

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SILAGEM DE BAGAÇO DE TOMATE COM GLICERINA¹

P. R. S. PIMENTEL^{2*}, L. M. S. BRANT², J. P. S. RIGUEIRA³, D. L. S. JESUS³, W. S. ALVES³, L. F. L. SANTOS³

¹Recebido em 01/03/2017. Aprovado em 18/08/2017.

²Universidade Federal da Bahia, Departamento de Zootecnia, Salvador, BA, Brasil.

³Universidade Estadual de Montes Claros, Departamento de Zootecnia, Janaúba, MG, Brasil.

*Autor correspondente: paulorbertopimentel@zootecnista.com.br

RESUMO: Objetivou-se com este estudo avaliar a composição química das silagens de bagaço de tomate com níveis crescentes de inclusão da glicerina semipurificada. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições, sendo silagem exclusiva de bagaço de tomate e quatro níveis de inclusão da glicerina semipurificada à silagem (7,5%, 15%, 22,5% e 30%), sendo adicionada com base na matéria natural. A inclusão de glicerina na ensilagem elevou os teores de matéria seca e reduziu linearmente o pH da silagem, mas não alterou o nitrogênio amoniacal. Os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido das silagens reduziram linearmente, já a digestibilidade *in situ* da matéria seca aumentou de forma linear com a inclusão da glicerina à ensilagem do bagaço de tomate. A inclusão de até 30% de glicerina semipurificada viabiliza a ensilagem do bagaço de tomate por melhorar a qualidade fermentativa e o valor energético da silagem.

Palavras-chave: biodiesel, fermentação, glicerol, *Solanum lycopersicum*.

CHEMICAL COMPOSITION OF TOMATO BAGASSE SILAGE CONTAINING GLYCERIN

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the chemical composition of tomato bagasse silage containing increasing inclusion levels of semi-purified glycerin. The experiment was conducted as a completely randomized design consisting of five treatments and four replicates, with exclusive tomato bagasse silage and four inclusion levels of semi-purified glycerin (7.5%, 15%, 22.5% and 30% added based on natural matter). The inclusion of glycerin during ensiling increased dry matter content and linearly reduced silage pH, but did not alter ammoniacal nitrogen. Crude protein and neutral/acid detergent fiber decreased linearly, while *in situ* dry matter digestibility increased in a linear manner with the inclusion of glycerin in tomato bagasse silage. The inclusion of up to 30% semi-purified glycerin is suitable for ensiling tomato bagasse since it improves the fermentation quality and energy value of the silage.

Keywords: biodiesel, fermentation, glycerol, *Solanum lycopersicum*.

INTRODUÇÃO

Os altos custos na produção animal têm direcionado para a utilização racional de todos os recursos alimentares disponíveis. Nesse sentido, o uso de coprodutos agroindustriais surge como uma importante alternativa para a redução dos custos com a alimentação animal (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Além, de ter grande importância no que se refere à redução do impacto ambiental causado pelo descarte inadequado, representa uma alternativa alimentar em épocas de escassez de alimento (CHANJULA *et al.*, 2016).

O bagaço de tomate, coproduto oriundo da extração da polpa de tomate, já vem sendo utilizado na alimentação de ruminantes há várias décadas (ABBEDDOU *et al.*, 2015; ZIAEI e MOLAEI, 2010; DENEK e CAN, 2006; OJEDA e TORREALBA, 2001). Contudo, a sua utilização na forma *in natura* tem sido limitada à época de colheita do tomate, em decorrência da alta perecibilidade (CELMA *et al.*, 2012). Uma opção para viabilizar a utilização do bagaço ao longo do ano é o processo de ensilagem (YUANGKLANG *et al.*, 2010), entretanto, o elevado teor de umidade do bagaço resulta em fermentação indesejável, representando um entrave para o aproveitamento na forma de silagem, além dos ricos de intoxicação dos animais pelo desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Com o objetivo de inibir o crescimento destes microrganismos e minimizar as perdas fermentativas, diversos aditivos vêm sendo utilizados no processo de ensilagem (EPIFÂNIO *et al.*, 2014; GUERRA *et al.*, 2016; MENEZES *et al.*, 2016). Dentre estes aditivos, a glicerina, um coproduto da produção de biodiesel apresenta características desejáveis, como elevado teor de matéria seca, alto conteúdo energético proporcionado pelo glicerol, baixo custo e grande disponibilidade. A adição de glicerina pode elevar os teores de matéria seca e, por conseguinte, proporcionar adequado padrão de fermentação no interior do silo (SANTOS *et al.*, 2015). A glicerina semi-purificada já vem sendo utilizada como substituto do milho na alimentação de ruminantes (CARVALHO *et al.*, 2011; DONKIN *et al.*, 2009), no entanto, pouco se sabe sobre o efeito da adição de glicerina na ensilagem de forragens com alto teor de umidade.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar composição química, o potencial hidrogeniônico, o nitrogênio amoniacal e a digestibilidade *in situ* da matéria seca da silagem de bagaço de tomate com níveis crescentes de inclusão da glicerina semipurificada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Campus Janaúba, MG. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, silagem exclusiva de bagaço de tomate e quatro níveis de inclusão da glicerina semipurificada à silagem de bagaço de tomate, 7,5%, 15%, 22,5% e 30%, com base na matéria natural, e três repetições por tratamento. A Tabela 1 apresenta a composição química do bagaço de tomate e a Tabela 2 apresenta os níveis de garantia da glicerina.

O bagaço de tomate foi adquirido em uma empresa localizada no município de Janaúba, Minas Gerais. Na confecção da ensilagem foram utilizados silos experimentais de PVC, de pesos conhecidos, com 40 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Após a completa homogeneização do bagaço, com os respectivos teores de glicerina, foram depositados nos silos com auxílio de um êmbolo de madeira. Para cada tratamento foi ensilado aproximadamente 3

Tabela 1. Composição química do bagaço de tomate *in natura*

Item	Bagaço de Tomate
² Matéria Seca	10,03
³ Matéria Mineral	6,39
³ Cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN)	3,69
³ Cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA)	0,46
³ Proteína Bruta	14,66
⁴ Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN)	5,71
⁴ Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA)	1,54
³ Extrato Etéreo	4,83
³ FDNcp	57,01
³ FDAcP	53,98
³ Hemicelulose	17,29
³ Celulose	24,12
³ Lignina	17,66
³ CNF	17,15
³ NDT	46,71

¹FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp: fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais. ²%MN; ³%MS; ⁴%PB.

Tabela 2. Níveis de garantia da glicerina

Item	Teor do Composto
Matéria Seca (%)	89,46
Glicerol (%)	86,95
Matéria Mineral (%)	3,19
Proteína Bruta (%)	0,41
Extrato Etéreo (%)	0,12
Metanol (%)	0,028

kg do material conforme recomendação de RUPPEL *et al.* (1995). Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC dotados de válvula tipo Bunsen e vedados com fita adesiva.

Os silos foram armazenados, mantidos à temperatura ambiente e a abertura foi feita 60 dias após a ensilagem. Após a abertura, foram coletadas amostras no meio do silo, após o descarte da parte superior das silagens que apresentasse presença de fungos e mofos.

Para análises de pH e nitrogênio amoniacal, foram retiradas amostras da silagem fresca, sendo estas obtidas com prensa hidráulica para retirada do caldo da silagem. A determinação do pH foi feita com potenciômetro digital em 20 mL de caldo da silagens (WILSON e WILKINS, 1972). Ainda no caldo da silagem foi determinado o teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃/N total) utilizando-se óxido de magnésio e cloreto de cálcio (AOAC, 1980). Para o cálculo do N-NH₃/N total foi utilizada a fórmula: mg % de NH₃ = mL HCl x N x 0,014 x 1000/ mL do suco da silagem, em que, mg % de NH₃: quantidade de mg % de NH₃ no caldo da silagem; mL de HCl: quantidade de ácido clorídrico gasto na titulação; N: normalidade do ácido clorídrico utilizado na titulação; 0,014 a quantidade de nitrogênio contido em 1 ml de solução 0,1 N de nitrogênio.

O valor encontrado em mg %, foi corrigido para a quantidade de umidade da amostra pela fórmula: mg % de NH₃ na matéria natural = % de umidade da amostra x mg % de NH₃ no suco da silagem/100. Posteriormente este valor foi convertido com base na matéria seca: mg % de NH₃ na matéria seca = mg % de NH₃ na matéria natural x 100/ % de MS, e calculado o N-NH₃/N total = mg % de NH₃ na matéria seca/ % de N total com base na MS x 100.

As amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C até apresentarem peso constante. Na sequência, o material pré-seco foi moído em moinho tipo Willey

com peneiras de crivo 1 mm e armazenada em potes plásticos devidamente identificados.

As análises foram realizadas de acordo com os procedimentos analíticos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; DETMANN *et al.*, 2012), sendo determinados os teores de matéria seca (MS) (INCT-CA G-003/1), proteína bruta (PB) (INCT-CA M-001/1), extrato etéreo (EE) (INCT-CA G-005/1), matéria mineral (MM) (INCT-CA N-001/1), fibra em detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1) corrigido para cinzas (CIDN) (INCT-CA M-002/1) e proteína (PIDN) (INCT-CA N-004/1), fibra em detergente ácido (FDA) corrigido para cinzas (CIDA) (INCT-CA M-003/1) e proteína (PIDA) (INCT-CA N-005/1) e lignina (LIG) (INCT-CA F-005/1). Os teores de hemicelulose (HEM) foram calculados pela diferença da FDN com a FDA e a celulose (CEL) pela diferença da FDA com a lignina.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) com base na matéria seca foram calculados com adaptação que foi proposto por Hall (2003), sendo: CNF = (100 - %FDNcp - %PB - %EE - %MM). Os valores dos nutrientes digestíveis totais de produção (NDT) foi calculado conforme a equação proposta por DETMANN *et al.* (2008):

$$\text{NDT} = [\text{PBd} + (2,25 \times \text{AGd}) + \text{FDNpd} + \text{CNFd}] - \text{FM}$$

em que:

$$\text{PBd} = \text{DvPBcc} * (\text{PB-PIDN}) + \text{DvPBPC} * \{\text{PIDN}\} * [1 - e^{-(0,8188 + 1,1676 * \text{PIDA})}]$$

$$\text{AGd} = 0,86 * \text{EE}$$

$$\text{FDNpd} = \text{Dv} * \{(\text{FDNcp-L}) * [1 - (L/\text{FDNcp})^{0,85}]\}$$

$$\text{CNFd} = 0,95 * \text{CNF}$$

FM = fração metabólica fecal, que foi utilizado 7,16 correspondente à vacas em lactação em produção.

A digestibilidade da matéria seca foi avaliada pelo método de incubação *in situ* (DISMS), por período de 48 horas, utilizando-se um novilho mestiço Holandês x Zebu, com 450 kg de peso corporal, castrado, devidamente identificado e cânulado no rúmen. As amostras utilizadas na incubação ruminal foram moídas em peneira com crivos de 5 mm e acondicionadas em sacos (7,5 x 7,5 cm) feitos com um tecido não tecido (100 g/m²), em conformidade com CASALI *et al.* (2008), com relação próxima de 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco (NOCEK, 1988). Após 48 horas de incubação ruminal, todos os sacos foram lavados manualmente em água corrente, até o momento em que a água manteve transparente, em seguida, foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, e pesados.

A digestibilidade *in situ* da matéria seca foi calculada da seguinte forma: DISMS = (peso inicial - peso final)/peso inicial x 100.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, e quando o teste de "F" foi significativo, os níveis de inclusão de glicerina foram submetidos ao estudo de regressão ($P < 0,05$), por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011). A seleção do modelo de melhor ajuste teve por base a tendência dos dados, a significância do teste de "F" na análise de variância para regressão e o coeficiente de determinação. Conforme o modelo seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = observação referente ao tratamento i , na repetição j ;

μ = Média Geral

T_i = Efeito do tratamento i , com $i = 0, 7,5\%, 15\%, 22,5\%, 30\%$;

E_{ij} = erro experimental associado aos valores observados (Y_{ij}) que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de matéria seca foi influenciado ($P < 0,05$) pela adição da glicerina, apresentando efeito linear crescente (Tabela 3), sendo que para cada 1% de glicerina adicionada houve aumento de 0,56 pontos percentuais de matéria seca na silagem. Este acréscimo foi decorrente do alto teor de matéria seca da glicerina (89,46%, Tabela 1) aliado às propriedades higroscópicas do glicerol (FERRETTI e CABRAL, 2016) que permitem a ligação com as moléculas de água do material ensilado.

O aumento do teor de matéria seca nas silagens de bagaço de tomate com glicerina é pertinente, uma vez que o excesso de umidade afeta os valores de pH, dado que causa diluição nos ácidos produzidos durante o processo fermentativo, evitando assim a queda rápida do pH e por conseguinte não há inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis, como os do gênero *clostridium* (MARTINS *et al.*, 2014).

Segundo LIMA JUNIOR *et al.* (2014), os teores de matéria seca da silagem deve estar entre 28% e 35%, a fim de possibilitar adequado perfil fermentativo, valores próximos aos indicados foram obtidos no maior nível de inclusão da glicerina (27,91% MS, Tabela 3).

Em relação ao valor do pH, houve um efeito linear decrescente ($P < 0,05$), sendo que para cada 1% de glicerina adicionada ocorreu uma redução de 0,03 no pH. A queda do pH pode estar associada a ação de bactérias anaeróbias facultativas fermentadoras de glicerol, produzindo ácidos graxos de cadeia curta responsáveis pela queda do pH da silagem.

Independente dos níveis de inclusão de glicerina, todas as silagens apresentaram valores de pH satisfatórios, que segundo McDONALD *et al.* (1991) os valores devem estar entre 3,8 e 4,2. Entretanto, a velocidade de queda do pH é mais importante que o pH final, pois ela é diretamente proporcional à redução da atividade proteolítica e redução do crescimento de microrganismos indesejáveis, como enterobactérias e clostrídios (McDONALD *et al.*, 1991). Possivelmente, o pH nas silagens com glicerina reduziram mais rápido em relação a silagem sem glicerina, em virtude do elevado teor de glicerol fermentado nessas silagens.

Para o nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/N$ total) não houve efeito sob os níveis de inclusão da glicerina na ensilagem. O teor de nitrogênio

Tabela 3. Teor de matéria seca (MS), pH e nitrogênio amoniacal ($N-NH_3/N$ total) da silagem de resíduo industrial de tomate com níveis crescentes de glicerina e os respectivos coeficientes de variação (CV) e coeficiente de determinação (R^2)

Parâmetros	Inclusão de Glicerina (%)					CV (%)	Valor de P
	0	7,5	15	22,5	30		
MS (%)	10,45	15,84	19,77	22,76	27,91	3,36	<0,01
pH	4,18	3,17	3,03	2,99	3,08	2,29	<0,01
$N-NH_3/N$ total	4,35	4,29	4,17	3,68	3,59	11,48	0,2854
Equações de Regressão							
MS	$\hat{Y} = 10,980253 + 0,557646X$					$R^2 = 99,12$	
pH	$\hat{Y} = 3,766000 - 0,031778X$					$R^2 = 86,23$	

amoniaco em relação ao nitrogênio total é um parâmetro qualitativo da silagem, que caracteriza o perfil fermentativo ocorrido no processo. Menores teores de $N-NH_3/N$ total indicam menor intensidade de proteólise ocorrida na ensilagem, sendo característica de um processo de melhor qualidade (VIANA *et al.*, 2013). Silagens de boa qualidade possuem baixos conteúdos de nitrogênio amoniacal em porcentagem do nitrogênio total, sendo ideais valores inferiores a 10% (COSTA *et al.*, 2016).

Os teores de cinzas e cinzas insolúveis em detergente ácido não foram alterados com a inclusão da glicerina na ensilagem ($P>0,05$) (Tabela 4), já os teores de CIDN reduziram 0,10% para cada unidade percentual de glicerina adicionada ao bagaço de tomate ($P>0,05$). Os teores de minerais da glicerina são provenientes do resíduo do processo de transesterificação e purificação, contendo minerais como fósforo, enxofre, magnésio, cálcio e sódio (THOMPSON e HE, 2006). Estes minerais não estão complexados com parede celular vegetal, uma vez que a glicerina não possui em sua composição frações fibrosas, justificando assim as reduções nos teores de CIDN.

Os teores de proteína bruta reduziram linearmente com a inclusão da glicerina ($P<0,05$), sendo que para cada unidade percentual de glicerina adicionada houve redução de 0,27% nos teores de proteína, provavelmente este efeito foi ocasionado por um processo de diluição nos teores de proteína bruta em virtude da baixa ocorrência de compostos nitrogenados na glicerina (0,41%, Tabela 2) (GOMES *et al.*, 2015b). Similarmente, os teores de PIDN também reduziram 0,10% com a inclusão da glicerina. Podendo tal fato ser explicado pela redução do teor de proteína bruta das silagens com glicerina. No entanto, a inclusão da glicerina não afetou os teores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

A inclusão da glicerina reduziu linearmente os teores de extrato etéreo ($P<0,05$), sendo que para cada unidade percentual de glicerina adicionada houve uma diminuição de 0,14% nos teores de EE. Os teores de extrato etéreo na glicerina são muito variáveis, isto porque depende do processo de transesterificação que ocorre durante o processo de produção do biodiesel (RODRIGUES e RONDINA, 2013). Como a glicerina utilizada foi semi-purificada, a mesma apresenta baixo teor de gordura (0,12%, Tabela 2), ocorrendo assim efeito diluidor, que pode explicar a redução no teor de extrato etéreo das silagens. Segundo o NRC (2001), o total de extrato etéreo da dieta não deve ultrapassar o

7%, pois pode acarretar reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de passagem, no presente trabalho, todas as silagens avaliadas ficaram abaixo do limite preconizado, não comprometendo assim a degradabilidade da fibra.

A FDNcp quanto a FDAcp apresentaram efeito linear decrescente ($P<0,05$) (Tabela 4) com o aumento nos níveis de glicerina na silagem, apresentando redução de 0,86% e 0,79%, respectivamente, para cada unidade percentual de glicerina adicionada a ensilagem. Esta alteração na composição química da silagem de bagaço de tomate é justificada pela falta de compostos fibrosos na glicerina (CARVALHO *et al.*, 2016), e representa aumento na qualidade nutricional, já que valores dos constituintes da parede celular superiores a 55-60% da matéria seca correlacionam-se negativamente com a ingestão e a digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Houve comportamento linear decrescente para hemicelulose, celulose e lignina ($P<0,05$), com redução de 0,25%, 0,47% e 0,32%, respectivamente, para cada 1% de inclusão da glicerina (Tabela 4). Segundo ARROQUY *et al.* (2014), em condições de baixa disponibilidade de substrato para fermentação, os microrganismos podem utilizar carboidratos fibrosos como substrato alternativo para a fermentação. Contudo, o elevado teor de glicerol presente na glicerina (86,95%, Tabela 2), supre a necessidade de substratos fermentáveis, sendo, então, a redução da hemicelulose, celulose e lignina no presente trabalho, justificada pela ausência destes compostos na glicerina em relação ao bagaço de tomate (Tabela 4).

Houve efeito linear crescente ($P<0,05$), para os valores de CNF e NDT. Pode ser observado que, com a inclusão de glicerina houve enriquecimento do volumoso em substratos rapidamente fermentescíveis e dos nutrientes digestíveis totais, em que o nível de 30% de inclusão de glicerina aumentou 408,7% e 134,9% os valores de CNF e NDT respectivamente, em relação ao tratamento controle. O aumento no teor de NDT é justificado pela maior quantidade de carboidratos não fibrosos proporcionados pela inclusão de glicerina na ensilagem do bagaço de tomate.

A inclusão de glicerina na ensilagem do bagaço de tomate elevou linearmente ($P<0,05$) a digestibilidade *in situ* da matéria seca, sendo que, para cada 1% de glicerina adicionada houve aumento de 0,49% na digestibilidade da matéria seca. A maior digestibilidade nas silagens com glicerina é justificada pela alta solubilidade e digestibilidade da mesma (GOMES *et al.*, 2015a). Segundo DONKIN *et al.* (2009), o glicerol presente na

Tabela 4. Valores médios da composição química da silagem de resíduo industrial de tomate com níveis crescentes de glicerina e seus respectivos coeficientes de variação (CV) e coeficiente de determinação (R²)

¹ Parâmetros	Inclusão de Glicerina (%)					CV (%)	Valor de P
	0	7,5	15	22,5	30		
Cinzas	6,35	6,47	6,47	6,50	6,62	4,39	0,8342
CIDN	3,85	1,32	1,09	0,48	0,47	13,81	<0,01
CIDA	0,43	0,33	0,16	0,08	0,11	19,35	0,1510
PB	14,94	8,27	7,82	7,15	5,23	9,60	<0,01
PIDN	5,79	5,28	4,86	3,69	2,74	20,14	<0,01
PIDA	1,50	1,59	1,68	1,53	1,56	7,83	0,4852
EE	4,78	1,81	0,93	0,52	0,17	17,57	<0,01
FDNcp	57,07	36,30	27,60	24,79	19,07	6,25	<0,01
FDAcp	54,24	31,09	26,14	22,79	17,71	5,71	<0,01
Hemicelulose	17,4	11,27	9,76	10,07	8,55	9,34	<0,01
Celulose	24,17	10,33	7,95	8,61	7,26	8,76	<0,01
Lignina	17,84	14,88	12,78	9,36	8,43	3,99	<0,01
CNF	16,87	47,15	57,18	61,05	68,90	3,93	<0,01
NDT	46,55	53,03	56,94	58,63	62,82	1,89	<0,01
² DISMS	43,01	58,96	57,35	58,17	61,90	4,24	<0,01
Equações de Regressão							
CIDN	$\hat{Y} = 2,960560 - 0,101172X$					R ² = 73,91	
PB	$\hat{Y} = 12,789707 - 0,273886X$					R ² = 77,66	
PIDN	$\hat{Y} = 6,008660 - 0,102411X$					R ² = 96,13	
EE	$\hat{Y} = 3,743013 - 0,140000X$					R ² = 79,98	
FDNcp	$\hat{Y} = 41,755887 - 0,857405X$					R ² = 74,49	
FDAcp	$\hat{Y} = 33,379140 - 0,791399X$					R ² = 79,09	
Hemicelulose	$\hat{Y} = 15,186247 - 0,251828X$					R ² = 73,49	
Celulose	$\hat{Y} = 18,772800 - 0,473858X$					R ² = 72,93	
Lignina	$\hat{Y} = 17,522333 - 0,324400X$					R ² = 97,83	
CNF	$\hat{Y} = 35,344720 + 1,263629X$					R ² = 75,93	
NDT	$\hat{Y} = 47,965227 + 0,508677X$					R ² = 95,94	
DISMS	$\hat{Y} = 48,478433 + 0,493250X$					R ² = 72,54	

¹Parâmetros expressos em % da matéria seca (MS); CIDN: cinza insolúvel em detergente neutro; CIDA: cinza insolúvel em detergente ácido; PB: proteína bruta; PIDN: proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA: proteína insolúvel em detergente ácido; EE: extrato etéreo; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp: fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais;

²DISMS: digestibilidade *in situ* da matéria seca (%).

glicerina é fermentado a ácidos graxos voláteis no rúmen, principalmente propionato, além disso, o glicerol também pode ser absorvido pelo epitélio ruminal de tal forma que 50% a 80% do glicerol desapareça dentro de quatro horas, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

CONCLUSÃO

A inclusão de até 30% de glicerina semipurificada viabiliza a ensilagem do bagaço de tomate por melhorar a qualidade fermentativa e o valor energético da silagem.

REFERÊNCIAS

- ABBEDDOU, S.; RISCHKOWSKY, B.; HILALI, M.E.H.; HAYLANI, M.; HESS H.D.; KREUZER, M. Supplementing diets of Awassi ewes with olive cake and tomato pomace: on-farm recovery of effects on yield, composition and fatty acid profile of the milk. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, p. 145-152, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0699-x>
- ARROQUY, J.I.; CORNACCHIONE, M.V.; COLOMBATTO, D.; KUNST JR, C. Chemical composition and in vitro ruminal degradation of hay and silage from tropical grasses. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 94, n.4, p. 705-715, 2014. <https://doi.org/10.4141/cjas-2014-014>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 13 ed. Washington: AOAC, 1980. 1015p.
- CARVALHO, B.F.; ÁVILA, C.L.S.; PEREIRA, M.N.; SCHWAN, R.F. Methylotrophic yeast, lactic acid bacteria and glycerine as additives for sugarcane silage. **Grass and Forage Science**, v. 72, n.2, p.355-368, 2016. <https://doi.org/10.1111/gfs.12248>
- CARVALHO, E.R.; SCHMELZ-ROBERTS, N.S.; WHITE, H.M.; DOANE, P.H.; DONKIN, S.S. Replacing corn with glycerol in diets for transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 2, p. 908-916, 2011. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3581>
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.D.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.D.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 335-342, 2008. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982008000200021>
- CELMA, A.R.; CUADROS, F.; RODRÍGUEZ, F.L. Characterization of pellets from industrial tomato residues. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p.700-706, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.01.007>
- CHANJULA, P.; RAUNGPRIM, T.; YIMMONGKOL, S.; POONKO, S.; MAJARUNE, S.; MAITREEJET, W. Effects of Elevated Crude Glycerin Concentrations on Feedlot Performance and Carcass Characteristics in Finishing Steers. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p.80-88, 2016. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0219>
- COSTA, R.F.; PIRES, D.A.D.A.; MOURA, M.M.A.; SALES, E.C.J.D.; RODRIGUES, J.A.S.; RIGUEIRA, J.P.S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 127-133, 2016. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i2.29567>
- DENEK, N.; CAN, A. Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 65, p. 260-265, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.024>
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal, INCT. Viçosa, MG: Suprema. 2012. 214 p.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; HENRIQUES, L.T.; PAULINO, M.F.; MAGALHÃES, K.A.; SILVA, P.A.; CHIZZOTTI, M.L. Prediction of the energy value of cattediets based on the chemical composition of the feeds under tropical conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.127-147, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2007.05.008>
- DONKIN, S.S.; KOSER, S.L.; WHITE, H.M.; DOANE, P.H.; CECAVA, M.J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 10, p.5111-5119, 2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2201>
- EPIFANIO, P.S. COSTA, K.A.P.; SEVERIANO, E.C.; CRUVINEL, W.S.; BENTO, J.C.; PERIM, R.C. Fermentative and bromatological characteristics of Piata palisade grass ensiled whit levels of meals from biodiesel industry. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n.1, p.491-504, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p491>
- FERREIRA, D.F. **Sisvar Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras, MG: UFLA, 2011.
- FERRETTI, G.; CABRAL, J.T. Phase behaviour and non-monotonic film drying kinetics of aluminium

- chlorohydrate-glycerol-water ternary solutions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 481, p.263-270, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.07.064>
- GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; JOBIM, C.C.; SANTOS, T.C.; OLIVEIRA, M.R.; ROSSI, R.M. Aerobic stability, chemical composition and ruminal degradability of sugarcane silage with glycerin from biodiesel. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1531-1544, 2015a. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1531>
- GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; JOBIM, C.C.; SANTOS, T.C.; OLIVEIRA, T.M.; ROSSI, R.M. Nutritional composition and ruminal degradability of corn silage (*Zea mays* L.) with addition of glycerin in silage. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 2079-2092, 2015b. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3supl1p2079>
- GUERRA, D.G.F. ; MAIA, I.S.A.S.; BRAGA, A.P.; ASSIS, L.C.S.L.C.; LUCENA, J.A.; BIDLER, D.C.; SANTOS NETO, C.F.; SILVA, Y.F.M.; PEREIRA, M.I.B.; PINTO, M.M.F. Chemical composition of elephant grass silages supplemented with different levels of dehydrated cashew bagasse. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.2, p. 997-1005, 2016. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p997>
- HALL, M. B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 12, p. 3226-3232, 2003. <https://doi.org/10.2527/2003.81123226x>
- KOPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.
- LIMA JÚNIOR, D.M.; RANGEL, A.H.N.; MORENO, G.M.B.; SILVA, M.J.S.; RIBEIRO, J.S. Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 01-11, 2014.
- MARTINS, A.D.S.; OLIVEIRA, J.R.D.; LEDERER, M.L.; MOLETTA, J.L.; GALETTO, S.L.; PEDROSA, V.B. Glycerol Inclusion Levels In Corn And Sunflower Silages. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.5, p.497-505, 2014. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542014000500009>
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991.
- MENEZES, D.R.; BARBOSA, A.L.; RODRIGUES, R.T.S.; LISTA, F.N.; NASCIMENTO, T.V.C.; MORAES, S.A.; QUEIROZ, M.A.A.; BUSATO, K.C. In vitro gas production and degradation kinetics of elephant grass silage with dried tamarind residue. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v.25, p.259-265, 2016. <https://doi.org/10.22358/jafs/65561/2016>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.
- NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(88)79781-7)
- OJEDA, A.; TORREALBA, N. Chemical characterization and digestibility of tomato processing residues in sheep. **Cuban Journal Agricultural Science**, v. 35, n. 4, p. 309-312, 2001.
- OLIVEIRA, R.L.; OLIVEIRA, R.J.; BEZERRA, L.R.; NASCIMENTO, T.V.; PELLEGRINI, C.B., FREITAS NETO, M.D.; NASCIMENTO JÚNIOR, N.G.; SOUZA, W.F. Substitution of corn meal with dry brewer's yeast in the diet of sheep. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 29, p.99-107, 2016. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n2a03>
- RODRIGUES, F.V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.7, n.2, p.91-99, 2013. <https://doi.org/10.21708/avb.2013.7.2.2801>
- RUPPEL, K. A.; PITT, R. E.; CHASE, L. E.; GALTON, D. M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.141-153, 1995. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(95\)76624-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(95)76624-3)
- SANTOS, W. P.; CARVALHO, B. F.; ÁVILA, C. L. S.; JÚNIOR, G. S. D.; PEREIRA, M. N.; SCHWAN, R. F. Glycerin as an additive for sugarcane silage. **Annals of Microbiology**, v.65, p. 1547-1556, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0993-x>
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization Of Crude Glycerol From Biodiesel Production From Multiple Feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, n.2, p. 261-265, 2006. <https://doi.org/10.13031/2013.20272>
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. New York: Cornell University Press, 1994. p. 476.
- VIANA, P.T.; TEIXEIRA, F.A.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.D.; FIGUEIREDO, M.P.D.; SANTANA JÚNIOR, H.A.D. Losses and nutritional value of elephant grass silage with inclusion levels of cottonseed meal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 2, p. 139-144, 2013. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i2.13736>
- WILSON, R. F.; WILKINS, R. J. The ensilage of autumn-sown rye. **Grass and Forage Science**, v.27, p.35-41, 1972. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1972.tb00683.x>
- YUANGKLANG, C.; VASUPEN, K.; WONGSUTHAVAS, S.; PANYAKAEW, P.; ALHAIDARY, A.; MOHAMED, H.E.; BEYNEN, A.C. Growth performance in beef cattle fed rations containing died tomato pomace. **Journal of animal and veterinary advances**, v. 9, n. 17, p. 2261-2264, 2010. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.2261.2264>
- ZIAEI, N.; MOLAEI, S. Evaluation of nutrient digestibility of wet tomato pomace ensiled with wheat straw compared to alfalfa hay in kermani sheep. **Journal of Animal and veterinary advances**, v. 9, n.4, p. 771-773, 2010. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.771.773>