Farelo de Trigo em Silos Laboratoriais. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 3, p. 457-464, Jul./Set. 2007.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 36, supl. Esp., p. 101-119, Jul., 2007.
- LINDGREN, S. Can HACCP principles be applied for silage safety? In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 7., 1999, Uppsala. **Proceedings...** Uppsala: Swedish University of Agricultural Science, 1999. p. 51-66.
- LOPES, M. A.; MAGALHÃES, G. P. Análise da rentabilidade da terminação de bovinos de corte em condições de confinamento: um estudo de caso, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 3, Mar., 2005.
- LOPES, W. B.; PIRES, A. J. V.; SALES, R. M. P.; CARVALHO, G. G. P. de; BONOMO, P.; RAPOSO, C. M. R. Capim-elefante tratado com compostos alcalinos. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 714-722, Jun.-Ago., 2009.
- LOURES, D. R. S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SOUZA, A. L. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem do capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 32, n. 6, p. 1851-1858, Jun., 2003 (supl. 2).
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- NOGUEIRA, M. P. **Pontos para o bom gerenciamento de uma fazenda leiteira**. [S.L.]: Scot Consultoria, Bebedouro, 2004. p. 5-7.
- PEDÓ, L. F. B.; NORBERG, J. L.; VELHO, J. P.; HENTZ, F.; HENN, J. D.; BARCELLOS, J. O. J.; VELHO, I. M. P. H.; MARX, F. R. Fracionamento dos carboidratos de silagens de milho safrinha colhidas em diferentes alturas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p. 188-194, Jan./Fev., 2008.
- PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; LOURES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; COELHO, R. M.; PACKER, I. H.; HORII, J.; GOMES, L. H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 427-432, Set./Out., 2005.

- PEDROSO, A. M.; CARVALHO, M. P. Polpa cítrica e farelo de glúten de milho. In: PEDROSO, A. M. Treinamento on line: Subprodutos para ruminantes: estratégias para reduzir o custo de alimentação. Piracicaba: AgriPoint; 2006. v. 2, p. 1-35.
- RENNO, F. P.; PEREIRA, J. C.; LEITE, C. A. M.; RODRIGUES, M. T.; CAMPOS, O. F.; FONSECA, D. M.; RENNÓ, L. N. Eficiência bioeconômica de estratégias de alimentação em sistemas de produção de leite: 1. Produção por animal e por área. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 37, n. 4, p. 743-753, Abr., 2008.
- RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; FLORES, J. L. C. Palha de soja (*Glicine max*) como substituto parcial da silagem de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de terneiros de corte confinados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 319-324, Fev., 2000.
- ROGERIO, M. C. P.; BORGES, I.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; MARTINS, G. A.; RIBEIRO, J. T.; COSTA, P. B.; SANTOS, S. F.; CARVALHO, F. C. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus* L.) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 773-781, Mar., 2007.
- SCHMIDT, P.; WECHSLER, F. S.; NASCIMENTO, J. S.; VARGAS JUNIOR, F. M. Tratamento do feno de braquiária pelo fungo *Pleurotus ostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 32, n. 6, p. 1866-1871, nov./dez. 2003.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1997. 295p.
- SOUZA, L. C.; ZAMBOM, M. A.; POZZA, M.S.S.; NERES, M.A.; RADIS, A.C.; BORSATTI, L.; CASTAGNARA, D. D.; GOUNDT, S. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 41, n. 1, p. 188-193, Jan., 2012.
- STEFANIE, J. W. H.; ELFEINK, O.; DRIEHUIS, F. et al. Silage fermentation process and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, Rome, 1999, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 2000. p. 17-30.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P. J. ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, 3583-3597, Oct., 1991.
- WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1994, p. 305.