**Características físico-química e digestibilidade da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves**

**Digestibility and physico-chemical traits of pirarucu waste acid silage flour in diets for commercial laying hens**

**RESUMO**

Objetivou-se com este estudo avaliar as características físico-químicas e nutricionais da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu em rações para poedeiras comerciais leves sobre a digestibilidade aparente e metabolização energética. Foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 71 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições de seis aves cada. Os tratamentos constituíram-se de controle (ração sem inclusão do produto) e ração experimental (com 3% de inclusão de silagem ácida). A biomassa ensilada apresentou coloração marrom claro; aroma levemente acidificado; consistência ligeiramente cremosa; pH de 4,38±0,11; com valores de 84,16% de matéria seca; 40,06 % de proteína bruta; 26,82% de extrato etéreo; 9,31% de matéria mineral, 65,16 g/kg de cálcio e 22,90 g/kg de fósforo. Foram observadas diferenças significativas na digestibilidade da proteína bruta, extrato não nitrogenado (carboidratos solúveis), extrato etéreo, matéria mineral, energia metabolizável e no coeficiente de metabolização da energia metabolizável. Os resultados do presente estudo indicaram que a silagem ácida produzida a partir da biomassa residual do pirarucu pode ser incluída na forma de farinha até 3% em rações para poedeiras leves, apresentando boa digestibilidade dos nutrientes e potencial para ser utilizada como fonte energética.

**PALAVRAS-CHAVE:** alimento alternativo, ensilado, energia metabolizável, nutrientes, resíduo de pescado

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the traits of pirarucu waste acid silage flour in diets for commercial laying hens on apparent digestibility and energy metabolism. Foram 72 hens Hisex White with 71 weeks were used. The experimental method was completely randomized with two treatments (control diet and diet with 3% of pirarucu waste acid silage) with six replicates of six birds each. The ensiled biomass showed light brown color; acidified aroma; creamy consistency; 4.38±0.11 of pH; with 84.16% of dry matter; 40.06% of crude protein; 26.82% of ethereal extract; 9.31% of mineral matter, 65.16 g/kg of calcium and 22.90 g/kg of phosphorus. Differences (P>0.05) were observed in digestibility of crude protein, non-fibrous carbohydrates (soluble carbohydrates), ether extract, mineral matter, metabolizable energy and metabolizable coefficient of energy metabolization. The results of the present study indicate that the pirarucu waste acid silage flour can be used at 3% in diets for laying hens showed better nutrient digestibility and potential animal energy source.

**KEYWORDS:** alternative food, fish waste, metabolizable energy, nutrients, silage

**INTRODUÇÃO**

A Amazônia abriga uma grande diversidade de organismos aquáticos, sendo esta a principal fonte de renda e subsistência de comunidades ribeirinhas que vivem da exploração dos recursos pesqueiros ao longo do rio Solimões-Amazonas e seus afluentes (Costa, Silva, Souza, Batalha & Hoshiba, 2013). Dentre as espécies mais exploradas e consumidas pela população regional, destaca-se o pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz 1822), conhecido como bacalhau da Amazônia, tendo sua carne bastante valorizada no mercado, principalmente quando é comercializado pelo procedimento do salgado-seco.

Para o processamento do pirarucu, na forma de filés congelados ou salgado-seco são utilizadas apenas os filés do pescado, enquanto os resíduos (carcaças, vísceras, nadadeiras, escamas e peles) são descartados no meio ambiente. No entanto, parte destes subprodutos apresentam potencial para serem aproveitados como novos produtos.

Neste contexto, um produto que encontra-se em destaque nos recentes estudos desenvolvidos no Brasil para o aproveitamento de resíduos provenientes do pescado é a silagem. Esta apresenta-se como uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos da filetagem (Godoy, Landell Filho, Bianchini Sobrinho & Godoy, 2008), além de ser uma técnica simples, de baixo custo operacional utilizada para a transformação dos materiais residuais em produtos de alta qualidade nutricional e que podem minimizar os problemas com a poluição ambiental, bem como, servir de ingrediente na formulação de rações.

 E quanto a utilização destas silagens de resíduos de pescado na alimentação animal, estas já apresentaram potencial para proporcionar benefícios econômicos aos sistemas de produção de aves, uma vez que a alimentação destas representa 70% dos custos totais de produção (Feijó et al., 2016), onde o milho e a soja figuram como principais ingredientes utilizados como fontes energéticas e proteicas nas formulações de rações. Neste sentido, a utilização destes resíduos gerados pela agroindústria de pescado para transformar subprodutos em alimentos alternativos, oferecendo vantagens de acessibilidade, principalmente em regiões do Brasil que enfrentam entraves com logística de grãos e matérias-primas com alto custo (Cruz et al., 2016).

 Com base nesta perspectiva, a utilização de silagem como ingrediente alternativo visa principalmente o aspecto produtivo e econômico, sem agredir, sobretudo, o desempenho e fisiologia do animal. Sendo assim, é necessário ter compreensão nítida da composição protéica e mineral, concentração energética, acessibilidade de nutriente, além do seu aproveitamento pelo organismo das aves (Oliveira, Pinheiro, Fonseca & Oba, 2012).

Diante do exposto, realizou-se esta pesquisa com objetivo de avaliar as características químicas e nutricionais da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu em rações para poedeiras comerciais leves sobre a digestibilidade aparente e metabolização energética.

**MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido nas instalações do Laboratório de Tecnologia de Pescado da Coordenação de Tecnologia e Inovação-COTI do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, onde foram desenvolvidos os procedimentos para a obtenção da silagem ácida de resíduo de pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz 1822) e sua caracterização físico-química; e no Setor de Avicultura do Departamento de Produção Animal e Vegetal (DPAV) da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas, Brasil, onde foi realizado o ensaio de digestibilidade.

A matéria-prima utilizada foi proveniente da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas-Brasil, sendo esta adquirida em fevereiro de 2016 de um entreposto de processamento do pescado, constituída da carcaça (espinha dorsal e costelas). Tais resíduos foram transportados em sacos de rafia fechados até o Laboratório de Tecnologia de Pescado da COTI-INPA.

Os resíduos foram fragmentados em triturador elétrico da marca Multinox, e divididas em baldes plásticos com capacidade para 15 litros, onde cada recipiente recebeu 10 kg de massa triturada. Foram adicionados, para cada 10 kg, a mistura de ácidos propiônico e fórmico na proporção 1:1, na relação de 3% do volume da solução ácida em relação ao peso do resíduo sob constante homogeneização, seguindo parte da metodologia proposta por Borghesi, Portz, Oetterer e Cyrino (2008). Os recipientes foram mantidos em temperatura ambiente durante o período de três dias.

Para a completa uniformização, o material ensilado, foi revolvido a cada 24 horas durante os três dias de armazenagem para permitir o maior contato dos ácidos com os resíduos e garantir a qualidade da silagem, de onde foram coletadas amostras para a medição do pH. O pH foi determinado através de peagômetro de marca OHAUS (Starter 3100), com resultados expressos em duas casas decimais.

As alterações do produto foram acompanhadas por meio de observações das características organolépticas, tendo como base: cor, aroma e consistência. Ao final dos três dias, para redução da umidade, o material ensilado foi depositado em bandejas de alumínio, levados à estufa de ventilação forçada, a 65 ºC por 72 horas. Nesse intervalo, ocorreu o revolvimento para garantir secagem uniforme e obtenção do produto seco de qualidade. Ao final do período de secagem, o produto total seco apresentou um rendimento de 50% em relação à massa ensilada, no qual passou pelo processo de trituração para a obtenção da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

A composição química (matéria seca: MS, proteína bruta: PB, extrato etéreo: EE, matéria mineral: MM, potencial hidrogêniônico: pH e carboidratos totais: CT obtidos pela equação: 100 - (%PB + %MM + %CZ) da farinha de silagem ácida e dos resíduos de pirarucu foram determinados no Laboratório de Química e Físico-Química de Alimentos, conforme metodologias proposta por Silva e Queiroz (2012) e os minerais foram digeridos em extrato nítro-perclórico e as concentrações quantificadas por espectrofotômetro de absorção atômica (Ca) e por colorimetria (P) no espectrofotômetro utilizando molibdato de amônio e ácido ascórbico de acordo com a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974) no Laboratório Temático de Solos e Plantas de Química do INPA.

As rações (Tabela 1) foram formuladas através do software computacional Supercrac (2004) em atendimento as exigências nutricionais dos animais e conforme os valores dos ingredientes fornecidos pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011), com exceção da composição da silagem química de resíduo de pirarucu.

**Tabela 1**. Composição das rações contendo farinha de resíduo de pescado.

|  |  |
| --- | --- |
| Ingredientes | Rações Experimentais |
| 0,0% | 3,0% |
| Milho 7,88% | 62,2552 | 61,7563 |
| Farelo Soja 46% | 25,8710 | 23,7583 |
| Silagem ácida | 0,000 | 3,0000 |
| Calcário calcítico | 9,2394 | 8,8059 |
| Fosfato bicálcico | 1,6926 | 1,7161 |
| Premix Vit. Min.1  | 0,5000 | 0,5000 |
| Sal | 0,3500 | 0,3500 |
| DL- Metionina 99 | 0,0919 | 0,1134 |
| Total (Kg) | 100,0000 | 100,0000 |
| Nutrientes calculados |  |  |
| Energia Metabolizável, kcal-1/kg | 2.692,5929 | 2.629,1851 |
| Proteína bruta, % | 17,000 | 17,000 |
| Metionina + Cistina, % | 0,6274 | 0,6200 |
| Metionina, % | 0,3600 | 0,4035 |
| Cálcio, % | 4,0000 | 4,0000 |
| Fósforo disponível, % | 0,4000 | 0,4000 |
| Sódio, % | 0,1566 | 0,1561 |

1 Níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Coccidiostático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg. Selênio 40 mg. Veículo Q.S.P. 1.000 g.

Foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 71 semanas de idade alojadas em 12 gaiolas dimensionadas em 1,0m de comprimento, 0,45m de profundidade, 0,45m de altura com divisórias internas de 0,50m no sentido do comprimento. As aves foram pesadas com objetivo de uniformização das parcelas, apresentando peso médio de 1,50±0,0029 kg e distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos constituíram-se de uma ração controle (baseado em milho e farelo de soja) e uma ração experimental com 3% de inclusão de silagem ácida de resíduo de pirarucu nas rações, com seis repetições de seis aves cada. O período experimental teve duração de 12 dias, considerando sete dias de adaptação das aves às dietas e as instalações e mais cinco dias para coleta das fezes e dos dados conforme metodologia proposta por Rodrigues, Martinez, Freitas, Bertechini e Fialho (2005) e Sakomura e Rostagno (2007).

A digestibilidade dos nutrientes das rações foi determinada utilizando-se o método de coleta total das fezes. Para este procedimento foram utilizadas bandejas acopladas sob o piso das gaiolas e forradas com plástico, de onde as excretas foram coletadas duas vezes ao dia, no início da manhã (08:00 horas) e no final da tarde (16:00 horas), e em seguida acondicionadas em sacos herméticos identificados conforme o tratamento e armazenadas em freezer.

Ao término do período de coleta das excretas, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas por unidade experimental e retiradas uma amostra composta para secagem em estufa de ventilação forçada por 55ºC durante 72 horas, em seguida foram moídas e junto com as rações experimentais destinadas a análise de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta e cinzas, de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2012).

Após as análises, foram determinados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e coeficientes de metabolização da energia das rações em estudo conforme técnica convencional de Matterson para avaliação de alimentos (Sakomura & Rostagno, 2007), à exceção da determinação dos coeficientes de energia que seguiram as metodologias propostas por Rostagno et al. (2011).

Os dados coletados, a exceção dos resultados de pH, foram submetidos a análise variância (ANOVA), em seguida submetidos ao teste de comparação de médias Tukey (P<0,05), utilizando o programa computacional Statistical Analysis System - SAS (2008).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados de desenvolvimento de pH em um período de 72 horas da silagem ácida e dos resíduos *in natura* de pirarucu estão dispostos na Tabela 2. O pH foi monitorado durante o período em que a biomassa permaneceu ensilada, inicialmente encontrava-se em 6,61±0,01 nos resíduos triturados, o seu decréscimo ocorreu mediante a adição da mistura dos ácidos para o valor de 4,22±0,22 no primeiro dia e 4,38±0,11 no último dia. O resultado final do pH obtido no presente estudo encontra-se dentro do limite de 4,5 recomendado por Benites e Souza-Soares (2010) para prevenir a ação microbiológica em silagem ácida de pescado.

**Tabela 2**. Valores de pH dos resíduos de pirarucu e da silagem ácida\*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Dias/horas | Resíduo *in natura* | Silagem ácida |
| Início | 6,61±0,01 | - |
| 1º (24 horas) | - | 4,22±0,22 |
| 2º (48 horas) | - | 4,28±0,19 |
| 3º (72 horas) | - | 4,38±0,11 |

\* Médias retiradas de três repetições ±desvio padrão.

O pH inicial do resíduo *in natura* está dentro da faixa dos valores (6,67±0,01 a 6,81±0,01) observados por Oliveira, Jesus, Batista & Lesi (2014) durante o período de estocagem em gelo de 06 a 12 dias dos músculos de pirarucu, comprovando que os resíduos apresentavam condições favoráveis para serem utilizados na elaboração da silagem ácida.

Com o valor final de pH de 4,38±0,11 não foram observadas alterações que viessem comprometer a qualidade da massa ensilada durante o período experimental. Sendo que, o pH ácido produz condições para diminuir ou impedir o crescimento de bactérias indesejáveis que causam a decomposição das proteínas e a putrefação da massa ensilada (Vieira et al., 2015).

A combinação de ácidos orgânicos como o fórmico e propriônico, na proporção de (1:1) ou (3:1) com 3% do volume por peso, tem sido recomentada no preparo de silagem ácida, pois mantêm as propriedades bacteriostáticas em pH mais elevados, não requerendo a necessidade de neutralização, devido ao poder de estabilização do pH da biomassa (Borghesi et al., 2008, Maia Junior & Sales, 2013). No presente estudo, não foi realizada a neutralização da silagem antes da secagem para a inclusão na ração, devido ao pH estar próximo ao limite recomendado para prevenção microbiológica.

Através do método visual, durante a ensilagem, observou-se que as características de cor da massa residual mudaram com a adição da mistura dos ácidos fórmico e propiônico, passando da coloração levemente rosada, natural do peixe *in natura*, para cinza claro. O contato do ácido com a biomassa provoca reações que proporcionaram a liberação de nutrientes presentes na mesma (Tanuja, Prafulla, Kumar, Moharana & Sujut, 2014), inibindo o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes (Venturoso et al., 2016), ocorrendo assim o bloqueio do mau odor (Vieira et al., 2015). Isso fez com que o aroma peculiar do pirarucu desaparecesse dando lugar ao cheiro ácido, que com o passar dos dias foi se tornando brando, indicativo de que houve uma volatização dos ácidos adicionados, tornando o produto e ambiente de trabalho livre de insetos indesejáveis.

Por meio do revolvimento, procedimento que se repetia a cada 24 horas, observou-se a formação de líquidos sobre a massa, o líquido formado foi incorporado a biomassa por meio do mesmo processo, para permitir o máximo contato dos ácidos com os fragmentos residuais, dando consistência cremosa. Este resultado está de acordo com as observações visuais realizadas por Vasconcelos, Mesquita e Albuquerque (2011) que relataram o início da liquefação da massa homogênea no período de 24 horas e o seu aumento até o fim do experimento.

A formação de líquidos em ensilados de pescado está atribuída a contínua hidrolise protéica que acontece pela ação das enzimas proteolíticas, naturalmente presentes no músculo do pescado (Ribeiro, Ribeiro, Castro & Medeiros, 2015), que se tornam aceleradas por meio da adição de ácidos, e atinge atividade mais elevada com valores de pH entre 2 e 4 (Tomczak-Wandzel & Mędrzycka, 2013). Em geral, a taxa de liquefação é dependente do tipo de matéria-prima, seu frescor, atividade enzimática, estado fisiológico do peixe e dentre outros fatores (Al-Abri et al., 2014). No presente estudo a formação de líquido foi pouco acentuada devido a estrutura dos resíduos que não foram moídos e somente passaram por uma fragmentação, o tempo em que o material passou pelo processo de ensilagem também contribuiu com este fator.

Durante o período de 72 horas de armazenagem, a biomassa ensilada adquiriu coloração marrom claro, com aroma levemente acidificado e consistência ligeiramente cremosa, pouco líquida, corroborando com os observados por Vasconcelos et al. (2011) em estudo sobre os padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

O aroma final, levemente acidificado, foi descaracterizado durante a secagem e moagem do produto para a inclusão na ração, apresentando odor característico do pescado. Isso está relacionado ao emprego dos ácidos, por serem menos corrosivos e de fácil manipulação (Ferraz de Arruda, Borghesi & Oetterer, 2007).

Os resultados da composição química da silagem ácida e dos resíduos *in natura* de pirarucu encontram-se na Tabela 3. A composição química da silagem ácida de resíduos de pirarucu apresentou diferenças significativas (P<0,05) em relação ao resíduo *in natura*, exceto para cálcio e fósforo.

Tabela 3. Composição química dos resíduos e da silagem ácida de pirarucu.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Composição Química | Resíduo | Silagem Química | P Valor | CV (%) |
| Matéria Seca, % | 31,42 b | 84,16 a | 0,01\* | 0,65 |
| Proteína Bruta, % | 15,71b | 40,05a |  0,01\* | 3,04 |
| Extrato Etéreo, % | 6,46 b | 26,81a | 0,01\* | 1,13 |
| Matéria Mineral, % | 3,42b | 9,31a | 0,01\* | 5,93 |
| Carboidratos totais % | 74,40a | 23,82b | 0,01\* | 1,63 |
| Cálcio, g/Kg | 66,32 | 65,16 | 0,58ns | 3,70 |
| Fósforo, g/Kg | 27,09 | 22,90 | 0,34ns | 4,54 |

CV – Coeficiente de variação; \* Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P <0,05); ns – não significativo.

A composição química do resíduos *in natura* de pirarucu encontrada no presente estudo apresentou apenas resultados de proteína bruta abaixo dos resultados obtidos por Oliveira et al. (2014) que verificaram 17,56±0,12 % de PB; 0,62±0,02% de EE; 0,87±0,06% de CZ e 1,44% de carboidratos totais na parte dorsal e 16,10±0,37% de PB; 2,49±0,03% de EE; 0,84±0,05% e 2,69% de carboidratos na parte ventral do músculo do pirarucu procedentes de piscicultura.

 Essa diferença na composição química entre a silagem ácida e os resíduos *in natura* de pirarucu encontra-se relacionada a adição da mistura dos ácidos fórmico e propiônico utilizados no preparo. Os ácidos contribuem para que as enzimas hidrolisem as proteínas em peptídeos e aminoácidos e os lipídios presentes nos resíduos (Tomczak-Wandzel & Mędrzycka, 2013). Esta desagregação acelerada pela incorporação dos ácidos, além de reduzirem o pH, também fazem a quebra dos ossos e cartilagens, impedindo o crescimento de bactérias deterioradoras (Goddard & Perret 2005).

A concentração de proteína bruta encontrada no presente estudo foi superior aos 38,12% obtidos por Ferraz de Arruda, Borghesi, Portz, Cyrino e Oetterer (2009), utilizando o tratamento de ácidos sulfúrico e fórmico (3: 1) em silagem produzida com resíduos frescos e semelhantes aos 40,62±0,12, 40,45±0,06 e 40,38±0,06% de proteína bruta registado por Ramasubburayan et al. (2013) fazendo uso de 2, 2,5 e 3% de ácido fórmico na elaboração de silagem ácida de pescado. De acordo com os autores supracitados a redução da proteína bruta em silagem elaboradas com ácidos está relacionada à continua hidrólise protéica.

Os teores de matéria mineral (9,31%) encontrados no presente estudo foram superiores aos observados por Boscolo et al. (2010) na ordem de 6,57, 5,91 e 5,77 em 7, 91 e 201 dias de estocagem de silagem ácida de resíduos de tilápia, onde o mesmo afirma que a quantidade de matéria mineral encontrada em silagem de pescado deve-se a sua constituição residual, onde os minerais ficam mais concentrados nestes resíduos.

Os valores de extrato etéreo iguais a 26,82% presente na silagem ácida de resíduos de pirarucu encontram-se associados a parte ventral, referentes às costelas, onde estão concentrados maior conteúdo de gordura do pescado e que contribuíram com a maior liberação de gordura durante o período de ensilagem. Tanuja et al. (2014) obtiveram 39,19±0,53% de extrato etéreo em silagem ácida de resíduos das vísceras de carpas. Este valor apresentado pelo referido autor demonstra que assim como a parte ventral, as vísceras, também constituem o principal local de deposição de lipídios em pescado.

 Os minerais analisados, cálcio e fósforo, encontrados para a silagem ácida são devidos à utilização das partes da estrutura óssea que constitui o pirarucu, como as costelas e vertebras que podem influenciar nos resultados. Os teores de cálcio e fósforo obtidos no presente estudo ficaram bem acima dos encontrados por Hisano, Ishikawa e Portz (2012), cujos valores foram de 0,06% de cálcio e 0, 27% de fósforo e dos obtidos por Dale e Valenzuela (2016) na ordem de 1,01 % de cálcio e 1,08% de fósforo na composição mineral da silagem ácida de salmão seco.

A composição química da silagem de pescado pode variar de acordo com a matéria-prima empregada na produção, como: espécie de peixe, porção dentro da mesma espécie, sistema de criação, estágio de desenvolvimento dos peixes, sexo, parte analisadas e tipo de ácidos utilizados para facilitar a hidrolise (Borghesi & Oetterer, 2007; Oliveira et al., 2014).

Os resultados observados para os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações encontram-se na Tabela 4. Foram observadas diferenças significativas (P<0,05) nos coeficientes de digestibilidade do extrato não nitrogenado, extrato etéreo e matéria mineral. Observou-se que poedeiras alimentadas com ração contendo 3% de farinha de silagem ácida apresentaram melhor aproveitamento de extrato etéreo e matéria mineral em comparação a ração controle, podendo estes resultados estarem relacionados ao maior teor desses componentes na farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da ração referência e da ração experimental, contendo 3% de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu para poedeiras leves.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Coeficientes de Digestibilidade (%) | Rações Experimentais | P Valor | CV (%) |
| 0,0% | 3,0% |
| Matéria Seca | 70,62 | 70,87 | 0,89ns | 2,94 |
| Proteína Bruta | 55,48a | 35,91b | 0,01\* | 9,87 |
| Fibra Bruta | 40,99 | 46,35 | 0,32ns | 13,45 |
| Extrato Não Nitrogenado | 83,61b | 88,67a | 0,01\* | 1,20 |
| Extrato Etéreo | 67,59b | 74,36a | 0,02\* | 3,51 |
| Matéria Mineral | 14,92b | 32,22a | 0,03\* | 20,54 |

CV – Coeficiente de variação; \* Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P <0,05); ns – não significativo.

No presente estudo, as aves utilizadas para a análise de digestibilidade encontravam-se com 71 semanas de idade, o que pode ter influenciado diretamente a digestibilidade dos nutrientes. De acordo com Arruda, Melo, Oliveira, Souza e Oliveira (2012) e Fernandes et al. (2015) aves mais velhas apresentam sistema digestivo plenamente desenvolvido e com maior produção de enzimas digestivas, na qual permite maior possibilidade de permanência e absorção de nutrientes contidos nos alimentos.

Outrora, poedeiras alimentadas com rações contendo 3% de inclusão da silagem ácida de resíduos de pirarucu apresentaram menor digestibilidade da proteína bruta (P<0,05) em relação às alimentadas com a ração referência. Esse resultado pode estar atribuído aos pequenos fragmentos de peptídeos e aminoácidos livres que nos hidrolisados são mais rapidamente absorvidos do que os aminoácidos de proteínas intactas, tornando-os facilmente disponíveis para a produção de energia, ao invés de serem destinados para a síntese protéica (Hernández et al., 2013).

 Estes resultados discordam dos obtidos por Al-Marzooqi, Al-Farsi, Mahgoub e Goddard (2010), que constataram maior coeficiente de digestibilidade de aminoácidos em silagem de sardinha elaboradas com ácido clorídrico, concluindo que as proteínas na forma hidrolisada são facilmente utilizadas na síntese protéica pelas aves.

Não foram observadas diferenças (P>0,05) para a digestibilidade de matéria seca e fibra bruta entre a ração experimental contendo os 3% de inclusão de silagem ácida de resíduos de pirarucu e a ração referência, pois as poedeiras tiveram aproveitamento semelhantes.

Devido à escassez de trabalhos com silagem ácida de pescado relacionados a poedeiras comerciais na literatura, ficou restrito realizar muitas comparações com outros estudos, porém para frangos de corte são relatadas vários estudos que demonstram os benefícios da silagem elaborada com adição de ácidos orgânicos na ração, como o realizado por Widjastuti, Lengkey, Wiradimadja e Herianti (2011) que observaram melhores resultados em aves alimentadas com dietas contendo 4% de silagem elaboradas com a adição de 3% de ácido fórmico e propriônico (1:1), e Rahman & Koh (2016) concluíram que farinha de camarão tratada com 3% de ácido fórmico proporcionaram melhor digestibilidade dos nutrientes em dietas de frangos de corte.

Os resultados de energia metabolizável aparente e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente das rações estão dispostos na Tabela 5. Os valores dos coeficientes de energia metabolizável aparente e coeficientes de metabolização da energia metabolizável aparente apresentaram diferenças significativas (P<0,05) para poedeiras alimentadas com ração contendo 3% de silagem ácida na ração, em função do maior aproveitamento das fontes energéticas na dieta.

Tabela 5**.** Energia metabolizável aparente (EMa) e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente (CMEMa) da ração controle e da ração experimental (contendo 3% de farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu-FSARP) para poedeiras leves.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Coeficientes de Digestibilidade (%) | Rações Experimentais | P Valor | CV (%) |
| Ração Referência | Ração com 3% de FSARP |
| EMa1 |  2921,18b | 3253,01a | 0,01\* | 0,79 |
| CMEMa2 | 78,93b |  81,14a | 0,01\* | 0,23 |

CV – Coeficiente de variação; \* Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (P <0,05); ns – não significativo.

1 Energia Metabolizável Aparente

2 Coeficiente de Metabolização da Energia Metabolizável Aparente

Em estudo realizado para a obtenção dos valores de energia metabolizável aparente, Oliveira et al. (2014) encontraram valores energéticos variando entre 3.804 kcal/kg a 3.842 kcal/kg em rações elaboradas com silagem de peixe ensiladas com diferentes fontes de carboidratos em dietas para frangos de corte. No presente estudo, a energia metabolizável aparente da ração contendo farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu foi de 3.253,01kcal/kg, ou seja, próximo aos valores relatados pela literatura.

No entanto, a diferença nos valores energéticos entre os trabalhos pode estar relacionada as variações na composição química do alimento (Calderano et al., 2010), e o seu melhor aproveitamento pelas aves. Deste modo, a avaliação nutricional de alimentos alternativos com aves destinadas a produção de ovos representa uma ação investigativa de grande valia técnica e científica, pois em muitos casos não é totalmente aproveitada, diante da escassez da diversidade regional (Melo et al., 2015).

**CONCLUSÃO**

 Os resultados do presente estudo indicaram que a silagem ácida produzida a partir da biomassa residual do pirarucu pode ser incluída na forma de farinha até 3% em rações para poedeiras leves, apresentando boa digestibilidade dos nutrientes e potencial para ser utilizada como fonte energética.

**REFERÊNCIAS**

Al-Marzooqi, W., Al-Farsi M.A., Kadim, I.T., Mahgoub, O. & Goddard, J. S. (2010). The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided. Asian-Australasian Journal Animal Sciences, 23 (12), 1614-1625.

Al-Abri, A. S., Mahgoub, O., Kadim, I. T., Al-Marzooqi, W., Goddard, S. J. & Al-Farsi, M. (2014). Processing and evaluation of nutritive value of fish silage for feeding Omani sheep. Journal of Applied Animal Research, 42 (4) 406–413.

Arruda, A. M. V., Melo, A. S., Oliveira, V. R. M., Souza, D. H. & Oliveira, J. F. (2012). Avaliação nutricional do feno de maniva de mandioca com aves caipiras. Acta Veterinaria Brasilica, 6 (3), 204-210.

Benites, C.I. & Souza-Soares, L.A. 2010. Farinhas de silagem de resíduo de pescado co-secas com farelo de arroz: uma alternativa viável. Archivos Zootecnia, 59 (227), 447-450.

Borghesi, R., Ferraz de Arruda, L. & Oetterer, M. (2007). A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, 25 (2), 329-339.

Boscolo, W. R., Santos, A. M., Buzanello, M. C. V., Feiden, A., Bittencourt, F. & Signor, A. A. (2010). Avaliação microbiológica e bromatológica da silagem ácida obtidade resíduos da indústria de filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Ciências Agrárias, Londrina, 31 (2), 515-522.

Borghesi, R., Portz, L., Oetterer, M. & Cyrino, J. E. P. (2008). Apperent digestibility coeffcient of protein and amino acids of acid, biological and enzymatic silage for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Nutrition, 14 (3), 242-248.

Calderano, A. A., Gomes, P. C., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Souza, R. M. & Mello, H. H. de C. (2010). Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinada em aves de diferentes idades. Revista Brasileira de Zootecnia, 39 (2), 320-326.

Costa, T. V., Silva, R. R. S., Souza, J. L., Batalha, O. S. & Hoshiba, M. A. (2013). Aspectos do consumo e comércio de pescado em Parintins. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 39 (1), 63-75.

Cruz, F. G. G., Rufino, J. P. F., Melo, R. D., Feijó, J. da C., Damasceno, J. L. & Costa, A. P. G. C. (2016). Perfil socioeconômico da vicultura no setor primário do estado do amazonas, Brasil. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR), 9 (2), 371-391.

Dale, N. & Valenzuela, C. (2016). Nutritional properties of dried salmon silage for broiler feeding. Animal Science Journal, 87 (6), 791–795.

Ferraz de Arruda, L., Borghesi, R. & Oetterer, M. (2007). Use of fish waste as silage: a review. Brazilian Archives of Biology and Technology, 50 (5), 879-886,

Ferraz de Arruda, L., Borghesi, R., Portz, L., Cyrino, J. E. P. & Oetterer, M. (2009). Fish Silage in Black Bass (*Micropterus Salmoides*) Feed as na Alternative to Fish Meal. Brazilian Archives of Biology and Technology, 52 (5), 1261-1266.

Feijó, J. da C., Cruz, F. G. G., Melo, R. D., Rufino, J. P. F., Damasceno, J. L.; Costa, A. P. G. C. & Negreiros, T. de J. N. (2016). Farinha de cará (Dioscorea trifida L.) sobre o desempenho, qualidade do ovo e sérica de poedeiras comerciais leves. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, 17 (3), 413-423.

Goddard, J.S. & Perret, J. S. M. (2005). Co-drying fish silage for use in aquafeeds. Animal Feed Science and Technology, 118: 337-342.

Godoy, H. B. R., Landell Filho, L. C., Bianchini Sobrinho, E. M. & Godoy, M. (2008). O uso da silagem de subprodutos da filetagem de peixe na alimentação de suínos em crescimento parâmetros séricos. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, 45 (6), 429-436.

Hernández, C., Olvera-Novoa, M. A., Voltolina, D., Hardy, R. W., González-Rodriguez, B., Dominguez-Jimenez, P.,.... Agramon-Romero, S. (2013). Use of tuna industry waste in diets for Nile tilapia, Oreochromis niloticus, fingerlings: effect on digestibility and growth performance. Latin American Journal of Aquatic Research, 41 (3), 468-478.

Honorato, C., Frizzas, G. O. & Carneiro, D. J. (2012). Digestibilidade da silagem de peixe com diferentes tempos de armazenamento para alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, Campo Grande, 16 (5), 85-95.

Hisano, H., Ishikawa, M. M. & Portz, L. (2012). Produção de silagem ácida a partir de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e avaliação da digestibilidade para tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, 13 (3), 872-879.

Fernandes, R. T. V., Arruda, A. M. V., Araújo, M. S., Melo, A. S., Marinho, J. B. M., Vasconcelos, N. V. B.,....Holanda, J. S. (2015) Valores energéticos e coeficientes de digestibilidade de uma ração tradicional para aves Label Rouge em diferentes idades. Acta Veterinaria Brasilica, 9 (2), 108-113.

Maia Junior, W. M. & Sales, R. de O. (2013). Propriedades Funcionais da Obtenção da Silagem Ácida e Biológica de Resíduos de Pescado. Uma Revisão. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 7 (2), 126-156.

Melo, R. D., Cruz, F. G. G., Feijó, J. da C., Rufino, J. P. F., Damasceno, J. L., Dias, E. C. de S. & Brandão, A. B. T. (2015). Digestibility of Diets Containing Cara Flour (*Dioscorea trifida* L.) For Laying Hens. International Journal of Poultry Science, 14 (3), 156-160.

Oliveira, D. D., Pinheiro, J. W., Fonseca, N. A. N. & Oba, A. (2012). Desempenho de frangos de corte alimentados com torta de girassol. Ciências Agrárias, Londrina, 33 (5), 1979-1990.

Oliveira, C.R.C., Ludke, M.C.M.M., Ludke, J.V., Lopes, E.C., Pereira, P.S. & Cunha, G.T.G. (2014). Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, 66 (3), 933-939.

Oliveira, P. R., Jesus, R. S. de, Batista, G. M. & Lessi, E. (2014). Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (Arapaima gigas, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. Brazilian Jounal of Food Technology, Campinas, 17 (1), 67-74.

Ramasubburayan, R., Iyapparaj, P., Subhashini, K. J., Chandran, M. N., Palavesam, A. & Immanue, G. (2013). Characterization and Nutritional Quality of Formic Acid Silage Developed from Marine Fishery Waste and their Potential Utilization as Feed Stuff for Common Carp *Cyprinus carpio* Fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13 (2), 281-289.

Rahman, M. & Koh, K. (2016). Effects of Formic Acid-Treated Shrimp Meal on Growth Performance and Nutrient Digestibilityin Broilers. Japan Poultry Science Association, 53, 208-212.

Ribeiro, I. de A., Ribeiro, S. da C.A., Castro, J. S. O. & Medeiros, G. K. C. Q. (2015). Obtenção e caracterização da farinha a partir de silagem ácida do resíduo da filetagem do tambaqui cultivado. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 11 (22), 2304.

Rodrigues, P.B., Martinez, R.S., Freitas, R.T.F., Bertechini, A.G. & Filho, E.T. 2005. Influência do Tempo de Coleta e Metodologias sobre a Digestibilidade e o Valor Energético de Rações para Aves. Brazilian Journal of Animal Science, 34 (3), 882-889.

Rostagno, H.S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C.... Euclides, R. F. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 233-254p.

Sakomura, N.K. & Rostagno, H.S. (2007). Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283p.

Sarruge, J. R. & Haag, H. P. (1974). Análises químicas em plantas. Piracicaba: USP-ESALQ. 65p.

Silva, D.J. & Queiroz, A.C. (2012). Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ªed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p.

Supercrac. Ração de custo mínimo. Versão 1.02, para Windows: TD Software, 2004.

Statistical Analysis System – SAS. SAS/STAT Software Version 9.2. Cary: SAS Institute Inc., 2008.

Tanuja S., Prafulla K. M., Kumar, A., Moharana, A. & Sujit, K. N. (2014). Shelf Life Study of Acid Added Silage Produced from Fresh Water Fish Dressing Waste with and without the Addition of Antioxidants. International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 5 (2), 91-98.

Tomczak-Wandzel, R. & Mędrzycka, K. (2013). Preparation, composition and properties of fish silage produced with post-coagulation sludge. Environment Protection Engineering, 12 (4), 80-233.

Vasconcelos, M. M. M., Mesquita, M. S. C. & Albuquerque, S. P. Padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. (2011). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, 6 (1), 27-37.

Venturoso, O. J., Reinicke, F., Silva, C. C., Vieira, E. O., Porto, M. O., Cavali, J,.... Ferreira, E. (2016). Silagem ácida de resíduos de peixes para frangos de corte. Acta Veterinaria Brasilica, 10 (3), 284-289.

Vieira, E. O., Venturoso, O. J., Reinicke, F., Silva, C. C.; Porto, M. O., Cavali, J., Vieira, N. T. & Ferreira, E. (2015). Production, Conservation and Health Assessment of Acid Silage Vicera of Freshwater Fish as a Component of Animal Feed. International Journal of Agriculture and Forestry, 5(3): 177-181.

Widjastuti T., T., Lengkey, H. A. A.W, Wiradimadja, R. & Herianti, D. (2011). Utilizing waste product of Tuna (*Thunnus atlanticus*) fish silage and its implementation on the meat protein conversion of broiler. Lucrări Ştiinţifice, Seria Zootehnie, 55 (16): 83-87: