



PRODUÇÃO DE HIDROLISADO PROTEICO DE CARNE DE PALOMETA (*SERRASALMUS SPILOPLEURA*) E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNO-FUNCIONAIS

*Production of palomete (*Serrasalmus spilopleura*) meat protein hydrolysate and evaluation of technical and functional properties*

Rangieli C. VIERO¹, Kassandra F. da SILVA², Verônica B. RIBAS³, Valcenir Júnior M. FURLAN⁴, Graciela S. CENTENARO⁵

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo elaborar um hidrolisado proteico de carne de palometa (*Serrasalmus spilopleura*) por via enzimática utilizando a enzima Alcalase, bem como realizar a caracterização físico-química e avaliar suas propriedades tecno-funcionais. O grau de hidrólise (GH) do hidrolisado proteico de palometa foi 17,4% e conteúdo proteico de 68,25±0,48%. O hidrolisado apresentou elevada solubilidade (acima de 79%) em diferentes pHs, capacidade de retenção de água máxima (5%) em pH 5,0 e 7,0, capacidade de formação de espuma de 50,0% e estabilidade de espuma de 45,7±2,08% após 60 min. O hidrolisado proteico de palometa não apresentou capacidade de formar emulsão e o teor de brancura (W) do produto foi de 87,89±0,08. Os resultados demonstram que o hidrolisado de músculo de palometa apresentou boas propriedades de solubilidade e de formação de espuma, indicando possível uso em diferentes formulações alimentícias.

Palavras-chave: Alcalase. Características funcionais. Hidrólise enzimática. Pescado.

ABSTRACT: This paper aimed to elaborate a palomete (*Serrasalmus spilopleura*) meat protein hydrolysate by enzymatic way using the Alcalase enzyme, as well as to perform the physical-chemical characterization and to evaluate its technical and functional properties. The degree of hydrolysis (GH) of the palomete protein hydrolysate was 17.4% and protein content of 68.25 ±0.48%. The hydrolysate showed high solubility (above 79%) at different pHs, maximum water retention capacity (5%) at pH 5.0 and 7.0, foam ability of 50.0% and foam stability of 45.7±2.08% after 60 min. The palomete protein hydrolysate showed no capacity to form emulsion and the whiteness (W) content of the product was 87.89±0.08. The results demonstrate that the palomete muscle hydrolysate had good solubility and foaming properties, indicating possible use in different food formulations.

Key words: Alcalase. Functional Characteristics. Enzymatic hydrolysis. Fish.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021, aprovado em 05/06/2021

¹ Cientista de Alimentos, Universidade Federal do Pampa, rangieli_@hotmail.com

² Discente do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pampa, its_fontoura@hotmail.com

³ Discente do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pampa, veronicaribas.aluno@unipampa.edu.br

⁴ Docente, Universidade Federal do Pampa, valcenirfurlan@unipampa.edu.br*

⁵ Docente, Universidade Federal do Pampa, Itaquí-RS, gracielaacentenaro@unipampa.edu.br

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, em 2017, o pescado foi responsável por, aproximadamente, 17% da ingestão de proteínas animais considerando a população mundial e 7% das proteínas consumidas no total (FAO, 2020).

Desde o início dos anos 90, observa-se no Brasil uma preocupação crescente em relação aos hábitos saudáveis, esporte e saúde, tendo maior ênfase os hábitos alimentares. Associados a essa nova postura, surge uma atenção ao consumo de pescado, impulsionando a proteína de origem animal à mesa dos brasileiros e ressaltando suas vantagens à saúde humana (SILVEIRA et al., 2012). O pescado é um alimento que se destaca nutricionalmente quanto à quantidade e qualidade das suas proteínas, a presença de vitaminas e minerais e, principalmente, por ser fonte de ácidos graxos essenciais ômega-3 eicosapentaenoico (EPA) e docosaenoico (DHA) (SARTORI et al., 2012).

Considerando o baixo consumo de pescado pela população brasileira, surgem tecnologias alternativas para inclusão dessa fonte proteica na alimentação. A hidrólise enzimática é uma delas, utilizada para melhorar alguns aspectos físicos, químicos e propriedades do produto final (WANGKHEIRAKPAM et al., 2019). É um método promissor quando se deseja obter produtos com melhor qualidade. Neste processo, enzimas proteolíticas são utilizadas com a finalidade de solubilizar as proteínas do pescado (FERNANDES, 2016). Com isso, uma variável importante a controlar é o grau de hidrólise, o qual vai determinar muitas das propriedades tecnológicas, funcionais e biológicas dos hidrolisados (BATISTA et al., 2014).

A palometa (*Serrasalmus spilopleura*) é considerada predadora de outras espécies e é encontrada em grandes cardumes nos reservatórios hídricos. Seu consumo é restrito, pois apresenta inúmeras espinhas e dificuldade para o beneficiamento e, devido a isto, seu valor comercial quando comparado à outras espécies é inferior. No entanto, a palometa *in natura* possui conteúdo de proteínas satisfatório (16,69%) conforme descrito no estudo de Santos et al. (2006), com possibilidade de aproveitamento para elaboração de produtos alimentícios.

Hidrolisados proteicos de pescado têm apresentado características físico-química melhoradas quando comparados com a proteína de pescado não hidrolisada ou com outros produtos comerciais de qualidade alimentar com a mesma função. Solubilidade, capacidade emulsificante e capacidade de ligação de óleo são as três propriedades mais importantes para formulações de alimentos (HE et al., 2013). Os hidrolisados de carne bovina e pescado, por exemplo, são usados como flavorizantes na produção de temperos, caldos, sopas e molhos (DIETERICH, 2014). Sendo assim, estas características tecno-funcionais facilitam a aplicação do hidrolisado em novos produtos alimentícios ou na melhoria de alimentos convencionais.

A produção de hidrolisado de proteína de pescado tem sido uma das melhores maneiras para utilizar espécies de baixo valor, aumentar a aceitabilidade do consumidor e, então, melhorar sua taxa de consumo (ABRAHA et al., 2017).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um hidrolisado proteico de carne de palometa (*Serrasalmus spilopleura*), empregando hidrólise enzimática, bem como

realizar sua caracterização físico-química e avaliar suas propriedades tecno-funcionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção do hidrolisado, foram utilizados exemplares de palometa (*Serrasalmus spilopleura*) provenientes da Barragem Sanchuri, localizada no 5º distrito do município de Uruguai/RS, os quais foram capturados com o apoio do Clube de Caça e Pesca Martim Pescador.

Após a captura, a matéria-prima foi lavada com água clorada a 5 ppm e eviscerada. O pescado foi filetado e a pele removida. Em seguida o produto foi congelado (-18 °C) até o momento de sua utilização. Para realizar as reações enzimáticas, os filés foram descongelados e triturados em multiprocessador de facas (Britânia, Multi Pro 2) até a obtenção da carne moída.

Em seguida, a reação foi realizada em um reator de vidro encamisado contendo carne moída e solução tampão 0,1 M (MORITA; ASSUMPCÃO, 1976) na proporção de 1:3 (m/v). Para a obtenção do hidrolisado foi utilizada a enzima proteolítica Alcalase® 2.4 L (Sigma-Aldrich) na concentração de 1,0% (m/m, enzima/carne moída).

Após ajuste de pH e temperatura a hidrólise foi conduzida em condições ótimas de atuação da enzima (60 °C, pH 8,0) durante 120 min, sob agitação constante (430 rpm) com o auxílio de um agitador de hélice (Fisatom, 711S). Alíquotas da reação foram retiradas ao longo do processo (0, 30, 60, 90 e 120 min) para medida do grau de hidrólise (GH) conforme descrito por Schmidt e Sallas-Mellado (2009). O GH foi expresso como a relação entre as proteínas solubilizadas e as proteínas totais presentes no substrato inicial, determinadas por Kjeldhal (N x 6,25) de acordo com a Eq. 1.

$$GH (\%) = \frac{\text{proteína hidrolisada (mg)} \times 100}{\text{Proteína total (mg)}} \quad (1)$$

Após o término da reação, a enzima foi inativada termicamente a 85 °C durante 15 min e a mistura foi resfriada até temperatura ambiente. A fração solúvel hidrolisada foi separada através de centrifugação a 3500 rpm por 20 min em centrífuga (Quimis, Q222TM216). O hidrolisado foi congelado e submetido à liofilização (Liobras, L101) durante 24 h e o produto em pó foi armazenado em recipientes hermeticamente fechados sob congelamento (-18 °C).

O conteúdo de proteína da carne e do hidrolisado foi determinado pelo método de Kjeldahl (N x 6,25), cinzas por método gravimétrico em mufla a 550-600 °C e umidade por método gravimétrico em estufa a 105 °C, conforme a AOAC (2010). O conteúdo de lipídios na carne foi determinado pelo método de Soxhlet (AOAC, 2010) e no hidrolisado pelo método de Bligh e Dyer (BLIGH; DYER, 1959). Todos os valores foram obtidos em triplicata. Determinou-se também o pH do hidrolisado com auxílio de um potenciômetro de bancada (LT Lutron, pH-221) com ajuste de temperatura e calibração prévia às determinações conforme Brasil (2017).

Para determinação da solubilidade do hidrolisado proteico foi utilizada a metodologia descrita por Morr et al. (1985), com variação de pH na faixa de 3, 5, 7 e 8. Os teores de proteína total na reação e proteína solúvel no sobrenadante foram determinados pelo método de Kjeldahl, (N x 6,25) e Lowry et al. (1951), respectivamente. A solubilidade da

proteína foi calculada como a relação entre a proteína no sobrenadante e a proteína total x 100, conforme a Eq. 2.

$$S (\%) = \frac{A \times 50 \times 100}{W \times P} \quad (2)$$

Onde:

A = concentração de proteína no sobrenadante (mg/mL);

W = peso da amostra (mg);

P = quantidade de proteína total.

A capacidade de retenção de água (CRA) do hidrolisado proteico foi determinada segundo metodologia adaptada de Regenstein et al. (1979). Foram preparadas dispersões proteicas (1%) com variação de pH em 3, 5, 7 e 8. Adicionou-se 2 mL de solução de NaCl 0,1 M e o volume foi ajustado em 40 mL com solução tampão de acordo com o pH correspondente. A dispersão foi mantida sob agitação por 15 min e centrifugado (Fanem Excelsa II 206 BL) a 1711 x g por 25 min. A CRA foi determinada como a quantidade de água retida pela proteína contida na amostra, expressa em mL de água retida por grama de proteína, de acordo com a Eq. 3.

$$CRA = \frac{\text{quantidade de água retida (mL)}}{\text{massa de proteína (g)}} \quad (3)$$

A capacidade emulsificante (CE) do hidrolisado foi determinada pelo método descrito por Okezie e Bello (1988). O volume de óleo separado em cada amostra, após a centrifugação, foi medido diretamente em um tubo graduado. A diferença entre a camada de óleo remanescente e a quantidade de óleo adicionado foi expressa como a quantidade de óleo emulsificado, por grama de proteína contida na amostra. A CE foi calculada de acordo com a Eq. 4.

$$CE = \frac{\text{quantidade de óleo emulsificado (mL)}}{\text{massa de proteína (g)}} \quad (4)$$

A capacidade de formação de espuma (CFE) foi medida de acordo com um método combinado, apresentado por Phillips et al. (1987) e Dipack e Kumar (1986). Preparou-se uma dispersão com 5 g de amostra hidrolisada e 100 mL de água a qual foi agitada em liquidificador doméstico (Philips Walita, RI2044) por 5 min e transferida para uma proveta graduada de 250 mL. A CFE foi calculada como a porcentagem (%) de aumento de volume, considerando o volume inicial e o volume após a formação de espuma.

A estabilidade de espuma (EE) do hidrolisado proteico foi medida através do repouso da amostra à temperatura ambiente (20-25 °C), com leitura do volume após intervalos de 1, 5, 10, 30 e 60 min e calculada pela Eq. 5, sendo V, o volume final de espuma, após cada intervalo de tempo, e V₀, o volume inicial de espuma formada (mL). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

$$EE = \frac{V}{V_0} \times 100 \quad (5)$$

A determinação da cor do hidrolisado foi realizada empregando um colorímetro (Konica Minolta®, Chroma Meter CR-400) que trabalha no sistema de cor com três escalas: L*, a* e b*. L* mede a luminosidade e varia de 0, para o preto, e 100, para superfícies perfeitamente brancas. A escala a*

mede a intensidade da cor verde (-) e vermelha (+), enquanto b* avalia a transição da cor azul (-) para amarela (+) (KONICA MINOLTA, 2013). O colorímetro foi previamente calibrado em superfície branca e as análises foram realizadas em triplicata. A fim de obter uma melhor avaliação da cor, os parâmetros foram combinados para expressar o índice de brancura “Whiteness” (W), de acordo com a Eq. 6.

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^*^2 + b^*^2} \quad (6)$$

Os resultados foram avaliados estatisticamente através de análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre as médias foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão descritos os valores da composição química da carne de palometa e do hidrolisado proteico.

Tabela 1. Composição química da carne e do hidrolisado de palometa.

| Componentes (%) | Carne* | Hidrolisado proteico* |
|-----------------|--------------|-----------------------|
| Proteína | 21,55 ± 0,45 | 68,25 ± 0,48 |
| Lipídios | 0,45 ± 0,04 | 1,42 ± 0,19 |
| Cinzas | 0,99 ± 0,02 | 24,72 ± 0,48 |
| Umidade | 77,97 ± 0,72 | 5,53 ± 0,92 |

*valores médios ± desvio padrão de três repetições.

Os valores encontrados para composição da carne de palometa (21,55% de proteína, 77,97% de umidade, 0,45% de lipídios e 0,99% de cinzas) estão próximos aos descritos por Musachio (2015) para esta mesma espécie com valores de 19,25% de proteínas, 78,65% de umidade, 0,73% de lipídios e 1,02% de cinzas.

Gonçalves (2011), relata que a composição química para pescados em geral é de 60 a 85% de umidade, 15 a 25% de proteína, 0,6 a 3,6% de lipídios e 1 a 1,5% de cinzas. A variação na composição do pescado se deve ao tipo de músculo da espécie, sexo, idade, época do ano, habitat e dieta. Ainda, segundo Ordóñez (2005), os pescados podem ser classificados como de pouca gordura, quando o valor é abaixo de 5% de lipídios e muita proteína quando o valor é superior a 20%. Assim, a palometa utilizada neste trabalho pode ser considerada um peixe magro e rico em proteínas, além de que, sua utilização pode ser considerada viável para produção de hidrolisados proteicos.

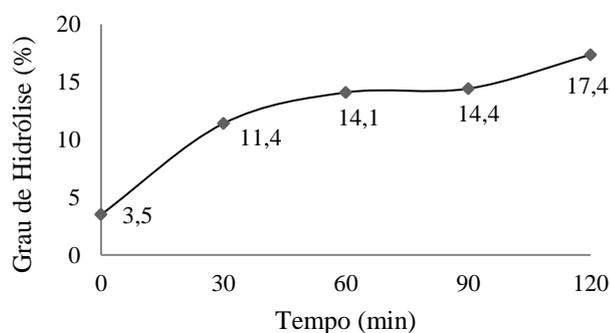
O conteúdo de proteína do hidrolisado produzido foi de 68,25%, valor superior ao encontrado por Roslan et al. (2014) que obtiveram hidrolisados com 62,71% de proteína. Estas variações em relação ao teor proteico e composição do produto final dependem, principalmente, das condições do processo empregado na reação de hidrólise. Conforme Slizyte et al. (2005), a porcentagem de proteína solubilizada depende da quantidade de gorduras na matéria-prima, de modo que espécies que contenham maior quantidade deste componente, resultam em hidrolisados com menor porcentagem de proteína solubilizada. Como o teor de lipídios apresentado pelo hidrolisado proteico foi baixo (1,42%), pode-se confirmar a afirmação anterior.

O conteúdo de umidade apresentado pelo hidrolisado proteico de palometa foi inferior a 10%, o que permite o seu

armazenamento por longo tempo. Conforme afirmam Feitosa et al. (2018), o teor de umidade de um alimento pode indicar a propensão do produto à deterioração, apesar de que esse teor não leva em consideração a interação da água com outros componentes do alimento. De acordo com Gonçalves (2011), é importante que a farinha de pescado apresente teor de umidade e de lipídio abaixo de 10% para aumentar a sua vida útil, não favorecendo o crescimento de micro-organismos e processos de oxidação lipídica. Dessa forma, a utilização do hidrolisado proteico de palometa, como produto seco em pó em formulações alimentícias, é uma alternativa viável, visto que seu conteúdo de umidade é menor que 15%, o percentual máximo determinado pela Instrução Normativa nº 8, para farinhas (BRASIL, 2005). No entanto, não há legislação específica para a farinha ou hidrolisado de pescado como alimento comestível, dificultando a padronização desses produtos quanto às suas características físico-químicas e a utilização em misturas para alimentação.

Foi observada uma elevada concentração de cinzas no hidrolisado proteico de palometa (24,72%), a qual é decorrente de sais presentes nos tampões utilizados para manter o pH durante a hidrólise enzimática (ZAVAREZE et al., 2009). O pH apresentou valor médio de pH igual a 7,22. Este valor próximo da neutralidade deve-se a utilização de solução tampão alcalina durante o processo de hidrólise. Para que este produto possa ser empregado em formulações alimentícias, deve ocorrer um monitoramento do pH pois alimentos de baixa acidez tem maior risco de contaminação por micro-organismos patogênicos (FORSYTHE, 2013). Na Figura 1, é possível observar a evolução do GH.

Figura 1. GH do hidrolisado proteico de palometa durante 120 min de reação.

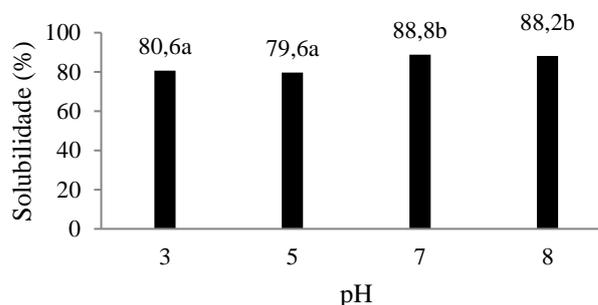


Verificou-se um aumento gradativo no GH com o passar do tempo, apresentando elevação significativa ($p \leq 0,05$) de 30 para 120 min. Ao final da reação, o hidrolisado apresentou um GH de 17,4%, valor próximo ao encontrado por Pires et al. (2015) que relatam valores de GH variando de 12,6 a 19,0% em hidrolisados de pescado (*Merluccius capensis*), obtidos no mesmo tempo de hidrólise.

Outros autores relataram valores de GH variando de 19,0 a 22,6% em hidrolisados de subproduto de pescada, produzidos com a enzima Alcalase, após 2 h de reação. Os mesmos destacam ainda que é sempre difícil comparar os resultados entre os estudos, pois as condições de hidrólise não são padronizadas. Além disso, a determinação de GH por diferentes métodos, geralmente não permite resultados diretamente comparáveis (PIRES et al., 2013).

Na Figura 2, estão apresentados os valores de solubilidade para o hidrolisado proteico de palometa, medida em diferentes pHs.

Figura 2. Solubilidade do hidrolisado proteico de palometa.



Observa-se que o hidrolisado apresentou valores elevados de solubilidade, o que pode ser devido ao conteúdo de sal presente no produto final, oriundo do meio de reação empregado no processo. Outros autores também relataram valores elevados de solubilidade de hidrolisados de músculo de sardinha (*Sardinella aurita*) com solubilidade na faixa de pH de 2,0 a 12,0, variando de 65,0 a 95,0% (KHALED et al., 2014).

Conforme Sathivel et al. (2005), a hidrólise enzimática leva a uma maior exposição de grupos carregados, diminui o tamanho molecular e aumenta a hidrofiliabilidade das proteínas, através de um aumento na habilidade de formar ligações de hidrogênio com a água e, conseqüentemente, aumentando a solubilidade.

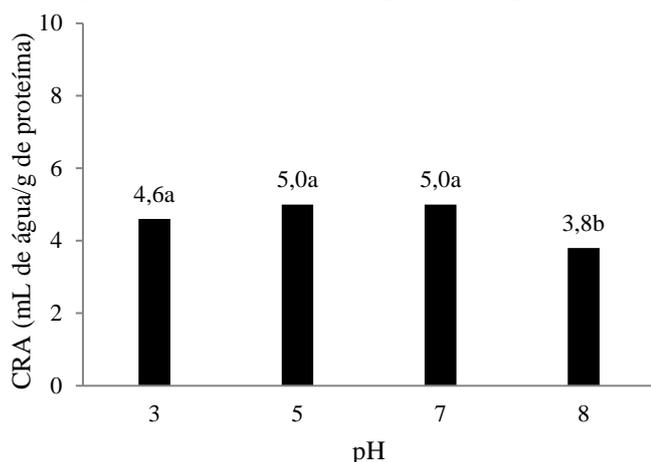
Quando se realizou a avaliação da solubilidade do hidrolisado em diferentes pHs, verificou-se uma solubilização mínima em pH 5,0. A menor solubilidade neste pH deve-se a proximidade com o ponto isoeletrico das proteínas, ou seja, condição onde o número de cargas negativas e positivas tende a se neutralizar intramolecularmente, apresentando uma menor afinidade com a água (CENTENARO et al., 2009; VIJAYKRISHNARAJ; PRABHASANKAR, 2015).

A solubilidade é uma das propriedades funcionais mais importantes de um produto hidrolisado e apresenta grande influência nas demais propriedades como formação de espuma e emulsificação (DE et al., 2020). Assim, como essa característica demonstrada pelo hidrolisado obtido neste estudo foi satisfatória, sua aplicação em alimentos é viável, tanto em formulações ácidas como alcalinas.

Alguns autores relatam uma correlação entre o grau de hidrólise e a solubilidade do hidrolisado, pois quanto maior a quebra das proteínas, maior a solubilização destas. Embora o aumento da solubilidade tenha uma relação positiva com a extensão da hidrólise, deve-se ter cuidado para que o substrato não seja extensivamente hidrolisado, pois um alto GH pode ter efeitos negativos nas demais propriedades funcionais do hidrolisado (ZAVAREZE et al., 2009).

A CRA é uma característica importante na tecnologia de alimentos, pois a água absorvida em pequenas quantidades não atua como solvente, mas contribui para dar corpo e aumentar a viscosidade (CÂNDIDO et al., 1998). Além disso, a CRA refere-se à habilidade da proteína absorver e reter água frente a uma força gravitacional (CÂNDIDO; SGARBIERI, 2003). A Figura 3, apresenta os valores de CRA do hidrolisado proteico de palometa, medida em diferentes pHs.

Figura 3. CRA do hidrolisado proteico de palometa.



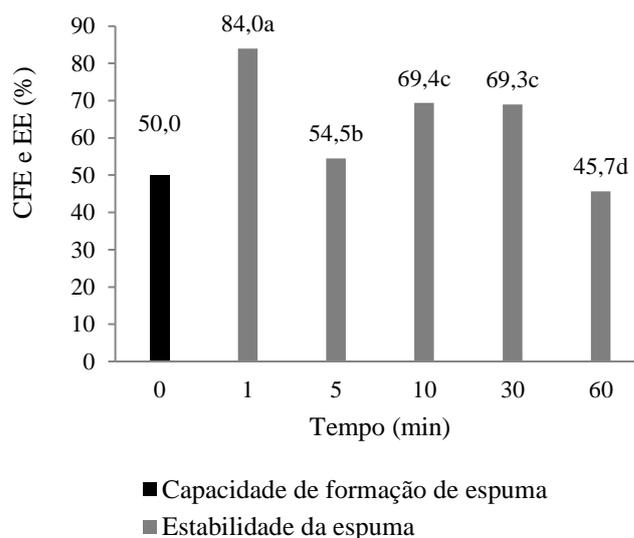
Pode-se observar que o hidrolisado proteico de palometa apresentou maior CRA quando solubilizado nos pHs 3,0, 5,0 e 7,0, porém, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre esses valores. Já para o pH mais alcalinos (8,0) a CRA foi significativamente menor. Conforme Zavareze et al. (2009), o comportamento da CRA do hidrolisado em pHs extremos pode ser consequência da redução da capacidade da proteína se ligar à água, devido às interações intermoleculares. A quantidade de água ligada à proteína sofre influência de fatores como a sua composição, conformação, número de grupos polares expostos, presença de sais e pH (KINSELLA, 1984).

Outros fatores importantes que influenciam na CRA são o tamanho molecular e a capacidade de formação de uma rede proteica. Assim, o hidrolisado com maior GH e, portanto, menor peso molecular não pode formar essa rede, pois apresenta uma maior concentração de grupos hidrofóbicos e um menor tamanho molecular (ROMAN e SGARBIERI, 2005). Além disso, quando a proteína miofibrilar sofre desnaturação, a possibilidade de manter a CRA diminui (BAO et al., 2018).

Em relação à CE o hidrolisado proteico de palometa não foi capaz de formar emulsão nas condições empregadas neste estudo. Conforme Centenaro et al. (2009), as propriedades funcionais, como emulsificação e propriedades espumantes, podem ser afetadas quando a solubilidade é elevada. De acordo com Panyam e Kilara (1996), a hidrólise extensiva das proteínas resulta em uma drástica perda das propriedades emulsificantes, sendo que estas diminuem linearmente com o GH. Ou seja, peptídeos maiores promovem maior estabilidade da emulsão, ao passo que a presença de peptídeos menores prejudica a formação e a estabilidade das emulsões. De acordo com Panpipat et al. (2017), os métodos de produção e as propriedades físico-químicas das proteínas, incluindo tamanho, hidrofobicidade, pH, solubilidade e a carga superficial podem influenciar a CE do sistema emulsificado final.

A CFE e a EE do hidrolisado proteico de carne de palometa estão representadas na Figura 4.

Figura 4. CFE e EE do hidrolisado proteico de palometa.



A CFE alcançada foi de 50,0% após a agitação e a expansão da espuma depois do batimento foi monitorada durante 60 min para indicar a EE da proteína hidrolisada. Valor próximo foi relatado por Gajanan et al. (2016) em hidrolisados de sargo japonês (*Nemipterus japonicus*).

De acordo com Khaled et al. (2014), as espumas obtidas através de soluções de proteínas são uma consequência da desnaturação parcial e do desdobramento das cadeias polipeptídicas. Dispersões de proteínas provocam uma diminuição da tensão superficial na interface água - ar, criando assim a espuma. Uma boa CFE pode proporcionar a aplicação do hidrolisado proteico em alimentos que necessitam da incorporação de ar na formulação (SCHMIDT; SALLAS-MELLADO, 2009).

Nos primeiros 30 min, foi possível observar a maior EE a qual foi diminuindo com o passar do tempo. Após 60 min a estabilidade determinada foi de $45,7 \pm 2,08\%$, diminuição significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao volume inicial de espuma formado.

No trabalho de Amiza et al. (2012), também foram observadas diminuições significativas da EE com o decorrer do tempo. Conforme Klompong et al. (2007), uma comparação direta dos valores CFE de diferentes hidrolisados de proteínas de pescado é difícil porque fatores como, por exemplo, concentração proteica, pH e GH afetam esta propriedade.

No que diz respeito à EE, a espuma produzida pelo hidrolisado de palometa apresentou maior estabilidade quando comparada a hidrolisados proteicos de pescada (~20%) produzidos por Pires et al. (2015), embora a CFE foi maior. Fatores relacionados com o GH podem influenciar no desempenho das propriedades de espuma, bem como o pH e outros aspectos relacionados à composição dos hidrolisados em questão (FURTADO et al., 2001). A massa molecular é importante, pois peptídeos de elevada massa influenciam as características espumantes dos peptídeos de baixo peso molecular, desestabilizando a espuma (NIELSEN, 1997).

Na Tabela 2, é possível verificar os resultados obtidos para a cor do hidrolisado proteico de palometa.

Tabela 2. Determinação da cor do hidrolisado proteico de carne de palometa.

| a* | b* | L* | W |
|------------|-----------|------------|------------|
| -1,59±0,03 | 7,92±0,10 | 90,97±0,09 | 87,89±0,08 |

*valores médios ± desvio padrão de três repetições.

Segundo Baxter (2000) o sentido visual é predominante sobre os outros sentidos e devido a isto, a atratividade de um produto (alimento) depende de seu aspecto visual, ou seja, da sua aparência. De acordo com Lermen et al. (2015), é essencial que um produto tenha uma boa aparência para que seja consumido, levando em consideração que a cor é um aspecto que o consumidor relaciona com a própria qualidade do alimento, apesar de outros fatores estarem envolvidos no processo de aceitação de um novo produto.

Na avaliação da cor do hidrolisado proteico, o valor obtido para luminosidade L* foi 90,97, resultado próximo a 100 que corresponde à cor branca. A escala a* mede a variação entre vermelho (+) e verde (-) e o resultado apresentado foi positivo, demonstrando uma tendência para a cor verde (tabela 2). A tendência a esta cor também foi observada em hidrolisados de resíduos de sardinha produzidos no trabalho de Santos (2011).

Os valores de b* indicam intensidade de amarelo (+) a azul (-), sendo que o hidrolisado apresentou maior reflexão de comprimento de onda associado à cor amarela. Este resultado positivo também foi identificado por outros autores (PIRES et al., 2015; CENTENARO et al., 2011).

Visualmente, o hidrolisado de palometa apresentou uma coloração esbranquiçada, com valor W de 87,89 (tabela 2), indicando que o hidrolisado obtido apresentou coloração mais branca comparada a cor de hidrolisados produzidos a partir de subprodutos de pescada (79,91) (PIRES et al., 2015). Segundo esse autor, existem referências na literatura sobre a cor dos hidrolisados de proteínas de peixe, mas a comparação direta de dados é difícil.

Porém, a medida da cor permite avaliar de forma adequada a utilização dos hidrolisados sólidos como aditivos alimentares, onde se busca uma aparência neutra que não interfira na aparência visual dos produtos, aos quais este composto vai ser adicionado (SANTOS, 2011), logo esta característica do hidrolisado não é um impeditivo para a sua utilização na indústria alimentar.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo demonstraram que o hidrolisado produzido a partir da carne de palometa apresentou um conteúdo proteico satisfatório e cor próxima ao branco. Destaca-se também a elevada solubilidade e capacidade de formação de espuma do hidrolisado, no entanto a capacidade de retenção de água foi baixa e incapaz de formar emulsão nas condições estudadas.

As características físico-químicas e as propriedades do hidrolisado de palometa indicam que a utilização da espécie para a elaboração de produtos hidrolisados pode ser uma tecnologia viável, com possibilidade de utilizá-los como um ingrediente alimentar natural para consumo animal e humano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Clube de Caça e Pesca Martim Pescador pelo apoio na captura dos exemplares de pescado.

REFERÊNCIAS

ABRAHA, B.; MAHMMUD, A.; SAMUEL, M.; YHDEGO, W.; KIBROM, S.; HABTOM, W. Production of fish protein hydrolysate from silver catfish (*Arius thalassinus*). *MOJ Food Processing and Technology*, v. 5, n.4, p. 328-335, 2017.

AMIZA, M. A.; KONG, Y. L.; FAAZAZ, A. L. Effects of degree of hydrolysis on physicochemical properties of Cobia (*Rachycentron canadum*) frame hydrolysate. *International Food Research Journal*, v. 19, n. 1, p. 199-206, 2012.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 18. ed. Revision 3, Maryland: AOAC International, 2010, 1141 p.

BAO, Y.; BOEREN, S.; ERTBJERG, P. Myofibrillar protein oxidation affects filament charges, aggregation and water-holding. *Meat Science*, v. 135, p. 102-108, 2018.

BATISTA, I.; PIRES, C.; TEIXEIRA, B.; NUNES, M. Hidrolisados proteicos com atividade biológica: uma alternativa para a valorização de subprodutos de pescado. *Biociência*, v. 2, n. 5 p. 37-39, 2014.

BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. 3 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2000. 344p.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 8 de 2 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo, conforme o anexo desta Instrução Normativa. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos oficiais para análise de alimentos de origem animal. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 2017. 140 p.

CÂNDIDO, L. M. B.; NOGUEIRA, A. K.; SGARBIERI, V. Propriedades funcionais de concentrados proteicos de pescado preparados por vários métodos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 1, n. 1/2, p. 77-89, 1998.

CÂNDIDO, L. M. B.; SGARBIERI, V. C. A hidrólise enzimática de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) proteínas miofibrilares: efeitos sobre propriedades nutricionais e hidrofílicas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 83, n. 10, p. 937-944, 2003.

CENTENARO, G. S.; HERNANDEZ, C. P.; MELLADO, M. S. Efeito da concentração de enzima e de substrato no grau de hidrólise e nas propriedades funcionais de hidrolisados proteicos de corvina (*Micropogonias furnieri*). *Química Nova*, v. 32, n. 7, p.1792-1798, 2009.

- CENTENARO, G.S.; MELLADO, M.S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Antioxidant activity of protein hydrolysates of fish and chicken bones. *Advance Journal of Food Science and Technology*. v. 3, n. 4, p. 280-288, 2011.
- DE, D.; SANDEEP, K. P.; KUMAR, S.; RAJA, R. A.; MAHALAKSHMI, P.; SIVARAMAKRISHNAN, T.; AMBASANKAR, K.; VIJAYAN, K. K. Effect of fish waste hydrolysate on growth, survival, health of *Penaeus Vannamei* and plankton diversity in culture systems. *Aquaculture*, v. 524, 735240, 2020.
- DIETERICH, F. Desenvolvimento, avaliação físico-química e biológica de hidrolisado proteico de resíduos agroindustriais para surubim. 2014. 88f. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, São Paulo, 2014.
- DIPACK, K.; KUMAR, K. D. Functional properties of rapeseed protein products with varying phytic acid contents. *Journal of Agricultural Chemistry*. v. 34, n. 5, p. 775-77, 1986.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020 - The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. 224p.
- FEITOSA, B. E. S.; CUNHA, F. T.; FÉLIX, J. P. S.; AGUIAR, F. S.; JÚNIOR, E. M. F.; CORREA, M. L. P.; OTANI, F. S. Umidade, cinzas e atividade de água em avium comercializado em Santarém, Pará. *Agroecossistemas*, v. 10, n. 1, p. 115-130, 2018.
- FERNANDES, P. Enzymes in fish and seafood processing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 4, n. 59, p. 1-14, 2016.
- FORSYTHE, S. J. *Microbiologia da Segurança dos Alimentos*. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 607p.
- FURTADO, M. A. M.; GOMES, J. C.; SILVA, C. A. S.; ORNELLAS, C. B.; SILVESTRE, M. P. C. Propriedades funcionais de hidrolisados de proteína láctea co-precipitada. *Ciência Agrotécnica*, v. 25, n. 3, p. 625-639, 2001.
- GAJANAN, P. G.; ELAVARASAN, K.; SHAMASUNDAR, B. A. Bioactive and functional properties of protein hydrolysates from fish frame processing waste using plant proteases. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, p. 24901-24911, 2016.
- GONÇALVES, A. A. *Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação*. 1. ed, São Paulo: Atheneu, 2011. 608p.
- HE, S.; FRANCO, C.; ZHANG, W. Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (FPCP). *Food Research International*, v. 50, n. 1, p. 289-297, 2013.
- KHALED, H. B.; KTARI, N.; GHORBEL-BELLAJ, O.; JRIDI, M.; LASSOUED, I.; NASRI, M. Composition, functional properties and in vitro antioxidant activity of protein hydrolysates prepared from sardinelle (*Sardinella aurita*) muscle. *Journal of Food Science and Technology*, v. 51, n. 4, p. 622-633, 2014.
- KINSELLA, J. E. Milk proteins: physicochemical and functional properties. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. v. 21, n. 3, p. 197-262, 1984.
- KLOMPONG, V.; BENJAKUL, S.; KANTACHOTE, D.; SHAHIDI, F. Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food Chemistry*, v. 102, n. 4, p. 1317-1327, 2007.
- KONICA MINOLTA. Chroma Meter CR-400/410: Instruction Manual. 2013. 160 p. Disponível em: https://www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual_color/pdf/cr-400-410_instruction_eng.pdf. Acesso em: 25. mai. 2017.
- LERMEN, F. H.; MATIAS, G. S.; MODESTO, F. A.; RODER, R.; BOIKO, T. J. P. Teste de consumidores e análise de aparência, sabores. *Revista Latino-America de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 3, n. 4, p. 97-109, 2015.
- LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, v. 193, n. 1, p. 265-275, 1951.
- MORITA, T.; ASSUMPCÃO, R. M. V. *Manual de soluções, reagentes e solventes*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. p. 272.
- MORR, V.; GERMAN, B.; KINSELLA, J. E.; REGENSTEIN, J. M.; VAN BUREN, J. P.; KILARA, A.; LEWIS, B. A.; MANGINA, M. E. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. *Journal of Food Science*, v. 50, n. 6, p. 17-15, 1985.
- MUSACHIO E. A. S. Biscoito salgado enriquecido com proteína de palometa (*Serrasalmus spilopleura*). 2015. 24f. Trabalho de conclusão de curso (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2015.
- NIELSEN, P.M. Functionality of protein hydrolyses. In: *Food proteins and their applications*. Srinivasan Damodaram and Alain Paraf (eds). New York: Macel Dekker, INC, 1997. p. 443-472.
- OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.
- ORDÓÑEZ, J. A. *Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279p.
- PANPIPAT, W.; CHAIJAN, M. Functional properties of pH-shifted protein isolates from bigeye snapper (*Priacanthus Tayenus*) head by-product. *International Journal of Food Properties*, v. 20, n. 3, p. 596-610, 2017.

- PANYAM, D.; KILARA, A. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification. *Trends in Food Science and Technology*, v. 7, n. 4, p. 120-125, 1996.
- PHILLIPS, L. G.; HAQUE, Z.; KINSELLA, J. E. A method for the measurement of foam formation and stability. *Journal of Food Science*. v. 52, n. 4, p. 1074-75, 1987.
- PIRES, C.; CLEMENTE, T.; BATISTA, I. Functional and antioxidative properties of protein hydrolysates from Cape Hake by-products prepared by three different methodologies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 93, n. 4, p. 771-780, 2013.
- PIRES, C.; TEIXEIRA, B.; CARDOSO, C.; MENDES, R.; NUNES, M. L.; BATISTA, I. Cape hake protein hydrolysates prepared from alkaline solubilised proteins pre-treated with citric acid and calcium ions: functional properties and ACE inhibitory activity. *Process Biochemistry*. v. 50, n. 6, p. 1006-1015, 2015.
- REGENSTEIN, J. M.; GORIMAR, T. S.; SHERBON, J. M. Measuring the water capacity of natural actomyosin from chicken breast muscle in the presence of pyrophosphate and divalent cation. *Journal of Food Biochemistry*. v. 3, p. 205-211, 1979.
- ROMAN, J. A.; SGARBIERI, V. C. Efeito da hidrólise enzimática sobre propriedades funcionais de caseína bovina coagulada pela ação da quimosina. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 3, p. 468-474, 2005.
- ROSLAN, J.; YUNOS, K. F. M.; ABDULLAH, N.; KAMAL, S. M. M. Characterization of fish protein hydrolysate from tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 2, p. 312-319, 2014.
- SANTOS, A. B.; GINAR, R. M. B.; GALARÇA, R. C. G.; BRACCINI NETO, J. Composição bromatológica do filé da Palometa (*Serrasalmus spilopleura* Kner, 1860) na região de Uruguaiana-RS/Brasil. *Revista da FZVA. Uruguaiana*. v.13, n. 2, p. 166-170, 2006.
- SANTOS, M. F. G. Produção de hidrolisados de proteína de pescado (HPP) a partir de subprodutos da indústria do pescado de Peniche - Aplicações. 2011. 76f. Tese de Doutorado, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar - Peniche Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, 2011.
- SARTORI, A. G. D. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.
- SATHIVEL, S.; SMILEY, S.; PRINYAWIWATKUL, W.; BECHTEL, P. J. Functional and nutritional properties of red salmon (*Oncorhynchus nerka*) enzymatic hydrolysates. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 6, p. 401-406, 2005.
- SCHMIDT, C. G.; SALLAS-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, 2009.
- SILVEIRA, L. D. S.; ABDALLAH, P. R.; HELLEBRANDT, L.; BARBOSA, M. N.; FEIJÓ, F. T. Análise socioeconômica do perfil dos consumidores de pescado no município de Rio Grande. *SINERGIA*. Rio Grande, v. 16, n. 1, p. 9-19, 2012.
- SLIZYTE, R.; DAUKSAS, E.; FALCH, E.; STORRO, I.; RUSTAD, T. Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*, v. 40, n. 3, p. 1415-1424, 2005.
- VEIT, J. C.; FEIDEN, A.; MALUF, M. L. F.; BOSCOLO, W. R. Desenvolvimento e caracterização centesimal e microbiológica de hidrolisados proteicos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*, v. 4, n.1, p. 27-34, 2013.
- VIJAYKRISHNARAJ, M.; PRABHASANKAR, P. Marine protein hydrolysates: their present and future perspectives in food chemistry - a review. *RSC Advances*. v. 5, n. 44, 34864-34877, 2015.
- WANGKHEIRAKPAM, M. R.; MAHANAND, S. S.; MAJUMDAR, R. K.; SHARMA, S.; HIDANGMAYUM, D. D.; NETAM, S. Fish waste utilization with reference to fish protein hydrolysate – a review. *Fishery Technology*, v. 56, n. 1, p. 169 - 178, 2019.
- ZAVAREZE, E. R.; SILVA C. M.; MELLADO, M. S.; HERNÁNDEZ, C. P. Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. *Química. Nova*, v. 32, n. 7, p. 1739-1743, 2009.