

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

*Functional evaluation of two dehydrated anchovy (*Engraulis anchoita*) protein bases*

Autores | Authors

Liziane GARCIA-TORCHELSEN

Universidade Federal do Rio Grande
(FURG)
Escola de Química e Alimentos
Rio Grande/RS - Brasil
e-mail: liziane.garcia@riogrande.ifrs.edu.br

Eduardo JACOB-LOPES

Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM)
Departamento de Tecnologia e Ciência de
Alimentos
Rio Grande/RS - Brasil
e-mail: jacoblopes@pq.cnpq.br

✉ Maria Isabel QUEIROZ

Universidade Federal do Rio Grande
(FURG)
Escola de Química e Alimentos
Rua Eng. Alfredo Huch, 475
CEP: 96201-900
Rio Grande/RS - Brasil
e-mail: mariaisabel.queiroz@pesquisador.
cnpq.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 13/04/2010
Aprovado | Approved: 11/07/2011
Publicado | Published: dez./2011

Resumo

Considerou-se neste trabalho a avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*). A polpa do pescado foi separada mecanicamente e submetida à lavagem com dois solventes, água e ácido fosfórico. A secagem em camada delgada das bases proteicas foi conduzida em temperaturas de 40, 60 e 70 °C, e espessuras de amostra de 5 mm. O produto foi avaliado considerando-se a determinação de proteínas solúveis, a composição centesimal e as propriedades funcionais, expressas por solubilidade proteica, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de gordura e capacidade emulsificante. Os resultados indicaram que a obtenção da base proteica de anchoita usando-se ácido fosfórico como solvente de lavagem apresentou melhores características, se consideradas as operações de extração de proteínas solúveis, secagem e propriedades funcionais do produto final. Com relação à secagem, verificou-se que essa operação origina um produto com melhores características funcionais quando são empregadas temperaturas de 40 e 60 °C.

Palavras-chave: Anchoita/*Engraulis anchoita*; Base proteica de pescado; Secagem; Propriedades funcionais.

Summary

The functional evaluation of two dehydrated anchovy (*Engraulis anchoita*) protein bases was considered in this work. The fish meat was mechanically separated and subjected to washing with two solvents, water and phosphoric acid, to obtain the protein bases. Thin layer drying of the protein bases was carried out at temperatures of 40, 60 and 70 °C, with a sample thickness of 5mm. The products were evaluated considering the determinations of the soluble proteins, proximate composition and the functional properties such as protein solubility, water holding capacity, fat holding capacity and emulsifying capacity. The results indicated that obtaining the anchovy protein base using phosphoric acid as the washing solvent resulted in better characteristics, when considering the operations of extracting and drying the soluble proteins and the functional properties of the final product. With respect to drying, it was found that this operation led to a product with better functional characteristics when temperatures of 40 and 60 °C were used.

Key words: Anchovy/*Engraulis anchoita*; Fish protein base; Drying; Functional properties.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

1 Introdução

A utilização dos recursos pesqueiros exige o conhecimento de seus potenciais e o estabelecimento de limites para a sua exploração, de modo a não comprometer o equilíbrio dos complexos sistemas que garantem tanto a viabilidade ecológica como a econômica. A possibilidade de a atividade pesqueira afetar as populações de peixes é reconhecida desde o início do século XX (WORM et al., 2009).

Estudos da FAO (2008) apontam para um colapso na exploração de espécies costeiras em nível internacional. Os dados revelam que aproximadamente 19% da população total de espécies marinhas está sobre-explorada, 8% esgotada e 1% em recuperação. Na costa brasileira, a tendência na disponibilidade de pescado acompanha o restante do planeta. No que se refere ao limitado potencial pesqueiro, determinado pela prevalência de condições oceanográficas pouco propícias ao suporte de grandes biomassas, o País já coleciona um histórico de sobrepesca, atividade predatória e insuficiência na gestão e na fiscalização de seus principais estoques. Em relação aos principais recursos já explorados, constata-se que, na maior parte dos casos, não há possibilidade de aumento da produção a partir da intensificação do esforço da pesca (HAIMOVICI, 2006). Dessa forma, a exploração de novas espécies seria uma alternativa para enfrentar o atual colapso.

Dentre os estoques apontados como promissores, apenas a anchoita (*Engraulis anchoita*) apresenta potencial significativo de aproveitamento comercial no Brasil. Os modelos de previsão apontados por Pastous Madureira et al. (2009) estimam um potencial de captura de um milhão de toneladas por ano nas águas do norte da Argentina, do Uruguai e do sul do Brasil. Apesar da abundância dessa espécie no litoral sul do Brasil, esse potencial pesqueiro ainda permanece sem qualquer exploração industrial. Contribui para isso o fato de que a indústria pesqueira da região concentra-se tradicionalmente na captura de espécies de fundo e atuns, destinados a produtos frescos e congelados.

Em função da morfologia da espécie, a rápida perda de frescor é a principal barreira tecnológica a ser transposta na inclusão dessa biomassa em linhas industriais de processamento. A fragilidade ao manuseio é consequência do reduzido tamanho dos exemplares capturados em águas brasileiras, com comprimento total variando de 4,5 a 17,5 cm (PASTOUS MADUREIRA et al., 2009). Nesse sentido, a elaboração de produtos a partir de base proteica de anchoita seria uma alternativa tecnologicamente viável para o aproveitamento em larga escala desse pescado. A expressão *base proteica de pescado* (BPP) designa para o concentrado de proteína miofibrilar obtido a partir do despolpamento mecânico

da carne de pescado e da lavagem com solvente adequado (PARK e MORRISSEY, 2000; PARK, 2000; BENJAKUL et al., 2005).

A base proteica de pescado (BPP) apresenta grande disponibilidade para a diversificação da indústria pesqueira. Importante vantagem seria a oportunidade de incluir no mercado consumidor uma gama maior de novos produtos, o que poderia significar não somente um produto de alto teor proteico como também estimularia o aumento do consumo de pescado. Assim, o pescado processado como BPP possibilita melhor comercialização dessa matéria-prima como um produto nobre. A sua produção em larga escala permite que outros produtos derivados de pescado possam atingir determinados segmentos de mercado, atendendo à necessidade social de demanda de proteína de origem animal de primeira qualidade (PASTOUS MADUREIRA et al., 2009).

Uma característica inerente à produção de bases proteicas de pescado é a necessidade de operações adicionais para preservação do produto. Dentre os processos utilizados, destacam-se o congelamento e a secagem, sendo esta usada para reduzir o conteúdo de água do material em níveis que permitam a estocagem segura por períodos prolongados (FREIRE et al., 2003; JAIN e PATHARE, 2007; KILIC, 2009). A utilização dessa operação na elaboração de produtos alimentícios é tradicional e vem sendo cada vez mais difundida em função da atual demanda de consumo de alimentos pré-prontos ou prontos (SAGUY et al., 2005; KOSUKE et al., 2006; HIL et al., 2009).

Apesar da adequabilidade e das vantagens da secagem da base proteica de pescado, essa operação promove alterações nas características de qualidade do produto seco, expressando-se em alterações físico-químicas (KILIC, 2009), sensoriais (WU e MAO, 2008) e funcionais (GIMENEZ et al., 2005; BINSI et al., 2009; SATHIVEL et al., 2009). As propriedades funcionais do músculo do pescado estão diretamente associadas com a integridade das proteínas, que é alterada mediante a aplicação de forças externas como, por exemplo, trituração, centrifugação, compressão e aquecimento (SGARBIERI e ROMAN, 2005).

Em face disso, o trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades funcionais das bases proteicas desidratadas de anchoita.

2 Material e Métodos

2.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada, *Engraulis anchoita*, foi resultante de dois cruzeiros realizados pelo Navio Oceanográfico Atlântico Sul da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande-RS, Brasil.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

Exemplares com tamanho e peso médio de 11,5 cm e 8 g, respectivamente, foram capturados na costa do Rio Grande do Sul, próximo à divisa Brasil-Uruguai (34° 40' S), entre os meses de agosto e setembro. Após a captura, foram armazenados a bordo em gelo e água do mar na razão 1:1, conforme metodologia indicada por Garcia-Torchelsen et al. (2008). Após o desembarque, o pescado foi transportado para uma indústria pesqueira local, onde foi lavado em tambor rotativo e a polpa obtida por separação mecânica. A despulpadeira utilizada para obtenção da polpa foi da marca High Tech, com caracol de separação do tipo duplo, capacidade de 150 kg.h⁻¹ e lâminas separadoras com espessura de 2,0 mm.

2.2 Elaboração da base proteica de pescado (BPP)

As bases proteicas de pescado foram elaboradas a partir da polpa de pescado resfriado, em câmara de resfriamento na temperatura de 5 °C. A lavagem da polpa foi realizada utilizando-se como solventes água e ácido fosfórico aquoso (0,05%). A lavagem com água teve como objetivo ser um fator de comparação para a lavagem com ácido fosfórico. Nessa operação, foram utilizados três ciclos de extração com duração de 6 min, agitação constante de 2000 rpm em agitador magnético e temperatura mantida entre 5 e 7 °C, pela adição de polpa e solventes refrigerados. Ao final de cada ciclo, foi realizada a separação dos sólidos por peneiramento, conforme indicado por Simões et al. (2004).

2.3 Secagem da base proteica de pescado

A secagem em camada delgada da base proteica foi conduzida em secador descontínuo de bandejas, com escoamento de ar paralelo (1,5 m.s⁻¹) nas condições de 40, 60 e 70 °C, e espessura de amostra de 5 mm.

2.3.1 Cinética da secagem

A constante de secagem (k) foi obtida por meio do modelo empírico proposto por Henderson e Pabis (1961), a partir das curvas experimentais do adimensional de água livre em função do tempo, conforme indica a Equação 1.

$$\frac{x - x_e}{x_0 - x_e} = A \exp(-kt) \quad (1)$$

em que $x - x_e/x_0 - x_e$: adimensional de água livre; A: parâmetro de ajuste da equação; k: constante de secagem (min⁻¹); t: tempo de secagem (h).

O cálculo da difusividade efetiva de umidade (D_{ef}) foi realizado por analogia da Equação 1 com o modelo de difusão de Fick. Considerou-se lâmina infinita, encolhimento do material desprezível, tempo longo de

secagem e condição de equilíbrio na superfície, conforme indica a Equação 2.

$$D_{ef} = \frac{4kL^2}{\pi^2} \quad (2)$$

em que D_{ef} : difusividade efetiva de umidade (m².s⁻¹); k: constante de secagem (min⁻¹); L: espessura da amostra (mm).

2.4 Avaliação da qualidade do produto

2.4.1 Determinação de proteínas solúveis

Nas soluções de lavagem, resultantes da separação por peneiramento, foram determinadas as concentrações de proteínas solúveis pelo método de Biureto, utilizando-se uma curva de referência com albumina de soro bovino com 95% de pureza, segundo metodologia proposta por Martelli e Panek (1968).

2.4.2 Determinação da composição centesimal

A composição centesimal (umidade, proteína, lipídios e cinzas) do músculo, da polpa e da base proteica de pescado foi caracterizada segundo AOAC (HORWITZ, 2000).

2.4.3 Avaliação das propriedades funcionais

As propriedades funcionais avaliadas foram: capacidade de retenção de água (CRA), solubilidade das proteínas (SP), capacidade de emulsificação (CE) e capacidade de retenção de gordura (CRG).

2.4.3.1 Capacidade de retenção de água (CRA) e solubilidade proteica (SP)

A CRA e a SP foram avaliadas segundo Regenstein e Regenstein (1984), com modificações, na faixa de pH compreendida entre 2 e 10. O pH foi ajustado com ácido clorídrico e/ou hidróxido de sódio e então tamponado ao pH correspondente. Posteriormente, as soluções foram homogeneizadas e centrifugadas (16000 × g) por 15 min. O volume de cada sobrenadante resultante foi medido usando uma proveta graduada, sendo usado para determinar a capacidade de retenção de água, segundo a Equação 3.

$$CRA = \frac{\text{Volume de água absorvido (mL)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \times 100 \quad (3)$$

A SP foi calculada por comparação entre a quantidade de proteína no sobrenadante (determinado por Kjeldahl) e o teor de proteína na amostra original, usando-se a Equação 4.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

$$SP = \frac{\text{Proteína em solução (g)}}{\text{Proteína na amostra original (g)}} \times 100 \quad (4)$$

2.4.3.2 Capacidade de emulsificação (CE)

A CE foi avaliada de acordo com Regenstein e Regenstein (1984), com modificações. Foram preparadas dispersões de proteína em NaCl, as quais foram agitadas, com adição de óleo de soja, até a quebra da emulsão. A CE foi calculada a partir da quantidade de óleo emulsificado por grama de proteína usando-se a Equação 5.

$$CE = \frac{\text{Volume de óleo de soja (mL)}}{\text{Peso de proteína na amostra (g)}} \times 100 \quad (5)$$

2.4.3.3 Capacidade de retenção de gordura (CRG)

A CRG foi avaliada de acordo com Ozimek et al. (1981), com modificações. Suspensões obtidas de amostra em óleo de soja foram agitadas por 10 min e centrifugadas (16000 × g), sendo o sobrenadante desprezado. A CRG foi calculada usando-se a Equação 6.

$$CRG = \frac{\text{Gordura absorvida (mL)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \times 100 \quad (6)$$

2.5 Tratamento estatístico

Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), teste de comparação de médias de Tukey e teste-*t* de Student, utilizando-se o software Statistica for Windows versão 6.0.

3 Resultados e Discussão

3.1 Elaboração da base proteica de pescado

A lavagem é uma das principais operações na obtenção de base proteica, atuando na remoção de componentes naturais da carne do pescado e resultando na descoloração da polpa e na redução dos agentes deteriorantes do produto (BENTIS et al., 2005; LIN et al., 2005). Nesse sentido, a Tabela 1 apresenta os resultados de proteínas solúveis nos extratos resultantes da lavagem do músculo de pescado a partir de três ciclos de extração.

A análise dos dados demonstra maior capacidade de extração das proteínas solúveis quando é utilizado ácido fosfórico, se considerados os três ciclos de extração, não havendo, entretanto, diferenças significativas, entre os solventes, para o primeiro ciclo de lavagem, quando a maior concentração de proteínas é extraída. A superioridade extrativa do ácido fosfórico em relação à água é notoriamente observada, se for considerado o efeito somatório dos ciclos de extração, em que o

Tabela 1. Proteínas solúveis nos extratos resultantes da lavagem das bases proteicas de pescado.

Ciclos de extração	Concentração de proteínas solúveis (g.100 g ⁻¹)	
	H ₃ PO ₄	H ₂ O
1	2,65 ^{aA} ± 0,37	2,32 ^{aA} ± 0,22
2	1,80 ^{bA} ± 0,23	0,64 ^{bB} ± 0,24
3	1,26 ^{cA} ± 0,16	0,30 ^{cB} ± 0,20
Somatório	5,71 ± 0,33	3,27 ± 0,24
Porcentagem de extração	34,70	19,87

Letras minúsculas diferentes na vertical indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os ciclos pelo teste-*t* de Student. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os solventes pelo teste-*t* de Student. Média de quatro repetições ± desvio padrão.

percentual de extração é 42,5% maior na utilização do ácido fosfórico em relação à água, considerando-se o teor de proteínas no músculo de 16,46% (Tabela 2). Percentuais de extração de proteínas solúveis de pescado por lavagem na faixa de 18 a 45% são reportados por Maldonado (1994). Por outro lado, Simões et al. (2004) relatam valores de extração de 30,5 e 19,5% usando ácido fosfórico e água, respectivamente, na lavagem da base proteica de pescada (*Macrodromus ancilodromus*). A eficiência de extração do ácido fosfórico com relação à água é atribuída à maior força iônica da solução. Esse fato tem sido observado por diferentes autores, os quais demonstraram que o aumento da força iônica da solução em um sistema cárneo permite que as proteínas sejam cercadas com íons com cargas opostas. Tal fato reduz a energia eletrostática livre, levando ao aumento da atividade do solvente e resultando em maior solubilidade das proteínas (MALDONADO, 1994; STEFANSSON e HULTIN, 1994; LIN et al., 1995; SIMÕES et al., 2004; BAXTER e SKONBERG, 2008).

3.2 Caracterização da base proteica de pescado

Na Tabela 2, são apresentadas as composições químicas do músculo de anchoita e das bases proteicas obtidas a partir de lavagem com água e ácido fosfórico.

Esses valores possuem reduzida representatividade em termos de caracterização absoluta do músculo, principalmente no que se refere à relação lipídio/umidade, uma vez que a espécie em estudo é migratória e significativas variações são observadas na caracterização da sua composição química. A literatura reporta valores máximos e mínimos de lipídios, os quais são registrados entre os meses de janeiro e agosto, e entre agosto e dezembro, respectivamente (BERTOLOTTI e MANCA, 1986; YEANNES e CASALES, 1995). Ainda de acordo com Yeannes e Casales (1995), para a composição química da anchoita avaliada durante o período de um

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

ano, verificou-se a redução do teor de lipídios ao longo desse período, variando entre 9,4% para o mês de maio e 1,6% para o mês de novembro. Encontraram-se, para o mês de setembro, teores de umidade de 75,7% e gordura de 3,9%, corroborando os resultados obtidos, visto que o pescado em estudo foi capturado entre os meses de agosto e setembro.

Em relação às bases proteicas de pescado, a análise comparativa dos resultados da composição centesimal com o músculo do pescado revela uma redução nos conteúdos de proteínas e lipídios, independentemente do solvente utilizado. Esse comportamento é esperado, uma vez que a técnica de obtenção de bases proteicas fundamenta-se na eliminação de proteínas solúveis, sais inorgânicos, gorduras, pigmentos e compostos responsáveis pelo odor, mediante lavagens sequenciais da polpa de pescado (MALDONADO, 1994; ÁLVAREZ-PARRILLA et al., 1997). Em adição, o aumento no conteúdo de cinzas, quando comparado com o músculo da anchoita, pode ser atribuído ao fato de as bases proteicas serem elaboradas a partir do despolpamento mecânico do músculo. Nessa operação, uma fração de espinhas do pescado pode ser triturada e misturada à polpa, aumentando o teor de minerais, apesar da sua previsível redução pela ação dos solventes aquosos.

Comparativamente, a composição das bases proteicas obtidas com os solventes usados indicou um produto com 10,5% de umidade inferior quando ácido fosfórico é usado na operação de lavagem, o que é atribuído ao efeito osmótico de desidratação obtido nessas condições. Assim, o uso do ácido fosfórico como solvente na lavagem de bases proteicas de pescado contribuiu para a desidratação do produto. Segundo Raoult-Wack et al. (1994), a desidratação osmótica tem sido associada a diferentes tipos de processamento na forma de um pré-tratamento, sendo que seus efeitos

refletem-se, positivamente, nas propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais do produto seco.

3.3 Secagem da base proteica de pescado

A Figura 1 apresenta as curvas de secagem da base proteica de anchoita nas diferentes condições avaliadas.

Analisando-se as curvas do adimensional de umidade em base seca em função do tempo, verificam-se comportamentos distintos em relação às fases da secagem em função das variáveis avaliadas. A primeira fase, correspondente à variação mais acentuada da umidade com o tempo, refere-se ao período de taxa constante. A primeira fase da taxa decrescente de umidade foi observada em todas as condições experimentais. Os valores de umidade crítica observados situaram-se entre 0,59 e 1,89 g.g⁻¹ (Tabela 3). Entretanto, a fase que corresponde à variação menos pronunciada da umidade, caracterizada pela segunda fase da taxa decrescente, somente foi observada ao se utilizar como solvente ácido fosfórico e temperatura de secagem de 40 °C. Esses resultados são mais bem elucidados na Tabela 3, que apresenta a caracterização da secagem das bases proteicas de anchoita em camada delgada.

A partir da análise dos dados, verifica-se que o período de taxa constante de secagem (t_c) possui maior representatividade na secagem das bases proteicas lavadas com água em comparação com o ácido fosfórico, o que é atribuído ao maior teor de umidade inicial (85,8%) nessas condições. Segundo Chirife (1983), o período de taxa constante de secagem somente possui importância em situações em que o conteúdo de umidade do material é elevado. Para as bases proteicas lavadas com ácido fosfórico (76,8% de umidade inicial), em temperaturas de secagem de 70 °C, não foi evidenciado período de taxa constante de secagem. Perry e Green (1986)

Tabela 2. Composição centesimal do músculo da anchoita eviscerada e das bases proteicas de anchoita.

Parâmetro	Músculo de anchoita	BPP (H ₂ O)	BPP (H ₃ PO ₄)
Umidade (%)	77,88 ^B ± 0,19	85,85 ^A ± 0,08	76,79 ^C ± 0,23
Proteínas (%)	16,46 ^A ± 0,35	10,27 ^C ± 0,22	15,90 ^B ± 0,17
Cinzas (%)	2,06 ^C ± 0,29	2,55 ^B ± 0,09	3,99 ^A ± 0,25
Lipídios (%)	3,60 ^A ± 0,12	1,33 ^C ± 0,11	3,32 ^B ± 0,14

Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os solventes pelo teste de Tukey. Média de quatro repetições ± desvio padrão.

Tabela 3. Caracterização da secagem das bases proteicas de anchoita.

Temperatura (°C)	Solvente	t_c (min)	X_c (g.g ⁻¹)	X_e (g.g ⁻¹)	t_e (min)
40	H ₃ PO ₄	120	1,10	0,14	600
	H ₂ O	300	0,67	0,05	720
60	H ₃ PO ₄	120	0,59	0,02	525
	H ₂ O	120	1,89	0,08	615
70	H ₃ PO ₄			0,09	345
	H ₂ O	60	1,33	0,09	465

t_c : tempo crítico; X_c : umidade crítica; X_e : umidade de equilíbrio; t_e : tempo de equilíbrio.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

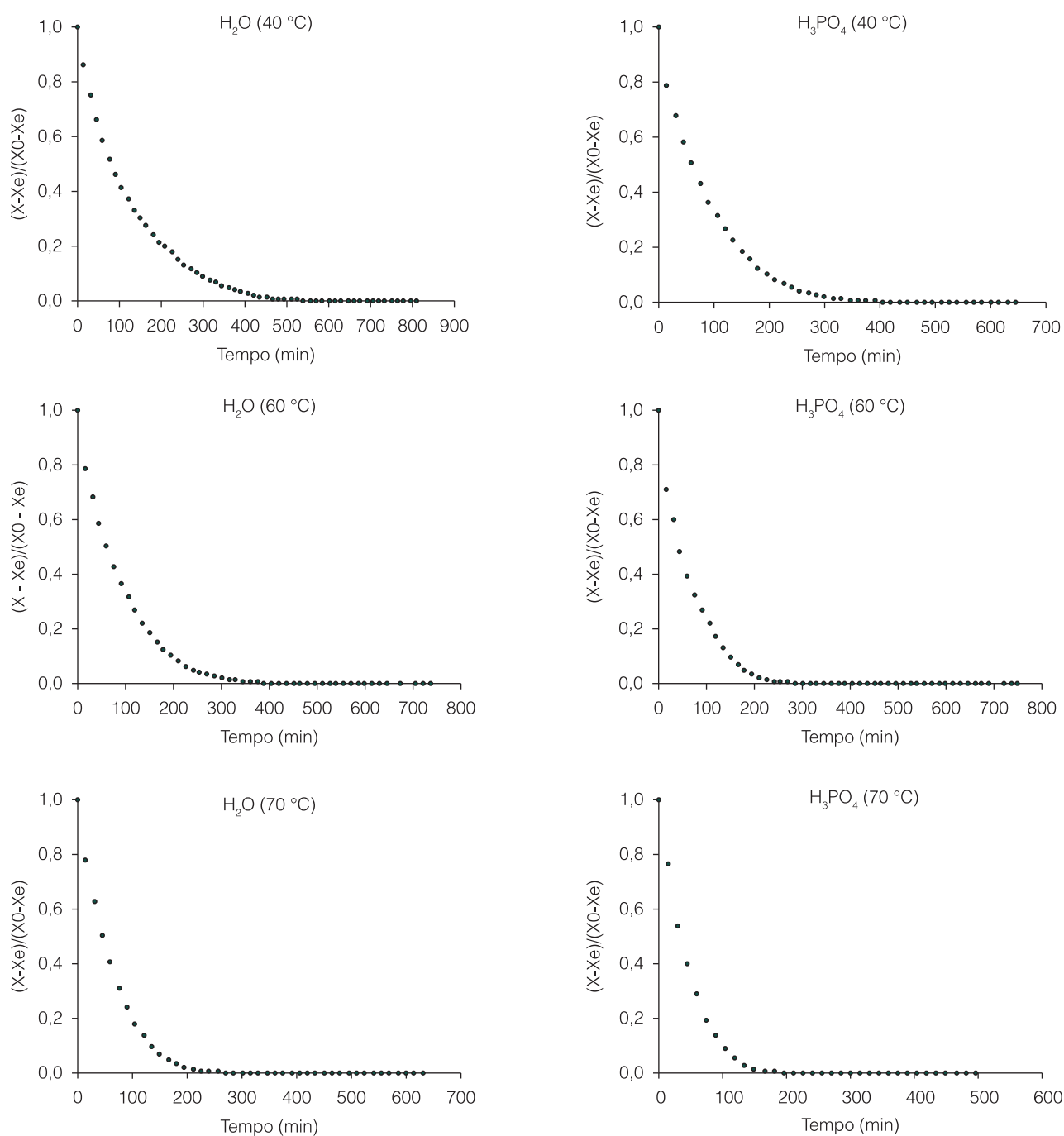


Figura 1. Curvas do adimensional de água livre em função do tempo para os diferentes solventes e temperaturas.

relatam que o período de taxa constante de secagem é caracterizado pela localização da resistência às transferências de calor e massa somente na corrente de ar, não havendo alteração da taxa de evaporação com o tempo de secagem.

As umidades de equilíbrio obtidas variaram entre 2,0 a 14,0% (base úmida). Esses valores são considerados particularmente importantes na operação de secagem, pois representam o valor limite para a redução de umidade do material em uma determinada condição atmosférica. Segundo Pinto e Tobinaga (2006),

produtos alimentícios, à base de pescado desidratado, devem possuir um teor de umidade entre 10 e 15%, de forma que todas as condições de secagem consideradas atinjam a faixa de umidade sugerida.

As curvas experimentais do adimensional de água livre em função do tempo foram utilizadas para o cálculo das constantes de secagem. Na Tabela 4, são apresentados os resultados da regressão não linear, utilizando-se o método dos mínimos quadrados, para os coeficientes do modelo predito empiricamente a partir das características das curvas de secagem.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

Os dados demonstraram bom ajuste da correlação exponencial para o cálculo da constante de secagem, o que é evidenciado pelos valores dos coeficientes de correlação. As constantes de secagem obtidas evidenciaram o efeito da lavagem com ácido fosfórico e da temperatura de secagem na remoção de umidade da base proteica de pescado, havendo um incremento da constante de secagem à medida que se eleva a temperatura do ar e utiliza-se ácido fosfórico na lavagem da base proteica. Esses resultados podem ser corroborados pelo comportamento sugerido anteriormente, uma vez que, de acordo com RAULT-WACK et al. (1994), materiais submetidos a pré-tratamento osmótico têm suas taxas de remoção de umidade aumentadas durante a secagem convectiva.

Os valores da difusividade efetiva média de umidade confirmam o efeito da temperatura e do solvente, usado na lavagem, na taxa de difusão de água da base proteica. A determinação das propriedades de transporte de materiais biológicos é considerada de importância na secagem desses produtos. Panagiotou et al. (2004) reportam para secagem de pescado valores de difusividade efetiva de umidade na faixa de 10^{-11} a 10^{-9} $m^2.s^{-1}$. Produtos alimentícios que apresentam elevados valores de difusividade efetiva média de umidade durante a secagem ocasionarão maior facilidade na remoção de umidade do material, reduzindo com isso o tempo de secagem e, conseqüentemente, os gastos energéticos. Embora esses parâmetros devam ser considerados de relevância, as características de qualidade do produto final irão definir a adequabilidade das condições empregadas na preservação.

3.4 Avaliação das propriedades funcionais da base proteica de pescado

Um fator fundamental na secagem de alimentos é a qualidade final do produto desidratado. Elevadas temperaturas e longos tempos de secagem usualmente reduzem a qualidade do produto. A avaliação das propriedades funcionais é um parâmetro usado para esse propósito (GARAU et al., 2006). Na Tabela 5, estão expressos os resultados de solubilidade das bases proteicas de pescado obtidas por meio das diferentes condições consideradas.

As maiores solubilidades proteicas foram obtidas na faixa de pH alcalino, independentemente da temperatura de secagem e do solvente usado na lavagem. O aumento da solubilidade em pH fortemente alcalino ocorre por causa da predominância de cargas negativas que geram forças de repulsão eletrostáticas capazes de promover a dissociação dos complexos e conseqüente solubilização da proteína (SGARBIERI, 1998). Os menores valores de solubilidade proteica foram observados em pH igual a 2, o que sugere que o ponto isoelétrico das proteínas da base proteica de anchoita está situado em torno desse valor de pH.

Em relação à influência das condições de secagem no percentual de proteína solúvel, observou-se que as maiores solubilidades foram obtidas para as bases proteicas secas à temperatura de 60 °C, independentemente do solvente utilizado. No entanto, a maior solubilidade foi registrada quando se utilizou o ácido fosfórico (63,30 g.100 g⁻¹). Esse dado é importante porque, ao se comparar com o valor encontrado por

Tabela 4. Parâmetros estimados e coeficiente de correlação para os dados experimentais.

Temperatura (°C)	Solução	A	k (min ⁻¹)	r	D _{ef} (m ² .s ⁻¹)
40	H ₃ PO ₄	1,02	0,0109	0,99	1,84 × 10 ⁻⁹
	H ₂ O	0,97	0,0080	0,99	1,35 × 10 ⁻⁹
60	H ₃ PO ₄	0,96	0,0153	0,99	2,58 × 10 ⁻⁹
	H ₂ O	0,97	0,0113	0,99	1,91 × 10 ⁻⁹
70	H ₃ PO ₄	1,02	0,0219	0,99	3,70 × 10 ⁻⁹
	H ₂ O	1,01	0,0164	0,99	2,77 × 10 ⁻⁹

A: parâmetro de ajuste da equação; k: constante de secagem; r: coeficiente de correlação; D_{ef}: difusividade efetiva de umidade.

Tabela 5. Solubilidade das bases proteicas de pescado desidratadas.

pH	Solubilidade proteica (g.100 g ⁻¹)					
	H ₃ PO ₄			H ₂ O		
	40 °C	60 °C	70 °C	40 °C	60 °C	70 °C
2	10,06 ^{ef} ± 0,65	27,93 ^{ec} ± 1,00	21,95 ^{ed} ± 1,71	20,65 ^{ee} ± 1,32	36,52 ^{ea} ± 0,99	31,65 ^{eb} ± 1,40
4	15,20 ^{df} ± 0,72	34,89 ^{dc} ± 0,46	23,80 ^{de} ± 0,29	30,46 ^{dd} ± 0,77	45,11 ^{da} ± 0,33	36,33 ^{cb} ± 0,89
6	28,31 ^{cf} ± 0,54	35,84 ^{cd} ± 0,30	31,61 ^{ce} ± 1,86	37,98 ^{cc} ± 0,70	47,60 ^{ca} ± 1,42	43,48 ^{bb} ± 0,43
8	36,46 ^{be} ± 0,44	61,01 ^{ba} ± 0,54	38,72 ^{bd} ± 0,82	38,75 ^{bd} ± 1,19	49,08 ^{bb} ± 0,00	46,64 ^{ac} ± 0,95
10	41,29 ^{af} ± 1,41	63,30 ^{aa} ± 0,71	43,54 ^{ae} ± 0,35	54,04 ^{ab} ± 0,88	50,26 ^{ac} ± 0,11	46,75 ^{ad} ± 0,14

Letras minúsculas diferentes na vertical indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Média de três repetições ± desvio padrão.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

Queiroz et al. (2007) de 71,24 g.100 g⁻¹, para o músculo *in natura* da anchoita, constata-se que a redução da solubilidade por desnaturação foi de 11,15%. Tal fato pode ser justificado pelo menor tempo de secagem (Tabela 3) necessário para a BPP obtida com ácido fosfórico atingir a umidade de equilíbrio, quando comparado com a temperatura de 40 °C. Por outro lado, na temperatura de 70 °C, foram observados valores de solubilidade proteica reduzidos se comparados a 60 °C. A desnaturação térmica que, provavelmente, ocorreu na temperatura de 70 °C fez com que os grupos hidrofóbicos interagissem entre si, reduzindo a associação da proteína com a água e, conseqüentemente, a solubilidade da base proteica. O decréscimo da solubilidade em função do tratamento térmico ocorreu em função do efeito da temperatura nas ligações não covalentes (pontes de hidrogênio, eletrostáticas e hidrofóbicas) envolvidas na estabilização das estruturas secundárias e terciárias da proteína. O desdobramento dessas estruturas favoreceu a interação entre os grupos hidrofóbicos, que levam à agregação, por meio da coagulação e da precipitação, reduzindo a interação proteína-água (KIM, 1998; LANGERDORFF et al. 1999).

Os resultados de capacidade de retenção de água (CRA) nas condições avaliadas são apresentados na Tabela 6. Analisando-se os dados obtidos, verifica-se comportamento similar no que se refere ao efeito do pH na capacidade de retenção de água quando comparado à solubilidade proteica. Em relação às condições de secagem, temperaturas de 60 °C proporcionaram a obtenção de bases proteicas de pescado com maiores capacidades de retenção de água, se ácido fosfórico é

usado como solvente de lavagem, o que se aproxima ao relatado para as solubilidades proteicas. Por outro lado, no uso de água como agente de lavagem da base proteica, as maiores CRA são observadas em temperaturas de 40 °C, com reduzido efeito diferenciador do pH na faixa compreendida entre 6 e 10.

Em termos absolutos, os maiores valores obtidos (12,76 g_{água}.g_{proteína}⁻¹) foram superiores aos reportados por Queiroz et al. (2007), avaliando o músculo *in natura* da anchoita, *Engraulis anchoita*, que relatam capacidade de retenção de água de 6,49 g_{água}.g_{proteína}⁻¹ em pH 10. Aquele valor pode ser atribuído à desnaturação sofrida pelas proteínas durante o processo de secagem. Durante a desnaturação, ocorre o enfraquecimento e a ruptura de algumas interações responsáveis pela manutenção da estrutura terciária das proteínas, expondo sítios para a ligação das moléculas de água, aumentando, assim, a capacidade de absorção da água (DONADEL e PRUDENCIO-FERREIRA, 1999).

Finalmente, a Tabela 7 apresenta os valores de capacidade de retenção de gordura (CRG) e capacidade de emulsificação (CE) obtidos nas diferentes condições de secagem. De forma similar ao ocorrido anteriormente, o uso do ácido fosfórico como solvente proporcionou maior capacidade de retenção de gordura e capacidade emulsificante, independentemente da temperatura de secagem. Deve-se considerar, no entanto, que para ambas as propriedades funcionais, temperaturas de secagem de 40 °C ocasionaram maior valor absoluto dos parâmetros. Estes resultados, se comparados como os obtidos para o músculo da anchoita *in natura*,

Tabela 6. Capacidade de retenção de água das bases proteicas de pescado desidratadas.

pH	CRA (g _{água} .g _{proteína} ⁻¹)					
	H ₃ PO ₄			H ₂ O		
	40 °C	60 °C	70 °C	40 °C	60 °C	70 °C
2	4,79 ^{Dd} ± 0,07	5,10 ^{eC} ± 0,41	5,46 ^{eB} ± 0,77	6,28 ^{dA} ± 1,28	4,49 ^{dE} ± 1,19	4,47 ^{eE} ± 1,01
4	6,61 ^{cB} ± 0,84	5,99 ^{dCD} ± 1,05	6,08 ^{dC} ± 1,03	9,71 ^{cA} ± 0,81	6,54 ^{cB} ± 0,94	5,76 ^{dD} ± 1,14
6	8,29 ^{bB} ± 1,37	7,31 ^{cC} ± 1,24	6,89 ^{cD} ± 0,56	10,91 ^{aA} ± 1,37	6,52 ^{cE} ± 1,04	6,59 ^{cE} ± 1,21
8	9,76 ^{aC} ± 0,33	11,26 ^{bA} ± 2,65	8,60 ^{bD} ± 1,15	10,72 ^{aB} ± 1,32	7,34 ^{bE} ± 1,02	7,58 ^{bE} ± 1,96
10	9,85 ^{aC} ± 1,31	12,76 ^{aA} ± 2,41	9,34 ^{aD} ± 1,41	10,45 ^{bB} ± 0,87	8,05 ^{aF} ± 0,59	8,55 ^{aE} ± 0,36

Letras minúsculas diferentes na vertical indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Média de três repetições ± desvio padrão.

Tabela 7. Capacidade de retenção de gordura e capacidade de emulsificação das bases proteicas de pescado desidratadas.

Temperatura (°C)	CRG (g _{óleo} .g _{proteína} ⁻¹)		CE (mL _{óleo} .g _{proteína} ⁻¹)	
	H ₃ PO ₄	H ₂ O	H ₃ PO ₄	H ₂ O
	40	3,63 ^{aA} ± 0,09	2,86 ^{aB} ± 0,07	60,70 ^{aA} ± 0,10
60	2,19 ^{cA} ± 0,04	1,80 ^{cB} ± 0,15	46,67 ^{cA} ± 0,04	45,64 ^{bB} ± 0,03
70	2,55 ^{bA} ± 0,02	2,31 ^{bB} ± 0,05	55,21 ^{bA} ± 0,05	46,60 ^{bB} ± 0,63

Letras minúsculas diferentes na vertical indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste-*t* de Student. Média de três repetições ± desvio padrão.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)

GARCIA-TORCHELSEN, L. et al.

são inferiores aos reportados por Queiroz et al. (2007), independentemente do solvente e da temperatura usados, demonstrando a sensibilidade dessas propriedades funcionais em relação ao processamento. De acordo com Guo et al. (1996), a degradação da estrutura da proteína, ocasionada pelo processamento dos alimentos, pode ocasionar reduções em propriedades funcionais como CRG e CE, como resultado do decréscimo na concentração de proteína disponível para emulsificação e retenção de gordura.

4 Conclusões

A obtenção da base proteica de anchoita usando ácido fosfórico como solvente de lavagem apresentou melhores características no processo e no produto. A base proteica lavada com ácido fosfórico, na temperatura de 70 °C, apresentou valores de difusividade efetiva de umidade aproximadamente 25% superiores, se comparada à lavada com água. Em relação às propriedades funcionais do produto obtido utilizando-se ácido fosfórico, a temperatura de 40 °C deve se empregada para não prejudicar a capacidade emulsificante e a capacidade de retenção de gordura, enquanto a solubilidade proteica e a capacidade de retenção de água são favorecidas pela secagem a 60 °C e pH alcalino, de forma que a escolha da temperatura de secagem irá depender da formulação do produto em específico.

Referências

ÁLVAREZ-PARRILLA, E.; PUIG, A.; LLUCH, M. A. Preparación y caracterización química y microestructural de surimi de merluza (*Merluccius merluccius*) y de jurel (*Trachurus trachurus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos Internacional**, Cidade do Porto, v. 3, n. 1, p. 49-60, 1997.

BAXTER, S. R.; SKONBERG, D. I. Gelation properties of previously cooked minced meat from Jonah crab (*Cancer borealis*) as affected by washing treatment and salt concentration. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 109, n. 2, p. 332-339, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.044>

BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; THONGKAEW, C.; TANAKA, M. Effect of frozen storage on chemical and gel-forming properties of fish commonly used for surimi production in Thailand. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 197-207, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.05.004>

BENTIS, C. A.; ZOTOS, A.; PETRIDIS, D. Production of fish-protein products (surimi) from small pelagic fish (*Sardinops pilchardus*), underutilized by the industry. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, Oxford, v. 68, n. 3, p. 303-308, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.06.003>

BERTOLOTI, M. I.; MANCA, E. Processamiento y comercialización de la anchoita (*Engraulis anchoita*) del mar

Argentino. **Revista de Investigacion y Desarrollo Pesquero**, Mar del Plata, v. 5, p. 224-246, 1986.

BINSI, P. K.; SHAMASUNDARA, B. A.; DILEEPA, A. O.; BADIIB, F.; HOWELL, N. K. Rheological and functional properties of gelatin from the skin of Bigeye snapper (*Priacanthus hamrur*) fish: Influence of gelatin on the gel-forming ability of fish mince. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 132-145, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.12.004>

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. In: MUJUMDAR, A. S. (Ed.). **Advances in drying**. Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1983. v. 1, p. 73-102.

DONADEL, M. E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Propriedades funcionais de concentrado protéico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 380-386, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611999000300015>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **State of the World Fisheries and Aquaculture**. Roma: FAO, 2008. 192 p.

FREIRE, F. N. A.; SILVA, M. E. V.; ZAPATA, J. F. F.; MAIA, G. A. Desidratação de Músculo de Pescado em Bancada Experimental de Secagem. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 273-278, 2003.

GARCIA-TORCHELSEN, L.; TREPTOW, R. O.; PORCIUNCULA, B. D.; QUEIROZ, M. I. Caracterização do odor da anchoita (*Engraulis anchoita*) armazenada em gelo e água do mar. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, vol. 19, n. 3, pp. 249-257, 2008.

GARAU, M. C.; SIMAL, S.; FEMENIA, A.; ROSSELLÓ C. Drying of orange skin: drying kinetics modelling and functional properties. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 75, n. 2, p. 288-295, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.017>

GIMENEZ, B.; GOMEZ-GUILLEN, M. C.; MONTERO, P. Storage of dried fish skins on quality characteristics of extracted gelatin. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 958-963, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.12.012>

GUO, M. R.; FOX, P. F.; FLYNN, A.; KINDSTED, P. S. Heat-induced modifications of the functional properties of sodium caseinate. **International Dairy Journal**, Alberta, v. 6, n. 5, p. 473-483, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0958-6946\(95\)00018-6](http://dx.doi.org/10.1016/0958-6946(95)00018-6)

HAIMOVICI, M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; CERGOLE, M. C.; MADUREIRA, L. S. P.; BERNARDES, R. A.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O. Recursos Pesqueiros da Região Sudeste-Sul. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva: Relatório Executivo**. Brasília: MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental, 2006. p. 207-242.

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)GARCIA-TORCHELSEN, L. *et al.*

- HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal Agricultural Engineering Research**, Washington, v. 6, n. 3, 169-174, 1961.
- HIL, C. L.; LAW, C. L.; CLOKE, M. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 90, n. 2, p. 191-198, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.022>
- HORWITZ, W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13. ed. Arlington: AOAC, 1975.
- JAIN, D.; PATHARE, B. P. Study the drying kinetics of open sun during of fish. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 78, n. 4, p. 1315-1319, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.044>
- KILIC, A. Low temperature and high velocity (LTHV) application in drying: Characteristics and effects on the fish quality. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 91, n. 1, p. 173-182, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.08.023>
- KIM, J. C. Milk protein/stainless steel interaction relevant to the initial stage off ouling in thermal processing. **Journal of Food Process Engineering**, Trumbull, v. 21, n. 5, p. 369-386, 1998. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.1998.tb00459.x>
- KOSUKE, N.; LI, Y.; JIN, Z.; FUKUMURO, M.; ANDO, Y.; AKAISHI, A. Low-temperature desiccant-based food drying system with airflow and temperature control. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 75, n. 1, p. 71-77, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.051>
- LANGERDORFF, V.; CUVELIER, G.; LAUNAY, B.; MICHIN, C.; PARKER, A.; KRUIF, C.G. Casein micelle/iota carragenan interactions in milk: Influence of temperature. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 13, n. 3, p. 211-218, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00087-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00087-3)
- LIN, S. B.; CHEN, L. C.; CHEN, H. H. The change of thermal gelation properties of horse mackerel mince led by protein denaturation occurring in frozen storage and consequential air floatation wash. **Food Research International**, Ontario, v. 38, n. 1, p. 19-27, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2004.08.001>
- LIN, T. M.; PARK, J. W.; MORRISSEY, M. T. Recovered protein and reconditioned water from surimi processing waste. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 1, p. 4-9, 1995. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb05594.x>
- MALDONADO, A. S. Efeito de la fuerza iônica en la extracción de proteínas sarcoplasmáticas en procesamiento de surimi. **Boletín de Investigación de lo Instituto Tecnológico Pesquero del Peru**, Lima, v. 4, n. 1, p. 9-14, 1994.
- MARTELLI, H. L.; PANEK, A. D. **Bioquímica Experimental**. Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1968, 112p.
- OZIMEK, G.; POZNANSKI, S.; CICHON, R. Influence of selected factors on functional properties of textured milk proteins. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 575-585, 1981. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb01855.x>
- PANAGIOTOU, N. M.; KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G. D. Moisture diffusivity: literature data compilation for foodstuffs. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v. 7, n. 2, p. 273-299, 2004. <http://dx.doi.org/10.1081/JFP-120030038>
- PARK, J. W. **Surimi and Surimi Seafood**. New York: Marcel Dekker, 2000. 500 p.
- PARK, J. W.; MORRISSEY, M. T. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In PARK, J. W. (Ed.). **Surimi and Surimi Seafood**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 23-58.
- PASTOUS MADUREIRA, L. S.; CASTELLO, J. P.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; QUEIROZ, M. I.; ESPÍRITO SANTO, M. L.; RUIZ, W. A.; RAGGI ABDALLAH, P.; HANSEN, J.; BERLOTTI, M. I.; MANCA, E.; YEANNES, M. I.; AVDALOV, N.; FERNÁNDEZ AMORÍN, S. Current and potential alternative food uses of the Argentine anchoita (*Engraulis anchoita*) in Argentina, Uruguay and Brazil. In: HASAN, M. R.; HALWART, M. (Eds.). **Fish as Feed Inputs for Aquaculture: Practices, Sustainability and Implications**. Rome: FAO, 2009. p. 269-287. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 518).
- PERRY, J. D.; GREEN, D. **Perry's Handbook**. Special Edition, 1986.
- PINTO, L. A. A.; TOBINAGA, S. Diffusive Model with Shrinkage in the Thin-Layer Drying of Fish Muscles. **Drying Technology**, Londres, v. 24, n. 4, p. 509-516, 2006. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930600612040>
- QUEIROZ, M. I.; GARCIA, L. V.; PORCIÚNCULA, B. Evaluation of functional properties of anchoita (*Engraulis anchoita*) stored on ice and seawater. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MEAT SAFETY, 1., 2007, Valencia. **Anais...Valência**, 2007. p. 265-270.
- RAOULT-WACK, A. L.; RIOS, G.; SAUREL, R.; GIROUX, F.; GUILBERT, S. Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, Ontario, v. 27, n. 2, p. 207-209, 1994. [http://dx.doi.org/10.1016/0963-9969\(94\)90165-1](http://dx.doi.org/10.1016/0963-9969(94)90165-1)
- REGENSTEIN, J. M.; REGENSTEIN, C. E. **Food Protein Chemistry**. New York: Academic Press, 1984.
- SAGUY, I. S.; MARABI, A.; WALLACH, R. New approach to model rehydration of dry food particulates utilizing principles of liquid transport in porous media. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 495-506, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2005.07.006>
- SATHIVEL, S.; YIN, H.; BECHTEL, P.; KING, J. Physical and nutritional properties of catfish roe spray dried protein powder and its application in an emulsion system. **Journal of Food**

Avaliação funcional de bases proteicas desidratadas de anchoita (*Engraulis anchoita*)GARCIA-TORCHELSEN, L. *et al.*

Engineering, Kidlington, v. 95, n. 1, p. 76-81, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.011>

SGARBIERI, V. C.; ROMAN, J. A. Efeito da hidrólise enzimática sobre propriedades funcionais de caseína bovina coagulada pela ação da quimosina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 468-474, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000300013>

SGARBIERI, V. C. Propriedades funcionais de proteínas em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 105-126, 1998.

SIMÕES, D. R. S.; QUEIROZ, M. I.; VOLPATO, G.; ZEPKA, L. Q. Desodorización de la base protéica de pescado (BPP) con ácido fosfórico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 23-26, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612004000100005>

STEFANSSON, G.; HULTIN, H. O. On the solubility of cod muscle proteins in water. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**,

Washington, v. 42, n. 12, p. 2656-2664, 1994. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00048a002>

YEANNES, M. I.; CASALES, M. R. Estudio de las variables de proceso de marinados de anchoita (*E. anchoita*). **Alimentaria**, Madrid, p. 87-91, 1995.

WORM, B.; HILBORN, R.; BAUM, J. K.; BRANCH, T. A.; COLLIE, J. S.; COSTELLO, C.; FOGARTY, M. J.; FULTON, E. A.; HUTCHINGS, J. A.; JENNINGS, S.; JENSEN, O. P.; LOTZE, H. K.; MACE, P. M.; MCCLANAHAN, T. R.; MINTO, C.; PALUMBI, S. R.; PARMA, A. M.; RICARD, D.; ROSENBERG, A. A.; WATSON, R.; ZELLER, D. Rebuilding Global Fisheries. **Science**, New York, v. 325, n. 5940, p. 578-585, 2009. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1173146>

WU, T.; MAO, L. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 110, n. 3, p. 647-653, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.058>