

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE
HIDROLISADO PROTEICO DE PEROÁ (*Balistes capriscus*)
PRODUZIDO A PARTIR DE COPRODUTOS**

*DEVELOPMENT AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION
OF PEROA PROTEIN HYDROLYSIS (*Balistes capriscus*) PRODUCED FROM
COPRODUCTS*

João Lucas Menezes¹
Marcelo Giordani Minozzo¹
Dayse Aline Silva Bartolomeu de Oliveira¹
Monique Lopes Ribeiro¹
Flávia Regina Spago de Camargo Gonçalves¹
Rafael Rigoni Cardoso¹
Raoní Gonçalves de Souza¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo -Campus Piúma;

*Autor para correspondência: joao.menezes@ifes.edu.br

Artigo submetido em 25/07/2018, aceito em 03/05/2019 e publicado em 15/08/2019.

Resumo: O processo de hidrólise enzimática pode ser um método viável para usar os coprodutos da indústria pesqueira, como um recurso potencial e não descartado. O hidrolisado de proteína de peixe produzido a partir de peroá (*Balistes capriscus*), como coprodutos oferece uma alternativa à indústria. Portanto, o objetivo deste trabalho foi fornecer uma proteína de peroá hidrolisada, além de descrever os parâmetros físico-químicos, avaliando o grau de hidrólise (GH) e suas propriedades funcionais (solubilidade, índice de estabilidade de emulsão e índice de atividade emulsificante). Assim, o processo de hidrólise enzimática de peroá foi conduzido seguindo um planejamento fatorial com duas variáveis independentes: tempo (minutos) e concentração de enzima (% p:v). Neste contexto, foi avaliada uma composição centesimal e grau de hidrólise (GH) de todas as formulações. Além disso, solubilidade, índice de estabilidade de emulsão (IEE) e índice de atividade emulsificante (IAE) para formulações com GH maior que 50%, também foram avaliados. Considerando as análises de composição centesimal da matéria-prima, foram obtidos os seguintes resultados: umidade $78,32 \pm 0,05$ e $87,36 \pm 0,46$; cinzas: $6,54 \pm 0,53$ e $3,66 \pm 0,69$; lipídios: $5,19 \pm 0,71$ e $5,91 \pm 0,71$; proteínas: $6,66 \pm 0,02$. Portanto, considerando uma análise de superfície de resposta, foi demonstrado que é possível obter o mesmo percentual de grau de hidrólise em menor tempo e concentração de enzima, tornando-se um processo mais econômico. As formulações F-1, F-5 e F-7 foram considerados os melhores resultados, devido ao maior índice de solubilidade e índice de estabilidade de emulsão ($p < 0,05$).

Palavras-chave: Aproveitamento integral. Hidrólise. Resíduo.

Abstract: The enzymatic hydrolysis process can be a feasible method for using the coproducts of the fishing industry, such as a potential resource rather than discarded. Fish protein hydrolyzate produced from peróá (*Balistes capriscus*) such as coproducts offers an alternative to the industry. Therefore, the goal of this work was providing a peróá protein hydrolyzed, further of describing the physicochemical parameters, evaluating the degree of hydrolysis (GH) and its functional properties (solubility, emulsion stability index and emulsifier activity index). Thus, the peróá enzymatic hydrolysis process was conducted following a factorial design with two independent variables: time (minutes) and enzyme concentration (% w:v). In this context, was evaluated a centesimal composition and degree of hydrolysis (GH) of all formulations. Furthermore, solubility, emulsion stability index (IEE) and emulsifying activity index (IAE) for formulations with GH greater than 50% also were evaluated. Considering raw material centesimal composition analyzes, the following results were obtained: Humidity 78.32 ± 0.05 and 87.36 ± 0.46 ; Ashes: 6.54 ± 0.53 and 3.66 ± 0.69 ; Lipids: 5.19 ± 0.71 and 5.91 ± 0.71 ; Proteins: 6.66 ± 0.02 . Therefore, considering a response surface analyses, it was demonstrated that is possible to obtain the same hydrolysis degree percentage with low-time and enzyme concentration values, making an economical process. The F-1, F-5, and F-7 formulations were considered the best results due to a higher solubility index and emulsion stability index ($p < 0.05$).

Keywords: Hydrolysis. Integral use. Residue.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da produção de alimentos, concomitantemente, há um aumento na produção de resíduos, que há tempos tornou-se uma incógnita a ser resolvida. A gestão dos resíduos ganhou destaque nos últimos anos, com o desenvolvimento de formas viáveis de aproveitamento, como questões que envolvem os processos de geração, coleta, disposição, tratamento e beneficiamento (VIDOTTI, 2011).

No beneficiamento de pescado por indústrias frigoríficas, o rendimento varia de acordo com o corte. O peróá (*Balistes capriscus*), quando submetido a processos de beneficiamento, apresenta rendimento de aproximadamente 35% (FURLONG et al., 2014), havendo a necessidade de aproveitamento dos 65% que são tidos como descartes.

A hidrólise enzimática pode ser um método viável para a utilização dos coprodutos (resíduos de processamento) da indústria pesqueira, hoje visto como um recurso potencial em vez de serem descartados apenas como resíduos. Denominado pela sigla *Fish Protein Hydrolyseted* (FPH), conforme designado pela *Food and Agriculture*

Organization (FAO, 2016), esse produto pode atingir uma concentração proteica de 90%, além de apresentar propriedades funcionais úteis para a indústria alimentícia (OETTERER, 1993).

Diante da discussão de promover maior rentabilidade à indústria pesqueira e da sustentabilidade ambiental, o desenvolvimento de hidrolisado proteico de pescado a partir de coprodutos de peróá, pode ser uma alternativa tecnológica. Esses produtos servirão para o melhor aproveitamento do pescado, gerando novas oportunidades de mercado para as indústrias de beneficiamento de pescado da região.

Dessa forma, poderá atender a demanda de aumentar o fluxo de receitas, além de destacar as empresas na responsabilidade social e ambiental no mercado, agregando valor a suas marcas e aos outros produtos já desenvolvidos.

Portanto, o objetivo desse estudo foi o desenvolvimento e a caracterização tecnológica, quanto aos aspectos físico-químicos de hidrolisado proteico de pescado, a partir do processo de hidrólise enzimática de

coprodutos do beneficiamento de peroa (*Balistes capriscus*), avaliando o grau de hidrólise (GH) e suas propriedades

funcionais (solubilidade, índice de estabilidade de emulsão e índice de atividade emulsificante).

2 MATERIAS E MÉTODOS

O desenvolvimento do hidrolisado proteico foi feito a partir de cabeças de peroa doadas pela empresa *Fishes Brazil*, situada no município de Piúma, ES. As amostras foram transportadas em caixas isotérmicas contendo gelo até o Laboratório de Alimentos do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Piúma onde foram trituradas e congeladas.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O processo de hidrólise enzimática de cabeça de peroa foi conduzido seguindo um planejamento fatorial com duas variáveis independentes: tempo de processo (em minutos) e concentração de enzima (% p:v), composto por três partes, obtidos a partir do *software Statistic®*, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Delineamento experimental do processo de hidrólise enzimática com tempo e concentração de enzima de acordo com as formulações.

| Variáveis codificadas | | Tempo (min) | [] da enzima (%) | Formulação |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------------|------------|
| X1 | X2 | | | |
| 1,00000 | 1,00000 | 360 | 1,00 | F-1 |
| -1,00000 | -1,00000 | 120 | 0,20 | F-2 |
| -1,00000 | 1,00000 | 120 | 1,00 | F-3 |
| -1,41421 | 0,00000 | 70 | 0,60 | F-4 |
| 0,00000 (c) | 0,00000 (c) | 240 | 0,60 | F-5 |
| 0,00000 | 1,41421 | 240 | 1,17 | F-6 |
| 1,00000 | -1,00000 | 360 | 0,20 | F-7 |
| 1,41421 | 0,00000 | 410 | 0,60 | F-8 |
| 0,00000 (c) | 0,00000(c) | 240 | 0,60 | F-9 |
| 0,0000 (c) | 0,00000 (c) | 240 | 0,60 | F-10 |
| 0,00000 | -1,41421 | 240 | 0,03 | F-11 |

Fonte: Autor

Segundo o delineamento experimental proposto na Tabela 1, foram elaboradas onze formulações. Procedeu-se com as avaliações de composição centesimal, grau de hidrólise (GH) e propriedades funcionais. Com as análises e os resultados, elegeu-se a formulação com a melhor média obtida nos testes de GH.

2.1 DESENVOLVIMENTO DO HIDROLIZADO PROTÉICO DE PESCADO

Para o desenvolvimento das onze formulações de hidrolisado proteico de pescado, as cabeças de peroa foram diluídas em água destilada em uma proporção de 30% (p:v). Após esse procedimento, foi adicionada a enzima *Alcalase®* em proporção e tempo de reação, conforme Tabela 1, sob agitação constante. A conclusão do

processo foi feita por inativação da enzima através de desnaturação térmica à 85°C por 30 minutos. Tais condições do processo foram estabelecidas de acordo com Dieterich et al. (2014). Após o processo de hidrólise, o hidrolisado foi submetido à filtração

em peneira de inox (1.0 mm) para a retirada de osso e posterior cálculo de rendimento, conforme Equação 1 (Amorim, Deschamps e Pessatti, 2016). Posteriormente, as amostras foram congeladas para as etapas subsequentes.

Equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Hidrolisado filtrado sem osso}}{\text{Hidrolisado com osso}} \times 100$$

2.3 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA E DO HIDROLISADO PROTEICO DE COPRODUTO DE PEROÁ

Os testes de composição centesimal foram realizados para a matéria-prima (coprodutos do beneficiamento de peroá), além das onze formulações estabelecidas de acordo com a Tabela 1. Tais testes consistiram em análises de umidade (cód. 950.46), proteína (cód. 94025), lipídeos (cód. 960.39) e cinzas (cód. 920.153), de acordo com os métodos oficiais da AOAC (2010). As análises foram realizadas em triplicata, sendo a média dos resultados expressas em g:100g de matéria úmida.

2.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE HIDRÓLISE DA MATÉRIA-PRIMA E HIDROLISADO PROTEICO DE COPRODUTO DE PEROÁ

A determinação do GH foi testada para a matéria-prima e para as onze formulações de hidrolisado proteico de pescado desenvolvidas. Para isso, utilizou-se o método sugerido por Church et al. (1983), modificado por Nielsen et al. (2001).

2.5 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO HIDROLISADO PROTEICO DE COPRODUTO DE PEROÁ

Quanto às propriedades funcionais do hidrolisado de pescado, os testes foram realizados a partir das amostras que apresentaram GH maior que 50%, de acordo com o proposto por Klomklao e Benjakul (2017).

A solubilidade dos hidrolisados proteicos foi determinada de acordo com os métodos sugerido por Lowry et al. (1951) e calculada de acordo com a Equação 2.

Equação 2:

$$\text{solubilidade (\%)} = \frac{\text{conteúdo de proteína no sobrenadante}}{\text{conteúdo total de proteína na amostra}} \times 100$$

Os parâmetros como índice de atividade emulsificante (IAE) e índice de estabilidade da emulsão (IEE), foram determinadas de acordo com o método

proposto por Pearce e Kinsella (1978), e cálculo através das equações 3 e 4, respectivamente:

Equação 3:

$$\text{IAE (m2 /g)} = \frac{(2 \times 2.303 \times 100 \times A)}{(c \times 0,25 \times 10000)}$$

Sendo: A = absorvância a 500 nm; c = concentração de proteína (g:mL).

Equação 4:

$$\text{IEE (min)} = \frac{(A_0 \times 10)}{(A_0 - A_{10})}$$

Sendo: A₀ = absorvância inicial; A₁₀ = absorvância após 10 minutos.

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados analíticos foram analisados estatisticamente pelo *software Statistic®* (Statsoft, Tulsa, USA), fornecendo os valores das médias, desvio padrão, análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (Teste de Tukey ao nível de 5 % de significância).

Os valores obtidos a partir das análises físico-químicas, proteína, lipídeo e cinza, não apresentaram diferença significativa estatisticamente à nível de 5% para as onze formulações de hidrolisado proteico. Foi observada diferença

estatística apenas na composição de umidades nas amostras avaliadas, apresentando diferença somente nas formulações F-11 e F-4.

Os valores de lipídeos e proteínas das onze formulações de hidrolisado proteico são maiores que os valores encontrados para a matéria-prima. Esse fato se dá pela quebra de lipoproteínas que antes do processo de clivagem realizado por enzima proteolítica é contabilizado pelo método utilizado para a determinação de proteínas e lipídeos (LAHL; BRAUN, 1995), liberando assim maiores quantidades de bases nitrogenadas e extratos etéreos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando a matéria-prima e os hidrolisados obtidos, foi possível observar um menor teor de cinzas nos hidrolisados desenvolvidos, que ocorre devido a etapa de filtragem na elaboração do hidrolisado proteico. Essa etapa é necessária, uma vez que os ossos residuais são constituintes indesejáveis, devido à dificuldade de incorporação do hidrolisado em demais produtos.

Dentre as formulações estudadas, destacam-se as formulações F-4 e F-11, por apresentarem um nível de umidade mais elevado (p<0,05), que provavelmente, pode ter influenciado o percentual de grau de hidrólise dessas amostras.

Conforme Schmidt e Salas-Mellado (2008) avaliando a hidrólise proteica enzimática, com *Alcalase* e *Flavourzyme*, relataram a influência da água nas reações proteolíticas durante a hidrólise. Pescados com altos teores de umidade podem apresentar valores de

GH maiores quando comparados com pescados com valores mais baixos de umidade, pois a água contida no pescado, de certa forma, potencializa o processo de hidrólise.

Quanto a matéria prima, analisando a composição físico-química de peroá inteiro, Cavalli et al. (2003) obtiveram em seus estudos valores médios de 78,5% de umidade; 1,4% de cinzas; 18,8% de proteína e 0,77% de lipídios. Esses valores diferem dos observados no presente estudo, principalmente quanto ao teor de cinzas, lipídeos e proteína. Uma vez que a matéria prima utilizada foi a cabeça do peroá. Portanto um maior teor de cinzas e conseqüentemente menor teor de proteínas já era esperado (GONÇALVES, 2011).

Trabalhando na produção e caracterização de hidrolisado de pescado, Ferreira (2009) utilizou

resíduos de branquinha (*Potamorhina latior*) e acari-bodó (*Liposarcus pardalis*), encontrando resultados de composição centesimal semelhantes aos obtidos neste estudo. O autor apresenta em seus resultados valores de 84,10% de umidade, 13,14% de proteína, 1,65% de lipídeo e 1,10% de cinzas. Tais diferenças, segundo Gonçalves (2011), são explicadas devido à origem do pescado utilizado, espécie, idade e período reprodutivo.

O processo de filtragem, bem como a adição de água, também pode ter interferido no rendimento das formulações de hidrolisado de peroá desenvolvidos. Conhecer o rendimento do produto final é uma informação significativa para a indústria pesqueira para futuras análises de custos de produção. Os resultados do rendimento e o GH dos hidrolisados proteicos de peroá estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 - Rendimento e grau de hidrólise (GH) para a matéria-prima (MP) e para as onze formulações de hidrolisado:

| Amostra | Tempo (min) | Concentração de Enzima (%) | Rendimento (%) | GH (%) |
|---------|-------------|----------------------------|----------------|--------|
| MP | - | - | - | 02,48 |
| F-1 | 360 | 1,00 | 79,55 | 70,00 |
| F-2 | 120 | 0,20 | 75,22 | 42,26 |
| F-3 | 120 | 1,00 | 77,97 | 42,36 |
| F-4 | 70 | 0,60 | 82,74 | 46,68 |
| F-5 | 240 | 0,60 | 79,58 | 55,64 |
| F-6 | 240 | 1,17 | 83,21 | 55,88 |
| F-7 | 360 | 0,20 | 78,42 | 50,70 |
| F-8 | 410 | 0,60 | 79,07 | 61,44 |
| F-9 | 240 | 0,60 | 80,80 | 56,00 |
| F-10 | 240 | 0,60 | 81,75 | 55,92 |
| F-11 | 240 | 0,03 | 73,03 | 30,45 |

Fonte: Autor

Para os testes de GH nas amostras de matéria-prima foi obtido o valor de 2,48%, conforme observado na Tabela 3.

Conforme Gonçalves (2011), esse valor refere-se ao processo de autólise do pescado, processo natural, onde há a ação de enzimas proteolíticas da biota intestinal. Todo o tecido

animal, por sua natureza, possui enzimas proteolíticas, sejam elas de origem intrínseca ou extrínsecas, principalmente, por fontes bacterianas, que a partir de seu abate, iniciam-se as reações de hidrólise (BEERLI; BEERLI; LOGATO, 2004).

Em relação ao GH dos hidrolisados proteicos desenvolvidos

observou-se que a maior parte das formulações apresentaram GH acima de 45%. O teor de lipídeos presente na matéria prima pode ter influenciado esses resultados.

Conforme descrito na Tabela 2, a matéria-prima utilizada (cabeças de peroá) apresentou um teor de lipídeo (5,19%) considerado característico de peixe semi-magro (BRESSAN, 2001). Segundo Schmidt e Salas-Mellado (2008), pescado com alto teor de lipídeos, quando submetidos a processos de hidrólise, apresentam baixos níveis de GH quando comparados com pescados caracterizados como magros, pois esses peixes geram complexos lipoproteicos resistentes à ação enzimática.

Portanto, pode-se inferir que as cabeças de peroá apresentam grande potencial para a produção de hidrolisados proteicos, devido à sua baixa concentração de lipídeos e alto teor de umidade, apresentando viabilidade na produção.

Valores de grau de hidrólise semelhantes ao observados no presente trabalho, em específico na formulação F-1, foram encontrados em hidrolisados proteicos desenvolvidos também com a *Alcalase* a partir de cabeças e vísceras de sardinha (*Sardinella aurita*) (86,4%) (BOUGATEF et al., 2010) e de músculo de salmão (*Salmo salar*) (78,5%) (KRISTINSSON e RASCO, 2000).

Amorim, Deschamps e Pessatti (2016), avaliando o GH na otimização e

caracterização de hidrolisado de corvina (*Micropogonias furnieri*), encontraram a relação ótima entre enzima (pepsina) e substrato (matéria-prima) de 0,4% (p:v) com tempo de reação de 90 minutos a uma temperatura de 55°C e obtiveram o GH de 78,6% em tais condições, valor próximo ao obtido no presente estudo (70%), nas condições de reação de 360 minutos e 1% de enzima (Tabela 4), no entanto, utilizando a enzima proteolítica *Alcalase*.

Visando avaliar a interação entre as variáveis pesquisadas (tempo de reação e concentração de enzima) e o percentual de GH, os resultados obtidos foram analisados pela metodologia de superfície de resposta através do *software Statistic®*. Os gráficos de superfície de resposta obtidos são apresentados na Figura 3.

O gráfico de superfície de resposta (Figura 1) apresenta os fatores tempo (min) e concentração da enzima (%), bem como a interação entre eles, apresentaram um efeito significativo ($p < 0,05$) no parâmetro grau de hidrólise (%), representado pelas barras que estão à direita da linha divisória. Apenas o fator tempo (no modelo quadrático) não apresentou efeito significativo.

O coeficiente R^2 foi 93,2% indicando, segundo Quinino (2012), que não há falta de ajuste ao modelo quadrático (Equação 5).

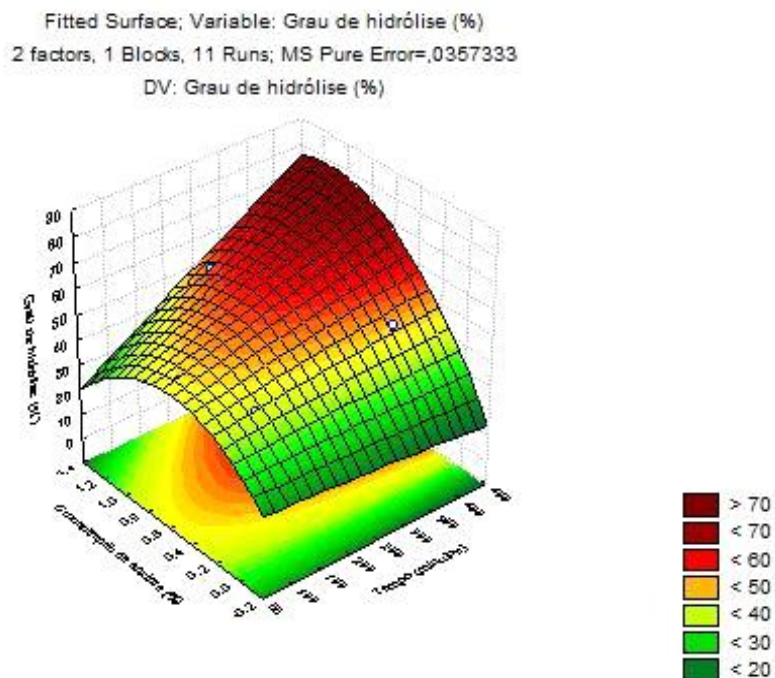


Figura 1. Gráfico para a variável grau de hidrólise em três eixos de superfície de resposta; variável: grau de hidrólise (%) em 2 fatores, 1 bloco: 11 formulações; Erro Puro=0,357333; DV: grau de hidrólise.

A partir da curva apresentada na Equação 5, pode-se determinar os valores das variáveis dependentes (grau de hidrólise) e valores de variáveis independentes (tempo e concentração de enzima), possibilitando a simulação de possíveis resultados de grau de hidrólise, ou seja, para uma suposta formulação com 300 minutos de tempo de duração de reação e 0,8% de concentração de enzima, segundo a Equação 5, obtêm-se um valor de grau de hidrólise de 60,02%.

Os fatores tempo (min) e concentração da enzima (%), bem como a interação entre eles, apresentaram um efeito significativo ($p < 0,05$) no parâmetro GH (%), demonstrado pela curvatura observada no gráfico de três eixos (Figura 1), confirmando que a interação entre os fatores é significativa.

A cor vermelha nos gráficos (Figura 1) apresenta a região em que se alcança o maior grau de hidrólise, assim verifica-se que é possível obter o mesmo percentual de GH com menores valores de tempo e concentração de enzima, tornando o processo mais econômico, o que pode sugerir que em novos estudos sejam avaliados outros parâmetros, como o perfil de aminoácidos, a fim de buscar a otimização do processo.

Os resultados referentes aos parâmetros funcionais de solubilidade, IAE e IEE das formulações de hidrolisado que apresentaram um GH maior que 50%, são apresentados pela Tabela 4.

Tabela 4 -Resultado⁴ de índice de atividade emulsificante e estabilidade da emulsão referente às formulações de hidrolisado proteico de coprodutos de peróá (*Balistes capriscus*) com grau de hidrólise maior que 50%.

| Amostras | Solubilidade ¹ | IAE ² | IEE ³ |
|----------|------------------------------|------------------|------------------|
| F-1 | 0,504bc ⁵ ± 0,001 | 0,03a ± 0,005 | 14,31a ± 0,01 |
| F-5 | 0,65 ^a ± 0,034 | 0,04a ± 0,005 | 11,87cd ± 0,05 |
| F-6 | 0,46d ± 0,001 | 0,03a ± 0,006 | 11,10de ± 0,63 |
| F-7 | 0,52b ± 0,001 | 0,04a ± 0,004 | 14,43a ± 0,11 |
| F-8 | 0,33e ± 0,002 | 0,04a ± 0,001 | 12,35bc ± 0,11 |
| F-9 | 0,47cd ± 0,005 | 0,04a ± 0,002 | 12,98b ± 0,01 |
| F-10 | 0,33e ⁰ ,001 | 0,03a ± 0,005 | 11,11e ± 0,05 |

¹Expresso em partes por cem; ²Índice de Atividade Emulsificante (IAE) Expresso em (m².g⁻¹); ³Índice de Estabilidade de Emulsão (IEE) Expresso em minutos;

⁴Os resultados são valores médios de três determinações ± desvio padrão. ⁵Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Fonte: Autor

A partir dos dados apresentados na Tabela 4, identifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) nos IEEs para as formulações de hidrolisado de coproduto de peróá, sendo as formulações F-1 (14,31) e F-7 (14,43) as que apresentaram maiores valores de IEE, diferenciando estatisticamente das demais formulações testadas.

Analisado os resultados do parâmetro solubilidade, a formulação F5 (0,65) apresentou maior índice ($p < 0,05$), no entanto as formulações F8 e F10 foram as que obtiveram menores índices de solubilidade ($p < 0,05$). Baixos níveis de solubilidade podem estar associados ao fato das proteínas terem sido pouco clivadas.

Conforme Wilding, Lillford e Regenstein (1984), para a indústria de alimentos, as propriedades funcionais de maior interesse são solubilidade, IAE e IEE. Esses autores citam que é possível produzir hidrolisado com diferentes características funcionais,

estando diretamente dependente de sua formulação e insumos, onde os valores máximos e mínimos, respectivamente, aceitáveis para a indústria de alimento para S são de 3,74 e 0,23%, para o IAE é de 0,82 m².g⁻¹ e 0,01 m².g⁻¹, para o IEE 25,2 % e 3 %.

Assim, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, pode-se inferir que o desenvolvimento de hidrolisado proteico elaborado a partir de coprodutos de peróá por meio da hidrólise enzimática da Alcalase é viável quanto aos aspectos de propriedade funcional. Sendo as formulações F5 (S de 0,65; IEE de 11,87); F7 (S de 0,52; IEE de 14,43) e F1 (S de 0,504; IEE de 14,31) consideradas as melhores por apresentarem maiores índices ($p < 0,05$) de solubilidade e índice de estabilidade de emulsão, uma vez que o resultado do índice de atividade de emulsificação não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) entre as formulações avaliadas.

4 CONCLUSÕES

A partir do exposto, conclui-se que os coprodutos de peróá (*Balistes capriscus*) tem grande potencial para serem utilizados

como matéria-prima para a produção de hidrolisado proteico de peixe por apresentar baixa concentração de lipídeos e alto teor de umidade sendo físico-quimicamente viável sua produção, bem

como quanto às propriedades funcionais, sendo as formulações F5, F7 e F1 consideradas as melhores por apresentarem maiores índices ($p < 0,05$) de solubilidade e índice de estabilidade de emulsão. E ainda, através da análise de superfície de resposta, demonstrou-se que é possível obter o mesmo grau de hidrólise com menores valores de tempo e concentração de

enzima, tornando o processo mais econômico.

Portanto, a técnica de hidrólise enzimática aplicada a coprodutos de peróá (*Balistes capriscus*) pode ser apresentada como alternativa tecnológica para o melhor aproveitamento do pescado pelas indústrias da região.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo -*Campus* Piúma pela oportunidade e por ceder toda estrutura de Laboratórios para a execução do trabalho. Aos

professores do Ifes *Campus* Piúma pelo apoio técnico e orientação. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo com o fomento da bolsa para o estudo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R.G.O.; DESCHAMPS, F.C.; PESSATTI, M.L. Protein hydrolysate waste of white mouth croaker (*Micropogonias furnieri*) as a way of adding value to fish and reducing the environmental liabilities of the fishing industry. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, n. 5, p.967-974, 2016.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC International. 18. Ed. 3°. Gaithersburg, 2010.

BEERLI, E.L.; BEERLI, K.M.C.; LOGATO, P.V.R. Silagem ácida de resíduos de truta (*Oncorhynchus mykiss*), com a utilização de ácido muriático. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p.195-198, 2004.

BOUGATEF, A.; NEDJAR-ARROUME, N.; MANNI, L.; RAVALLEC, R.; BARKIA, A.; GUILLOCHON, D.; NASRI, M. Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products proteins.

Food Chemistry, v.118, n.3, p.559-565, 2010.

BRESSAN, M.C.; PERES, J.R, O. Tecnologia de carnes e pescado. Lavras, UFLA/FAEPE, p. 84-93. 2001.

CAVALLI, L.S.; POSSETTE, P.L.; SCHMIDT, B.; KRUEL, C.; GRANDO, M.; BADIALE FURLONG, E.; CEZAR-VAZ, D.M.; BARROS, D.M.; MUCCILLO-BAISCH, A.L. Fish *Balistes capriscus* skin extract-induced relaxation in mesenteric arterial bed of rat. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, p.215-220, 2003.

CHURCH, F.; SWAISGOOD, H.E.; PORTER, D.H.; CATIGNANI, G.L. Spectrophotometric Assay Using o-Phthaldialdehyde for Determination of Proteolysis in Milk and Isolated Milk Proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 6, p.1219-1227, 1983.

DIETERICH, F.; BOSCOLO, W.R.; PACHECO, M.T.B.; SILVA, V.S.N.; GONÇALVES, G.S.; VIDOTTI, R.M. Development and Characterization of Protein Hydrolysates Originated from Animal Agro Industrial Byproducts.

Journal of Dairy Veterinary & Animal Research, v.1, n.2, p.1-7, 2014.

FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA)**. Rome: FAO, 180p, 2016

FERREIRA., M. **Caracterização microbiológica, físico-química e sensorial de hidrolisado biológico em peixes da Amazônia (*Potamorhina latior* e *Liposarcus pardalis*)**.129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia de Água Doce e Pesca Interior, INPA, Manaus, Amazonas, 2009.

FURLONG, E.B.; BASTOS, A.L.; BAISCH, A.L.M. Caracterização química de pescados empregados para tratamento de asma brônquica na região sul do Rio Grande do Sul. **Ciências Agrárias**, v.27, n.3, p.415-422, 2014.

GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Atheneu, 2011.

KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S. Utilization of tuna processing byproducts: protein hydrolysate from skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) viscera. **Journal of Food Processing And Preservation**, v. 41, n. 3, p.567-572, 2017.

KRISTINSSON, H.G.; RASCO, B.A. Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, n. 1, p.43-81, 2000.

LAHL, W.J.; BRAUN, S.D. Enzymatic production of protein hydrolysates for food use. **Food Technology**, 48 (10): 68, 1995.

LOWRY, O.H.; ROSENBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the folinphenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p.265-275. 1951.

NIELSEN P.M.; PETERSEN D.; DAMBMANN, C. Improved Method for Determining Food Protein Degree of Hydrolysis. **Journal of Food Science**, v.66, n. 5, p.642-646, 2001.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 5, n. 1, p.119-134, 1993.

PEARCE, K.; KINSELLA, J.E. Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 26(3):716-723, 1978.

SCHMIDT, C.G.; SALAS-MELLADO, M. Influência da ação das enzimas Alcalase e Flavourzyme no grau de hidrólise das proteínas de carne de frango. **Química Nova**, v. 32, n. 5, p.1144-1150, 2008.

VIDOTTI, R. M. **Técnicas de manejo em piscicultura intensiva: tecnologias para o aproveitamento integral de peixes**. Macapá, 2011. Curso de curta duração ministrado/Extensão.

WILDING, P.; LILLFORD, P.; REGENSTEIN, J.M. Functional properties of proteins in foods. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. v. 34, n. 3, p.182-189, 1984.