

Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2020; 10:1-12. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.29>
Artigo Original. Recebido: 11/07/2020. Aceito: 30/10/2020. Publicado: 05/11/2020. Chave:2020-62.

Aproveitamento de resíduos de pescado e casca de abacaxi para produção de silagem biológica

Use of fish waste and pineapple peel to produce biological silage

Ramírez-Ramírez José^{1,2*} [ID](#), Loya-Olguín José^{1,2} [ID](#), Ulloa José^{2,3} [ID](#), Rosas-Ulloa Petra^{2,3} [ID](#), Gutiérrez-Leyva Ranferi^{1,2} [ID](#), Silva-Carrillo Yessica^{2,3} [ID](#)

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit, Compostela, México; ²Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, México; ³Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, México. *Autor responsable e para correspondência: José Ramírez-Ramírez. ¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit, Carretera Compostela-Chapalilla Km 3.5, Compostela Nayarit, México, C.P. 63700. (311) 1188478. ramcara60@gmail.com, arulloa5@gmail.com, joselenin28@hotmail.com, petrosas@uan.edu.mx, granferi@hotmail.com, ysilvacarrillo@gmail.com

RESUMO

Seis tratamentos foram formulados para produzir silagem biológica com resíduos de pescado, restolho de milho, melaço, casca de abacaxi (CA) [15, 30 e 45%] e inóculo de *Lactobacillus* sp. ou *Lactobacillus* B2. As silagens de cada tratamento foram feitas em triplicata e incubadas a 30 °C por 0, 2, 4, 7 e 14 dias para avaliação da acidificação em esquema fatorial 3x2x5. A composição química e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) no final da fermentação. A maior acidificação ($p < 0,05$) foi apresentada pelos tratamentos com CA 15 e 30% e *Lactobacillus* B2 aos 7 dias. Com 15% de CA, obteve-se o maior teor de matéria seca (39,3%) ($p < 0,05$) e a proteína bruta (26,5 a 31%, variação) foi a mesma ($p > 0,05$). A maior concentração de lipídios (9,85%) foi apresentada nos tratamentos com CA 30 e 45% e *Lactobacillus* B2. As frações da fibra em detergente diminuíram com o aumento do nível de CA e o maior DIVMS (82,9%) foi apresentado nas silagens com *Lactobacillus* B2, independente do nível de CA ($p < 0,05$). As silagens obtidas são uma alternativa para alimentação de ruminantes.

Palavras-chave: Resíduos de peixes, casca de abacaxi, silagem biológica, alimentação de ruminantes.

ABSTRACT

Six treatments were formulated to make silages with fish wastes, corn stubble, molasses, pineapple peel (PP) [15, 30 and 45%] and inoculum *Lactobacillus* sp. or *Lactobacillus* B2. The silages of each treatment were made in triplicate and incubated at 30 °C for 0, 2, 4, 7 and 14 days in order to evaluate the acidification under a 3 x 2 x 5 factorial design. The chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) were determined to the silages at end of fermentation. The highest acidification ($p < 0.05$) was presented in the treatments with PP 15 and 30% and *Lactobacillus* B2 for 7 days. The highest dry matter content (39.3%) ($p < 0.05$) was obtained with 15% of PP and the crude protein was from 26.5 to 31% without significant difference. The highest concentration of lipids (9.85%) was present in the treatments with PP 30 and 45% and *Lactobacillus* B2. Detergent fiber fractions decreased with increasing PP level and the highest IVDMD (82.9%) occurred in silages when using *Lactobacillus* B2, regardless of PP level. The silages obtained are an alternative in ruminant feeding.

Keywords: Fish waste, pineapple peel, biological silage, ruminant feeding.

INTRODUÇÃO

A produção pesqueira mundial em 2016 atingiu cerca de 171 milhões de toneladas, das quais a aquicultura representou 47% do total e a pesca 53%, sem incluir o que foi destinado à produção de farinha e óleo de peixe (FAO, 2018). Mais de 60% dos resíduos constituídos por barbatanas, escamas, cabeças, vísceras, esqueleto, pele, ovos e restos de carne derivam do processamento industrial de pescado (Ghosh *et al.*, 2016; Renuka *et al.*, 2016). Esses resíduos em muitas partes do mundo são descartados, o que causa uma grande perda de nutrientes como proteínas, lipídios e minerais, além de poluir o meio ambiente (Olsen e Toppe, 2017). Com resíduos de peixe, fertilizantes, concentrados e hidrolisados de proteína, bem como farinha e óleo de peixe podem ser produzidos (Renuka *et al.*, 2016; Ozyurt *et al.*, 2017). As biotecnologias também foram desenvolvidas para a conversão de resíduos de peixes em produtos de alto valor, como ácidos graxos poliinsaturados, peptídeos fisiologicamente importantes, carboidratos e outros compostos bioativos (Ghaly *et al.*, 2013; Smichi *et al.*, 2016). No entanto, a maioria dessas tecnologias não é economicamente atraente porque exige alto investimento (Ozyurt *et al.*, 2017). O insumo mais importante na produção animal é a farinha de peixe devido ao seu alto conteúdo protéico, mas devido ao seu alto custo, fontes alternativas de proteína são demandadas no mercado (Castillo *et al.*, 2019). A silagem de peixe é um produto resultante da preservação de peixes inteiros ou partes pela adição de ácidos orgânicos ou inorgânicos (silagem química) ou por fermentação bacteriana (silagem biológica) (Ghaly *et al.*, 2013; Olsen e Toppe, 2017). A silagem de pescado produzida pelo método biológico é uma alternativa tecnológica viável do ponto de vista econômico e ambiental, que consiste em misturar os resíduos do pescado moído ao melaço ou outra fonte de carboidratos e uma cultura inicial de bactérias lácticas (BAL) (Ramírez-Ramírez *et al.*, 2018; Castillo *et al.*, 2019). Durante a fermentação, os LABs aumentam a produção de ácidos, principalmente lácticos, de modo que o pH diminui e a deterioração microbiana diminui, além disso, as proteases dos peixes são ativadas, aceleram a proteólise e consequentemente a digestibilidade do produto aumenta (Ghaly *et al.*, 2013). Da mesma forma, os LABs geram compostos como bacteriocinas e peróxido de hidrogênio que ajudam na preservação e diacetil, uma substância que aumenta o aroma e o sabor (Jini *et al.*, 2011). Nesse sentido, para se obter o controle da fermentação, a seleção das cepas LAB é importante. De acordo com vários estudos, a silagem de peixe é uma excelente fonte de proteínas, lipídios e minerais com grandes propriedades biológicas para a alimentação animal (Geron *et al.*, 2007; Ghaly *et al.*, 2013; Ramírez-Ramírez *et al.*, 2016; Land *et al.*, 2017), além disso, a silagem biológica de peixe tem benefícios antibacterianos e antioxidantes e é uma possível fonte de probióticos (Jini *et al.*, 2011; Ozyurt *et al.*, 2017). Por outro lado, o abacaxi (*Annanas comosus* Merr.) ocupa o terceiro lugar como a fruta mais popular e economicamente mais importante do mundo, com uma produção de 24'785.762 toneladas (FAOSTAT,

2018). Da industrialização do abacaxi, obtém-se como resíduo cerca de 75% do peso da fruta, valiosa fonte de fibras, açúcares solúveis, proteínas, ácido ascórbico, vitaminas, minerais, água e compostos bioativos como a bromelaína de múltiplas aplicações (Damasceno *et al.*, 2016; Ketnawa *et al.*, 2012). Resíduos de abacaxi podem ser usados como substrato de boa qualidade para microorganismos em processos de fermentação; no entanto, muitas vezes são jogados fora, causando sérios problemas de contaminação (Ketnawa *et al.*, 2012). Por tudo isso, o aproveitamento de resíduos de pescado e abacaxi pode ser uma alternativa viável e relevante do ponto de vista econômico e ambiental. Até onde sabemos, não há relatos sobre a utilização conjunta de resíduos de peixe e casca de abacaxi. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a utilização desses resíduos industriais na produção de silagens por fermentação láctica.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação de matéria prima

Resíduos de peixes e casca de abacaxi

Resíduos de peixes foram obtidos de espécies marinhas comerciais como *Bagre panamensis*, *Peprilus snyderi*, *Sphyræna ensis*, *Trachynotus ovatus*, *Argyrosomus regius*, *Diplodus vulgaris* e *Bagre panamensis* (peixes estuarinos) do porto de San Blas, Nayarit, México. O resíduo foi processado em frigorífico (Torrey Brand, modelo 32-3, México) em peneira de 0,5 cm de diâmetro e armazenado a -20 ° C até o uso. A casca de abacaxi (*Annanas comosus* Merr.), variedade Caiena lisa, foi obtida manualmente com faca e moída de maneira homogênea em processador de alimentos. A tabela a seguir mostra a composição química desses ingredientes.

Tabela 1. Composição química (% MS) dos resíduos de pescado e casca de abacaxi.

Componente	Resíduos de peixe	Casca de abacaxi
Matéria seca	29.72 ± 0.4	23.22 ± 0.37
Cinzas	18.94 ± 0.52	4.11 ± 0.12
Proteína bruta (Nt x 6.25)	52.43 ± 0.92	4.31 ± 0.13
Extrato etéreo	24.50 ± 0.67	3.38 ± 0.46
Fibra bruta ---	---	13.95 ± 0.55
Fibra detergente neutro ---	---	41.60 ± 1.10
Fibra detergente ácido ---	---	22.71 ± 0.73
ELN	4.13	74.25

Média ± desvio padrão, n = 3.

ELN = 100 -% cinzas -% proteína bruta -% lipídios -% fibra bruta.

Melaço de cana e restolho de milho

Foi utilizado melaço de cana com teor de água de 25,15%, 10,37% de cinzas e 55,73% de carboidratos solúveis totais. Para melhorar a consistência da silagem, foi adicionada a palha de milho processada em moinho de faca em peneira de 2 mm (Willey, modelo 4, Filadélfia, EUA).

Inóculos

Foram avaliadas as cepas de *Lactobacillus* B2 e *Lactobacillus* sp., sendo esta última isolada de resíduos de manga em nosso laboratório. Os iniciadores foram cultivados em caldo MRS (de Man Rogosa e Sharpe, MRS, Merck Darmstadt) a 30 °C por 24 h até que uma concentração final de 1×10^9 cfu/mL foi registrada.

Produção de silagem

Seis tratamentos foram preparados com diferentes quantidades em proporção percentual de resíduos de peixes, CA (15, 30 e 45%, p/p), restolho de milho, melação de cana (9%, p/p). Como inóculo (I) *Lactobacillus* sp. ou *Lactobacillus* B2 a 4% (v/p) (Tabela 2). As misturas obtidas foram utilizadas para a confecção de minissilos de 100 g em sacos plásticos pretos. Cada tratamento foi preparado em triplicata e os silos foram selados a vácuo e incubados a 30 °C por 14 dias.

Tabela 2.- Composição percentual dos ingredientes utilizados na produção da silagem por fermentação láctica.

Ingrediente	Porcentagem					
Resíduos de peixes	57	47	37	57	47	37
Casca de abacaxi	15	30	45	15	30	45
Melaço	9	9	9	9	9	9
Restolho de milho	15	10	5	15	10	5
Inóculo	4 A	4 A	4 A	4 B	4 B	4 B

A = *Lactobacillus* sp isolado de resíduo de manga.

B = *Lactobacillus* B2.

Análises químicas

As silagens foram analisadas a cada 0, 2, 4, 7 e 14 dias (T) para determinação do pH com potenciômetro modelo UB10 Ultra Basic (Denver Instrument, EUA) e do teor de ácido láctico por titulação. As silagens obtidas no final da fermentação foram analisadas para determinar sua composição química proximal (AOAC, 2005) e os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) pelo método de Van Soest *et al.* (1991).

Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)

DIVMS foi determinado seguindo a técnica de duas etapas de Tilley e Terry (1963). As amostras de silagem foram secas a 70 °C por 24 h em estufa de ar forçado e processadas em moinho Wiley até o tamanho de partícula de 1 mm. Duas ovelhas Blackbelly não castradas pesando 35 kg de peso corporal e equipadas com uma cânula no rúmen foram usadas para coletar o fluido ruminal. Os ovinos foram alimentados com dieta à base de 25% de silagem de milho, 25% de alfafa e 50% de concentrado. Na segunda etapa da técnica DIVMS, foi utilizada pepsina (Sigma P-7012, Sigma).

Análise estatística

Os dados dos parâmetros de fermentação foram tratados por análise de variância (ANDEVA) para um planejamento fatorial 3x2x5 (nível de casca de abacaxi x inóculo x tempo de fermentação). Os dados obtidos da composição química e DIVMS foram analisados pela ANDEVA para um planejamento fatorial 3 x 2 (nível de casca de abacaxi x inóculo). Quando encontrada diferença significativa, as médias dos tratamentos foram comparadas com o teste de Tukey ($p < 0,05$). A análise foi feita com o programa Statistica 7 ([Statistica, versión 7.1](#)).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros fermentativos

O teor de ácido láctico da silagem apresentou diferenças significativas entre os tratamentos devido aos fatores de inóculo (I) e tempo de fermentação (T) (Tabela 3). As misturas não fermentadas apresentaram o menor teor de ácido láctico (média $0,55 \pm 0,15\%$) sem diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Porém, entre os dias 2 e 7 do processo, a maioria dos tratamentos com *Lactobacillus* B2 apresentou a concentração máxima de ácido láctico (média $3,42 \pm 0,17\%$). O alto poder acidificante do *Lactobacillus* B2 foi relatado anteriormente ([Ramírez-Ramírez et al., 2008; 2018](#)) e neste trabalho é reafirmado. Os resultados obtidos estão de acordo com valores de 2,96 a 4,42% de ácido láctico relatados recentemente para silagem biológica adicionada com misturas de peixe e resíduo de manga ([Ramírez-Ramírez et al., 2018](#)), bem como com os valores de 2,96 e 3,08% de ácido láctico para a silagem de cabeça de camarão fermentada e resíduos de peixes; respectivamente ([Castillo et al., 2019](#)).

O pH foi afetado significativamente pelos principais fatores, nível de casca de abacaxi (CA), inóculo (I) e tempo de fermentação (T); confirmando as interações CA x I e CA x T (Tabela 3). As misturas não fermentadas apresentaram os maiores valores de pH e com o aumento do nível de CA houve diminuição do referido parâmetro ($p < 0,05$). Nas silagens, observou-se que quando a produção de ácido láctico aumentou, o pH diminuiu significativamente, obtendo-se os melhores valores de pH entre os dias 2 e 7 de fermentação (Tabela 3), o que se deve ao fato do LAB atingir o topo da curva de crescimento. Porém, a interação CA x I mostrou que aos 7 dias do processo o pH dos tratamentos com 15 e 30% de CA e inoculados com *Lactobacillus* B2 foi melhor do que com *Lactobacillus* sp, o que também foi observado de forma semelhante aos 14 dias em silagem com 15% CA. O pH da silagem foi afetado pela interação CA x T durante 0, 7 e 15 dias de processo ($p < 0,05$). Porém, entre 2 e 4 dias de fermentação, os valores de pH das silagens não apresentaram diferenças significativas, independente do nível de CA e do tipo de inóculo ($p < 0,05$). Os tratamentos com 30 e 45% CA aos 14 dias de fermentação apresentaram um pequeno aumento do pH, que esteve relacionado a uma diminuição de 0,72 unidades percentuais na produção de ácido láctico. O aumento do pH deveu-se ao efeito tamponador das proteínas de peixes e peptídeos derivados de sua

hidrólise (Ramírez-Ramírez *et al.*, 2008; Ghaly *et al.*, 2013), bem como à elevada quantidade de cinzas fornecidas pelos ossos da resíduos de peixes (Tabelas 2 e 4), uma vez que os sais de cálcio atuam como neutralizadores do ácido láctico na silagem durante o armazenamento (Land *et al.*, 2017).

Tabela 3. Efeito do nível de casca de abacaxi, inóculo e tempo de fermentação sobre o teor de ácido láctico e pH da silagem.

Nível de casca de abacaxi (CA) (%)	Inóculo (I)	Tempo de fermentação (T) (dias)	Ácido láctico (%)	pH
15	A	0	0.49 ± 0.08c	6.09 ± 0.05a
15	B	0	0.43 ± 0.01c	6.05 ± 0.14a
30	A	0	0.55 ± 0.02c	5.83 ± 0.01b
30	B	0	0.73 ± 0.03c	5.60 ± 0.10c
45	A	0	0.37 ± 0.14c	5.44 ± 0.25c
45	B	0	0.72 ± 0.07c	5.32 ± 0.28c
15	A	2	2.97 ± 0.45b	4.62 ± 0.03e
15	B	2	3.37 ± 0.05 ^a	4.65 ± 0.07 ^e
30	A	2	2.71 ± 0.25 ^b	4.64 ± 0.05 ^e
30	B	2	3.32 ± 0.21 ^a	4.52 ± 0.05 ^e
45	A	2	2.98 ± 0.41 ^b	4.36 ± 0.09 ^e
45	B	2	3.14 ± 0.15 ^{ab}	4.51 ± 0.05 ^e
15	A	4	3.09 ± 0.61 ^{ab}	4.69 ± 0.15 ^{de}
15	B	4	3.57 ± 0.06 ^a	4.63 ± 0.04 ^e
30	A	4	2.78 ± 0.14 ^b	4.65 ± 0.03 ^e
30	B	4	3.79 ± 0.34 ^a	4.49 ± 0.01 ^e
45	A	4	2.98 ± 0.41 ^b	4.44 ± 0.05 ^e
45	B	4	3.49 ± 0.25 ^a	4.56 ± 0.04 ^e
15	A	7	2.77 ± 0.28 ^b	4.77 ± 0.04 ^d
15	B	7	3.32 ± 0.47 ^a	4.68 ± 0.16 ^e
30	A	7	2.49 ± 0.14 ^b	4.82 ± 0.03 ^d
30	B	7	3.31 ± 0.33 ^a	4.50 ± 0.11 ^e
45	A	7	3.44 ± 0.12 ^a	4.43 ± 0.01 ^e
45	B	7	3.47 ± 0.13 ^a	4.50 ± 0.15 ^e
15	A	14	2.34 ± 0.74 ^b	4.89 ± 0.06 ^d
15	B	14	2.76 ± 0.04 ^b	4.68 ± 0.21 ^e
30	A	14	2.61 ± 0.26 ^b	4.77 ± 0.06 ^d
30	B	14	2.83 ± 0.55 ^b	4.83 ± 0.03 ^d
45	A	14	2.82 ± 0.31 ^b	4.82 ± 0.06 ^d
45	B	14	2.93 ± 0.44 ^b	4.77 ± 0.05 ^d
Efeito			Valor p	
CA			0.24	< 0.01
I			< 0.01	< 0.01
T			< 0.01	< 0.01
CA x I			0.12	< 0.01
CA x T			0.17	< 0.01
I x T			0.15	0.24
CA x I x T			0.57	0.09

A = *Lactobacillus* sp, isolado de restos de manga.

B = *Lactobacillus* B2.

a, b, c, d, e: médias na mesma coluna com um sobrescrito diferente mostram uma diferença significativa (p <0,05).

Porém, a silagem obtida neste estudo apresentou características sensoriais aceitáveis e não apresentou sinais de decomposição. Os valores de pH das silagens deste estudo concordam com os de outros relatórios (Castillo *et al.*, 2019; Ramírez-Ramírez *et al.*,

2018), embora tenham sido superiores aos 4,2 obtidos para a silagem biológica de resíduos de tilápia. filetagem (Gerón *et al.*, 2007).

Composição química

A Tabela 4 mostra os resultados da composição química e DIVMS das silagens obtidas após 14 dias de fermentação. O teor de matéria seca (MS) diminuiu significativamente com o aumento do nível de CA, pois as silagens com 45% de CA apresentaram o menor teor de MS, independente da linhagem inoculante ($p < 0,05$). As silagens com 15% de CA apresentaram os maiores valores de MS (39,3%), apesar de apresentarem alto teor de resíduos de pescado (57%) em sua formulação, cujo percentual de umidade é elevado (Tabelas 1, 2 e 4). Provavelmente devido à adição de 15% de restolho de milho, que também melhorou a consistência da silagem. Os resultados de MS obtidos concordam com os de outros relatórios (Geron *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2019; Ramírez-Ramírez *et al.*, 2018). O nível de CA e a interação CA x I foram significativos no conteúdo de cinzas. As silagens com 15% de CA e inoculadas com *Lactobacillus* sp. apresentou o maior teor de cinzas (14,5%) ($p < 0,05$), porém os demais tratamentos apresentaram boa concentração de minerais, pois os resíduos de peixes são uma importante fonte desses nutrientes Tabelas (1 e 4). O teor de cinzas obtido é semelhante aos resultados de outras investigações (Castillo *et al.*, 2019; Ramírez-Ramírez *et al.*, 2018), embora tenham sido inferiores a 18,7% relatados por Geron *et al.* (2007).

Tabela 4. Efeito do nível de casca de abacaxi e inóculo sobre a composição química proximal, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) da silagem.

Casca de abacaxi (CA)	Inóculo (I)	Matéria seca (%)	Cinzas (%)	Proteína bruta (%)	Extrato etéreo (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)
15	A	39.6±0.7 ^a	14.5±0.6 ^a	27.5±1.5 ^{ab}	6.0±0.7 ^c	39.7±3.3 ^a	22.1±0.9 ^a	76.8±1.7 ^b
30	A	35.1±0.5 ^b	11.7± 0.3 ^b	26.5±1.9 ^b	5.2±0.6 ^c	41.9±2.4 ^a	22.7±1.7 ^a	76.2 ±1.1 ^b
45	A	28.5±1.3 ^c	12.5± 0.5 ^b	26.7±0.9 ^b	5.7±0.5 ^c	32.1±0.7 ^b	17.9±1.6 ^b	82.6±0.5 ^a
15	B	39.0±1.4 ^a	12.8±0.2 ^b	29.7±0.8 ^{ab}	8.0±1.0 ^b	37.5±2.4 ^a	21.6±2.0 ^a	80.6±0.3 ^a
30	B	33.5±0.5 ^b	12.3± 1.4 ^b	27.8±3.0 ^{ab}	9.7±0.8 ^a	35.7±1.6 ^b	24.6±1.5 ^a	84.4±3 ^a
45	B	28.9±1.5 ^c	12.9±0.7 ^b	31.0±3.6 ^a	10.0±0.8 ^a	28.0±0.9 ^c	18.4±0.8 ^b	83.8±2.1 ^a
Efeito, valor p								
CA		<0.01	0.01	0.369	0.021	<0.01	<0.01	0.03
Inóculo		0.26	0.51	.028	<0.01	<0.01	0.39	<0.01
CA x Inóculo		0.33	0.04	0.52	0.30	0.97	0.42	0.08

A = *Lactobacillus* sp., resíduos de manga isolados.

B = *Lactobacillus* B2.

^{a, b, c}: Valores com letras diferentes em cada coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

As silagens apresentaram diferença significativa no teor de proteína bruta em função do tipo de inóculo utilizado. As silagens com 45% CA e inoculadas com *Lactobacillus* B2 apresentaram numericamente o maior teor de proteína bruta (31%), mas estatisticamente o nível de CA e o inóculo não produziram alterações relevantes na proteína bruta das silagens (Tabela 4). O teor de proteína bruta das silagens obtidas com 45% CA e *Lactobacillus* B2 coincide com 31,6% da silagem biológica de resíduo de tilápia (Geron *et al.*, 2007), embora tenha sido superior a 28,08% de proteína bruta da silagem biológica de peixe e manga resíduos (Ramírez-Ramírez *et al.*, 2018); no entanto, foi inferior aos 35,42% relatados por Castillo *et al.* (2019) para silagem biológica de resíduos de peixes, melão e iogurte. O extrato etéreo da silagem apresentou diferença significativa devido aos principais efeitos. Nesse sentido, os tratamentos com 30 e 45% CA e inoculados com *Lactobacillus* B2 apresentaram o maior teor de lipídios (9,85%), o que é muito importante do ponto de vista nutricional, uma vez que neles se encontram ácidos graxos essenciais (Vidotti *et al.*, 2011). Os resultados do extrato etéreo deste estudo são inferiores aos relatados por Geron *et al.* (2007) y Castillo *et al.* (2019); no entanto, eles coincidem com os achados de outro estudo (Ramírez-Ramírez *et al.*, 2018). O conteúdo de FDN e FDA diminuiu com o aumento do nível de CA. Embora o CA seja uma boa fonte de fibra (Tabela 1), a tendência dos resultados se deve à adição de restolho de milho na fórmula, uma vez que as silagens com maior teor de CA continham, ao mesmo tempo, menor quantidade de restolho de milho. milho e, portanto, menor teor de FDN e FDA (Tabelas 2 e 4). Nesse sentido, os resultados são muito importantes, uma vez que os teores de FDN e FDA nas forrageiras se correlacionam negativamente com o consumo e digestibilidade. Os percentuais de FDN e FDA obtidos nas silagens do presente estudo foram superiores aos relatados por Ramírez-Ramírez *et al.* (2018).

Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)

Os valores de digestibilidade dos componentes alimentares são parâmetros importantes para avaliar a formulação de dietas e determinar a utilização de um componente alimentar (Ozyurt *et al.*, 2017). Os valores de DIVMS das silagens apresentaram variação de 76,2 a 84,4% com diferenças significativas entre os tratamentos devido aos efeitos principais ($p < 0,05$). Com o aumento do teor de CA para 45% e com a adição de *Lactobacillus* sp., as silagens apresentaram um aumento de 6,1 unidades percentuais no DIVMS, chegando a 82,6% ($p < 0,05$). No entanto, esse resultado foi estatisticamente o mesmo quando se utilizou *Lactobacillus* B2, independente do nível de CA (Tabela 4). Na produção de silagem de pescado, as proteases presentes no meio ácido hidrolisam as proteínas em fragmentos menores, peptídeos e aminoácidos, o que afeta a digestibilidade total (Ghaly *et al.*, 2013; Geron *et al.*, 2007; Ramírez-Ramírez *et al.*, 2016; Olsen e Toppe, 2017). O efeito do nível de CA no aumento do DIVMS foi provavelmente devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes, que foi relacionado à diminuição das frações de fibra e, conseqüentemente, ao aumento da atividade

microbiana ruminal. Da mesma forma, a adição de CA provavelmente aumentou a atividade da pepsina utilizada na segunda etapa do teste de digestibilidade, que simula a digestão estomacal e, portanto, o DIVMS das silagens aumentou. Os LABs são mais conhecidos como culturas iniciadoras devido às suas características metabólicas versáteis, como atividade acidificante, atividade proteolítica e síntese de bacteriocina (Jini *et al.*, 2011). Em geral, o DIVMS das silagens foi maior com *Lactobacillus* B2 do que com *Lactobacillus* sp., devido ao melhor poder acidificante do *Lactobacillus* B2 e provavelmente a uma alta capacidade de produção de enzimas digestivas. Os resultados DIVMS obtidos neste trabalho concordam com os de outros relatórios (Ozyurt *et al.* (Ozyurt *et al.*, 2017; Ramírez-Ramírez *et al.*, 2018).

CONCLUSÕES

A inclusão de casca de abacaxi em 15 e 30% e *Lactobacillus* B2 causou a melhor acidificação das silagens aos 7 dias de fermentação. Porém, aos 14 dias todas as silagens estavam estáveis e apresentavam alto teor de nutrientes. Além disso, o uso de *Lactobacillus* B2, independente do teor de casca de abacaxi, produziu os maiores DIVMS das silagens. A produção de silagem com resíduos de pescado e casca de abacaxi em combinação com melaço e restolho de milho é uma alternativa tecnológica simples, econômica e ecologicamente correta. Recomenda-se ampliar o processo de produção e avaliar a silagem na alimentação de ruminantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a assistência técnica do MVZ Francisco Arce Romero, Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária e Zootécnica da Universidade Autônoma de Nayarit, México.

LITERATURA CITADA

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 2005. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 18ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA. ISBN 0-935584-77-3. <http://www.eoma.aoac.org/>

CASTILLO GWE, Sánchez SHA, Ochoa MGM. 2019. Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con *Lactobacillus fermentus* aislado de cerdo. *Revista de investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(4):1456-1469. ISSN: 1609-9117. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17165>

DAMASCENO KA, Alvarenga CA, Dos Santos G, Lacerda L, Bastianello PC, Leal P, Arantes-Pereira L. 2016. Development of cereal bars containing pineapple peel flour (*Annanas Comosus* L. Merrill). *Journal of Food Quality*. 39:417-424. ISSN: 1745-4557. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2018. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Pp. 2. ISBN 978-92-5-130688-8. <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>

FAOSTAT (Statistical Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

GERON LJV, Zeoula LM, Vidotti RM, Matsushita M, Kazama R, Caldas SF, Fareli F. 2007. Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and *in vitro* intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. *Animal Feed Science and Technology*. 136:226-239. ISSN: 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.006>

GHALY AE, Ramakrishnan VV, Brooks MS, Budge SM, Dave D. 2013. Fish Processing Wastes as a Potential Source of Proteins, Amino Acids and Oils: A Critical Review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*. 5(4):107-129. ISSN: 1948-5948. <http://dx.doi.org/10.4172/1948-5948.1000110>

GHOSH PR, Fawcett D, Sharma SB, Poinern GEJ. 2016. Progress towards sustainable utilization and management of food wastes in the global economy. *International Journal of Food Science*. 2016:1-22. ISSN: 2314-5765. <http://downloads.hindawi.com/journals/ijfs/2016/3563478.pdf>

JINI R, Swapna HC, Amit KR, Vrinda R, Halami PM, Sachindra NM, Bhaskar N. 2011. Isolation and characterization of potential lactic acid bacteria (LAB) from freshwater fish processing wastes for application in fermentative utilization of fish processing waste. *Brazilian Journal of Microbiology*. 42:1516-1525. ISSN: 1517-8382. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400039>

KETNAWA S, Chaiwut P, Rawdkuen S. 2012. Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 90:385-391. ISSN: 0960-3085. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.006>

LAND M, Vanderperren E, Raes K. 2017. The effect of raw material combination on the nutritional composition and stability of four types of autolyzed fish silage. *Animal Feed Science and Technology*. 234:284-294. ISSN: 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.009>

OLSEN RL, Toppe J. 2017. Fish silage hydrolysates: No only a feed nutrient, but also a useful feed additive. *Trends in Food Science & Technology*. 66:93-97. ISSN: 0924-2244. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.003>

OZYURT G, Boga M, Uçar Y, Boga EK, Polat A. 2017. Chemical, bioactive properties and *in vitro* digestibility of spray-dried fish silages: Comparison of two discard fish (*Equulites klunzingeri* and *Carassius gibelio*) silages. *Aquaculture nutrition*. 1-8. ISSN: 1365-2095. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/anu.12636>

RAMÍREZ-RAMÍREZ JC, Huerta S, Arias L, Prado A, Shirai K. 2008. Utilization of shrimp by-catch and fish wastes by lactic acid fermentation and evaluation of degree of protein hydrolysis and *in vitro* digestibility. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 7(3):195-204. ISSN 1665-2738. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v7n3/v7n3a3.pdf>

RAMÍREZ-RAMÍREZ JC, Ibarra JI, Gutiérrez R, Ulloa JA, Rosas P. 2016. Use of biological fish silage in broilers feed: Effect on growth performance and meat quality. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 27(3):4293-4304. ISSN: 2071-7024. <https://m.elewa.org/Journals/wp-content/uploads/2016/02/4.Ramirez.pdf>

RAMÍREZ-RAMÍREZ JC, Gutiérrez R, Ulloa JA, Rosas P, Torres G, Bautista PU. 2018. Utilization of fish and mango wastes on biological silage production. *Current Research in Agricultural Sciences*. 5(1):6-14. ISSN: 2312-6418. [http://www.conscientiabeam.com/pdf-files/agr/68/CRAS-2018-5\(1\)-6-14.pdf](http://www.conscientiabeam.com/pdf-files/agr/68/CRAS-2018-5(1)-6-14.pdf)

RENUKA V, Zynudheen AA, Panda SK, Ravishankar CNR. 2016. Nutritional evaluation of processing discard from tiger tooth croaker, *Otholites ruber*. *Food Science and Biotechnology*. 25(5):1251-1257. ISSN: 2092-6456. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0198-0>

SMICHI N, Kharrat N, Achouri N, Gargouri Y, Miled N, Fendri A. 2016. Physicochemical characterization and nutritional quality of fish by-products: *in vitro* oils digestibility and synthesis of flavour esters. *Journal of Food Processing & Technology*. 7(7)602. ISSN: 2157-7110. <https://www.longdom.org/archive/jfpt-volume-7-issue-7-year-2016.html>

STATISTICA software, version 7.1. https://softadvice.informer.com/Statistica_7.1_Free_Download.html

TILLEY MA, Terry RA. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*. 18(2):104–111. ISSN: 1365-2494. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

VAN SOEST, PJ, Robertson JB, Lewis, BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10):3583-3597. ISSN: 0022-0302. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/pdf)

VIDOTTI RM, Bertoldo MT, Gonçalves GS. 2011. Characterization of the oils present in acid and fermented silage produced from Tilapia filleting residue. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40(2):240-244. ISSN: 1806-9290. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000200002>