

UTILIZAÇÃO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA (CMS) DE TILÁPIA NA ELABORAÇÃO DE FARINHA COM ALTO VALOR NUTRICIONAL

Jéssica Ferreira da COSTA¹; Regina Isabel NOGUEIRA²; Daniela De Grandi Castro FREITAS-SÁ³; Suely Pereira FREITAS⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estabelecer o processo para elaboração de farinha a partir da CMS de tilápia e avaliar sua composição de minerais, aminoácidos e ácidos graxos e os modelos matemáticos para representação das curvas de secagem e isotermas de sorção. A secagem da CMS com e sem salga como pré-tratamento foi conduzida em um secador de cabine, às temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C. As farinhas sem pré-tratamento obtidas a 50°C e 60°C resultaram na melhor composição nutricional em termos de aminoácidos e ácidos graxos EPA e DHA. Apresentaram elevadas concentrações de minerais como ferro e fósforo e podem ser consideradas fontes de potássio e magnésio. O modelo de GAB descreveu melhor as isotermas de sorção. A farinha de CMS de tilápia mostrou ser uma alternativa viável para agregação de valor aos resíduos da filetagem deste peixe, resultando em produto nutritivo que poderia ser destinado ao consumo humano.

Palavras chave: secagem; salga; *Oreochromis niloticus*; co-produto; resíduo comestível.

UTILIZATION OF MINCED FISH MUSCLE (MFM) OF TILAPIA IN PREPARATION OF FLOUR WITH A HIGH NUTRITIONAL VALUE

ABSTRACT

This study has the goal to establish the process for preparation of flour from the Tilapia MFM and assess their composition of minerals, amino acids and fatty acids and the mathematical models for representation of drying curves and the sorption isotherms. The drying of the MFM with or without salting as pre-treatment was conducted in a cabin, dryer temperatures of 40°C, 50°C and 60°C. The flour without pre-treatment obtained 50°C and 60°C resulted in better nutritional composition in terms of amino acids and EPA and DHA fatty acids. Showed high concentrations of minerals such as iron and phosphorus and can be considered sources of potassium and magnesium. The GAB model described better the sorption isotherms. The Tilapia MFM flour proved to be a viable alternative to adding value to the waste of these fish, resulting in nutritional product that could be destined for human consumption

Keywords: drying; salting; *Oreochromis niloticus*; by-product; edible waste.

Artigo Científico: Recebido em 09/10/2015 – Aprovado em 28/03/2016

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia. BR 465 – Km 7 – CEP 23. 890 - 000 – Seropédica - RJ – Brasil. E-mail: costajessicaf@hotmail.com

² Embrapa Agroindústria de Alimentos - Av. das Américas, 29501, Guaratiba - CEP: 23020-470 - Rio de Janeiro - RJ – Brasil. E-mail: regina.nogueira@embrapa.br

³ Embrapa Agroindústria de Alimentos - Av. das Américas, 29501, Guaratiba - CEP: 23020-470 - Rio de Janeiro - RJ – Brasil. E-mail: daniela.freitas@embrapa.br

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola de Química. Av. Horácio Macedo, 2030, Bloco E, Ilha do Fundão - CEP: 21941-909 - Rio de Janeiro – RJ – Brasil. E-mail: freitasp@eq.ufrrj.br

Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(3): 548-565, 2016
Doi 10.20950/1678-2305.2016v42n3p548

INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é um dos principais peixes cultivados no mundo, atingindo em torno de 3,2 milhões de toneladas produzidas na aquicultura, em 2012 (FAO, 2014). No Brasil, a expansão da produção de tilápia tem sido impulsionada pela demanda de mercado devido à boa aceitação pela população, valor nutritivo e preços baixos em relação a outros peixes normalmente comercializados. Os piscicultores demonstram grande interesse pela tilápia por apresentar características de facilidade de cultivo, o que desperta o interesse das indústrias no processamento deste peixe (SIMÕES et al., 2007). Estimativas indicam que sua produção no Brasil foi de cerca de 250 mil toneladas sendo considerado o principal peixe criado, representando 46,6% da produção total, em 2011 (BRASIL, 2013).

No processamento da tilápia, há a geração de grande quantidade de resíduos ou subprodutos, que apresentam ácidos graxos poliinsaturados essenciais e proteína de elevado valor biológico, vitaminas e minerais (DRAGNES et al., 2009), podendo ser convertidos em produtos comerciais ou matéria-prima para produtos secundários, através de tecnologias adequadas. A utilização desse material constitui-se em uma alternativa promissora na elaboração de produtos alimentícios de excelente qualidade nutricional, que pode contribuir para a diminuição de problemas de má nutrição, atribuídos à carência ou deficiência de proteínas de elevado valor nutricionais na dieta alimentar, além de reduzir os impactos negativos da atividade industrial ao meio ambiente (PIRES et al., 2014).

Depois do processo de filetagem, principal produto comercializado da tilápia, uma quantidade considerável de carne ainda fica retida no esqueleto do peixe. Esta carne (cerca de 14% do peso da tilápia viva), quando obtida através de máquina apropriada, pode ser utilizada na produção de outros produtos de maior valor agregado. Alguns autores relatam que a recuperação da carne aderida pode chegar a 60% do material que passa através da máquina (FREITAS et al., 2012). A carne mecanicamente separada (CMS), conhecida também como polpa, é o produto obtido através do processo de

separação mecânica desta parte comestível, obtendo partículas de músculo isenta de ossos, vísceras, escamas e pele (FAO e WHO, 1994). Pode ser utilizada como base em diferentes formulações, de forma a agregar valor ao produto final, como “fishburgers” (MARENGONI et al., 2009), almôndegas (OLIVEIRA et al., 2012) e patês (FREITAS et al., 2012) e também na produção de farinha através da secagem em um secador de circulação forçada, nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C (OLIVEIRA et al., 2015). Rocha et al. (2011) sugeriram a elaboração de pratos regionais utilizando a farinha obtida de resíduos de tilápia, de modo a oferecer um alimento com elevado teor nutricional na merenda escolar de escolas públicas.

A secagem é a eliminação da água do material através da evaporação, de forma a reduzir a disponibilidade ou atividade de água (a_w) de um alimento, e conseqüentemente evitar o crescimento microbiano e as reações químicas e bioquímicas (MOURA et al., 2004).

As isotermas de sorção são essenciais para o processo de secagem e está relacionada a aspectos de estabilidade à estocagem, de produtos secos ou de alimentos com baixa umidade (HUBINGER et al., 2009). Pode ser demonstrada por uma curva que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura. Esta relação depende da composição química dos alimentos, como gordura, amido, açúcar e proteínas (PARK et al., 2001).

A salga é um método simples que envolve os cristais de sal ou salmoura, no qual ocorre a perda de água e a absorção de sal, devido às diferenças na pressão e concentração osmótica (BARAT et al., 2003). Contribui para o desenvolvimento de características desejáveis de textura, sabor e aroma nos produtos (RIBEIRO et al., 2010).

A utilização de métodos para processamento e conservação de peixes, como a secagem e a salga, que possibilita o armazenamento de produtos à temperatura ambiente, constitui-se de extrema importância nos países em desenvolvimento, como o Brasil, que apresentam

deficiências referentes à instalação para armazenamento de alimentos sob cadeia do frio.

O objetivo deste trabalho foi estudar a utilização do pré-tratamento de salga em diferentes temperaturas de secagem para estabelecer um processo de elaboração de farinha de CMS de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em função das características das farinhas obtidas quanto à composição de aminoácidos, ácidos graxos e minerais, além de apresentar o modelo matemático para melhor representação de suas isotermas de sorção.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

A CMS de tilápia (*Oreochromis niloticus*) congelada foi adquirida junto a COOPERCAMMA, Cooperativa de Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, RJ. As amostras foram mantidas em câmara a -18°C até o momento de sua utilização para o desenvolvimento da farinha de CMS de tilápia e determinações analíticas. Para obtenção da CMS, as carcaças foram descabeçadas, evisceradas, lavadas em água clorada e levadas à despolpadora para pescado da marca Mec Pescado contendo peneira com furos de 1,2 mm de diâmetro, totalmente construída em aço inoxidável AISI-304.

Pré-tratamento de salga

A CMS foi disposta em uma bandeja e adicionada de sal grosso de maneira a formar uma camada de 1,0 cm de espessura sobre ela. A quantidade de sal utilizada foi de 1:1 em relação ao peso inicial da CMS, sendo mantido à temperatura ambiente, durante 24 horas. Ao final, o material foi pesado e retirado o excesso de sal e de líquido originado no processo.

Secagem

Foi realizada por meio de um secador de cabine, às temperaturas de 40, 50 e 60°C e com velocidade de ar de $0,5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Para as medições da temperatura e velocidade do ar foram utilizados, respectivamente, o termômetro da marca Alfafrance e o anemômetro analógico portátil. A CMS de tilápia (com e sem pré-tratamento) foi

colocada em bandejas removíveis com fundo telado para permitir a passagem do ar através da massa do produto. O processo foi conduzido até que não fossem observadas variações na perda de água, atingindo o equilíbrio. Foram monitoradas as condições de secagem como temperatura de bulbo úmido, temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar através de um termohigrômetro Traceable® Hygrometer Thermometer Dew Point, da marca Cole-Parmer. Ao término do processo as amostras foram pesadas e acondicionadas em embalagens metalizadas (PET-met) seladas a vácuo e mantidas em um dessecador à temperatura ambiente de 25°C . A umidade foi determinada ao final de cada secagem, conforme método gravimétrico da AOAC (2005), através da perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa a vácuo à 70°C , pressão à 70mm de Hg, até a obtenção de peso constante do produto dessecado.

Cinética de secagem

Foi estimado o coeficiente convectivo de transferência de calor (h) através da Equação 1 (PARKERT e FINZER, 2009) visando estabelecer parâmetros adimensionalizados através do número de Nusselt, que é importante para o planejamento de experimentos, reduzindo significativamente sua complexidade e com isto, o custo da experimentação, física ou numérica, e para a apresentação de resultados experimentais, com redução matematicamente organizada das variáveis relevantes. Para o cálculo foi utilizada a equação número de Nusselt = coeficiente convectivo de transferência de calor x difusividade efetiva/ condutividade térmica (REZENDE e FINZER, 2008).

Os valores utilizados de condutividade térmica e de difusividade efetiva de peixe foram $1,81 \times 10^6\text{ W}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ e $5,16 \times 10^9\text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente (BALABAN e PIGOTT, 1988).

$$h = \frac{M_s \cdot \lambda}{A} \cdot \left(\frac{dX/dt}{T_{ar} - T_u} \right) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: M_s é a massa seca; λ é o calor latente de vaporização da água; A é a área da superfície de troca de calor; (dX/dt) é a taxa de secagem; T_{ar} é a

temperatura do ar e T_u a temperatura de bulbo úmido.

Isotermas de sorção

Foram estabelecidas através do método gravimétrico estático, onde oito sais foram selecionados (LiCl , CH_3COOK , MgCl_2 , K_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, NaBr , NaCl e KCl), promovendo ambientes com diferentes a_w na faixa de 0,1130 a 0,8434 em seu interior (GREENSPAN, 1977). Soluções saturadas de sais foram preparadas no fundo de cada recipiente (dessecador), numa camada de aproximadamente 4 cm para sais de baixa a_w e de 1,5 para sais de alta a_w ; e altura entre esses valores citados para sais com a_w intermediária. A água destilada foi acrescentada e a solução agitada até que houvesse uma película de líquido livre acima da camada de sal (DITCHFIELD, 2000).

As amostras, em duplicatas, foram pesadas, colocadas em cadinhos, e em seguida armazenadas em dessecadores com as respectivas umidades relativas, e mantidos na temperatura de 25°C. Pesou-se em balança analítica as amostras condicionadas em intervalos regulares de tempo, de 2 em 2 dias, até alcançar o equilíbrio, e então, determinou-se a umidade final (em base seca) da amostra pelo método de estufa (AOAC, 2005) obtendo-se então os valores de umidade de equilíbrio.

Modelos de ajuste para as isotermas de sorção

Foram utilizados modelos de BET e GAB (PARK et al., 2001) representados nas Equações 2 e 3, respectivamente.

$$X_e = \frac{(X_m \cdot C_{BET} \cdot a_w) \cdot (1 - (n+1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1})}{(1 - a_w) \cdot (1 + (C_{BET} - 1) \cdot a_w - C_{BET} \cdot a_w^{n+1})} \quad (\text{Equação 2})$$

$$X_e = \frac{X_m \cdot C_{GAB} \cdot K_{GAB} \cdot a_w}{(1 - K_{GAB} \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C_{GAB} \cdot K_{GAB} \cdot a_w)} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: X_e - conteúdo de umidade de equilíbrio, kg/kg; X_m - conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg/kg; a_w - atividade de água, adimensional; C , n , K - constantes das equações.

Os valores experimentais da umidade de equilíbrio foram ajustados utilizando a análise de regressão não linear do programa estatístico Statistica 7.0, de forma a estimar as constantes dos modelos de isotermas GAB e BET. O critério utilizado, para avaliar o melhor ajuste, foi a combinação dos coeficientes de determinação (R^2) e o módulo do erro relativo médio (ERM) através da Equação 4.

$$ERM = \frac{100}{ne} \sum_{i=1}^{ne} \frac{|VE - VP|}{VE} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: ERM = erro relativo médio; VP = valores preditos pelo modelo; VE = valores observados experimentalmente; ne = número de pontos experimentais.

Determinação da cor instrumental

A análise foi realizada por reflectância no aparelho Color Quest XE (HunterLab), utilizando ângulo de observação de 10° e fator iluminante D65, pelo sistema CIELab (CIE, 1978). Os resultados foram expressos por meio das coordenadas angulares L^* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco), a^* varia do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*), e b^* do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*). Foram realizadas quatro leituras para cada amostra.

A partir destes parâmetros, foram calculadas as coordenadas cilíndricas croma C^* e hue h^* (Equações 5 e 6), onde C^* expressa a saturação ou intensidade de cor, indicando o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^* ; e o h^* representa a cor observável e é definido como iniciando no eixo + a^* , em graus, em que 0° é + a^* (vermelho), 90° é + b^* (amarelo), 180° é - a^* (verde), e 270° é - b^* (azul) (REIS et al., 2006).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 5})$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Equação 6})$$

Análises microbiológicas

Foi realizada a verificação da presença de *Salmonella* sp, *Staphylococcus* coagulase positiva e contagem de coliformes a 45 °C na matéria-prima, de acordo com as metodologias descritas no "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods" (APHA, 2001). Os

resultados obtidos foram comparados com os critérios microbiológicos exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2001).

Análises de aminoácidos

Foram determinados os teores de ácido aspártico, serina, glutamina, glicina, histidina, arginina, treonina, alanina, prolina, tirosina, valina, lisina, isoleucina, leucina e fenilalanina. As análises da matéria-prima e da farinha de CMS foram realizadas em duplicata, de acordo com LIU *et al.* (1995) e o método 994.12 da AOAC (2000). No preparo das amostras, inicialmente foram desengorduradas com hexano, depois submetidas ao processo de hidrólise ácida em ampolas de vidro com HCl 6N, seladas sob N₂ e vácuo e deixados em estufa de secagem por cerca de 22 horas a 105°C. Alíquotas do hidrolisado foram tomadas e levadas para a evaporação do ácido, em dessecador com sílica gel e sob vácuo, por aproximadamente 12 horas, ou até completa secagem do solvente. O resíduo seco assim obtido foi submetido à reação de derivatização, na qual foram adicionados HCl 20 mM, tampão borato (pH 8,8) e posteriormente adicionada uma solução de AMQ (carbamato de 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidila), sendo que a reação foi completa com aquecimento a 55±1°C por 10 minutos. As amostras foram, então, transferidas para frascos de injetor automático e analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência. O cromatógrafo utilizado foi Waters Alliance 2695 (Waters, Estados Unidos da América), com detectores de fluorescência 2475 e de arranjo de fotodiodos 2996 (PDA) em linha. Utilizou-se uma coluna Nova-Pak® C18, 3,9 × 150 mm, de 4 mm (Waters, Estados Unidos da América).

Análises de ácidos graxos

Foram realizadas em triplicata na matéria-prima e nas farinhas desenvolvidas utilizando a hidrólise ácida, de acordo com o método oficial da AOAC 996.06 (AOAC, 2005) e a metilação, de acordo com o método de HARTMAN e LAGO (1973). Na hidrólise ácida, as amostras sofreram digestão com o ácido clorídrico, na presença de pirogalol, e os lipídeos foram extraídos com éter etílico e de petróleo. Na esterificação, a reação foi catalisada por ácido clorídrico, após saponificação da amostra com potassa metanóica. Os ésteres

metílicos foram analisados por cromatografia em fase gasosa em equipamento Agilent 6890, equipado com detector de ionização por chama, operado a 280 °C. Utilizou-se coluna capilar de sílica fundida de filme de cianopropilsiloxano (60m x 0,32mm x 0,25m) e programação de temperatura conforme descrito: temperatura inicial de 100°C por 3 minutos; de 100 a 150°C com rampa de 50°C/minuto; de 150 a 180°C com rampa de 1°C/minuto; de 180 a 200°C com rampa de 25°C/minuto e na temperatura final de 200°C por 10 min. Foi injetado 1µL de amostra em injetor aquecido a 250°C operado no modo de divisão de fluxo de 1:50. Realizou-se a identificação por comparação dos tempos de retenção com os padrões da NU-CHEK PREP, Inc. (Elysian, MN) e SUPELCO e a quantificação em g.100g⁻¹ de cada ácido graxo em relação ao peso de produto foi realizada com padrão interno de triglicerídeo de C11.

Análise de minerais

Foram realizadas análises em duplicata dos teores de sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro e fósforo, de acordo com os procedimentos da AOAC (2005), por mineralização por micro-ondas de cavidade, método 999.10, item 9.1.08, e a quantificação por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), método 990.08, item 9.2.39, na matéria-prima e nas farinhas desenvolvidas. Foi analisado o conteúdo de minerais em relação à ingestão dietética de referência (IDR), utilizando os valores da quota dietética recomendada (RDA) e da ingestão adequada (AI), de acordo com as características de estágio de vida (IOM, 1997; 2001; 2005; 2011).

Tratamento estatístico

Os dados da composição mineral, de aminoácidos, de ácidos graxos e de cor foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância empregando-se o programa Xlstat 7.5.

RESULTADOS

Ao avaliar o processo de secagem, foram observados os maiores valores de coeficiente convectivo de transferência de calor (h), taxa de

secagem (dX/dt) e número de Nusselt (Nu), para as farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento de salga (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente convectivo de transferência de calor, taxa de secagem e número de Nusselt para as farinhas de CMS de tilápia com e sem tratamento de salga

	Farinha de CMS			Farinha de CMS salgada		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
M_s (Kg)	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
dX/dt ($g_{\text{água}}/g_{\text{massa seca}}s$)	$1,26 \times 10^{-4}$	$1,52 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$7,70 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-4}$
λ (J/Kg)	$2,40 \times 10^6$	$2,39 \times 10^6$	$2,36 \times 10^6$	$2,40 \times 10^6$	$2,39 \times 10^6$	$2,36 \times 10^6$
T_{ar} (°C)	40,00	50,00	60,00	40,00	50,00	60,00
T_u (°C)	19,00	21,00	25,00	19,00	21,00	25,00
A (m^2)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
h ($W/m^2°C$)	19,66	17,13	14,83	10,49	9,99	8,59
Nu	5,60	4,88	4,22	2,99	2,85	2,45

M_s = massa seca; dX/dt = taxa de secagem; λ = calor latente; T_{ar} = temperatura do ar; T_u = temperatura de bulbo úmido; A = área; h = coeficiente convectivo de transferência de calor; Nu = Número de Nusselt

O conteúdo de umidade de equilíbrio (X_e) das farinhas aumentou com a elevação da atividade de água (a_w) e reduziu conforme o aumento da temperatura de secagem. O pré-tratamento de

salga conferiu maiores valores de umidade de equilíbrio na faixa de a_w 0,5286 a 0,8434, quando comparado aos valores da sem pré-tratamento (Tabela 2).

Tabela 2. Valores experimentais de umidade de equilíbrio a 25°C para farinha de CMS de tilápia com e sem tratamento de salga

a_w	X_e - Farinha de CMS			X_e - Farinha de CMS salgada		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
0,1130	0,0147	0,0132	0,0122	0,0052	0,0046	0,0042
0,2251	0,0272	0,0258	0,0240	0,0138	0,0126	0,0097
0,3278	0,0399	0,0383	0,0347	0,0269	0,0260	0,0225
0,4316	0,0544	0,0530	0,0514	0,0504	0,0417	0,0385
0,5286	0,0703	0,0681	0,0643	0,0808	0,0771	0,0690
0,5757	0,0847	0,0818	0,0736	0,1026	0,0940	0,0871
0,7529	0,1324	0,1187	0,1025	0,3420	0,3183	0,2822
0,8434	0,1875	0,1745	0,1586	0,8868	0,8645	0,8287

a_w : atividade de água; X_e : umidade de equilíbrio

A Tabela 3 mostra os parâmetros dos modelos matemáticos de BET e GAB, os valores de coeficientes de determinação (R^2) e erro relativo médio (ERM). Observa-se que modelo de GAB descreve com maior precisão as isotermas de sorção das farinhas com R^2 próximos da unidade e valores de ERM menores que 10%. O modelo de

GAB pela sua larga aplicação em alimentos e tendo apresentado melhores condições de ajuste pode ser indicado para predição do conteúdo de umidade de equilíbrio para as farinhas de CMS de tilápia com e sem pré-tratamento de salga para as farinhas obtidas nas temperaturas 40, 50 e 60°C, mostrado nas Figuras 1 e 2.

Tabela 3. Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção da farinha de CMS de tilápia com e sem pré-tratamento de salga para os modelos de BET e GAB.

MODELO	Parâmetros	Farinha de CMS			Farinha de CMS salgada		
		40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
BET	X_m	1,1907	1,5082	1,9804	0,7867	0,8529	0,9568
	C_{BET}	0,0864	0,0831	0,0842	0,5316	0,5412	0,5477
	n	0,2302	0,2204	0,2098	0,4709	0,4623	0,4516
	R^2	0,9996	0,9989	0,9969	0,9985	0,9979	0,9965
	ERM (%)	3,0305	2,1780	6,0703	59,3976	72,2322	97,5438
GAB	X_m	0,5797	1,1394	2,6455	0,0062	0,0060	0,0100
	C_{GAB}	0,1970	0,0968	0,0385	3,7677	3,6400	2,5257
	K_{GAB}	0,9860	1,0542	1,1191	1,0841	1,0916	1,1041
	R^2	0,9996	0,9992	0,9990	0,9999	0,9999	0,9999
	ERM (%)	2,9313	2,5989	4,1040	4,7841	4,9817	3,5937

X_m - unidade de monocamada; C , n e K - parâmetros de ajuste; R^2 - coeficiente de determinação; ERM - erro relativo médio

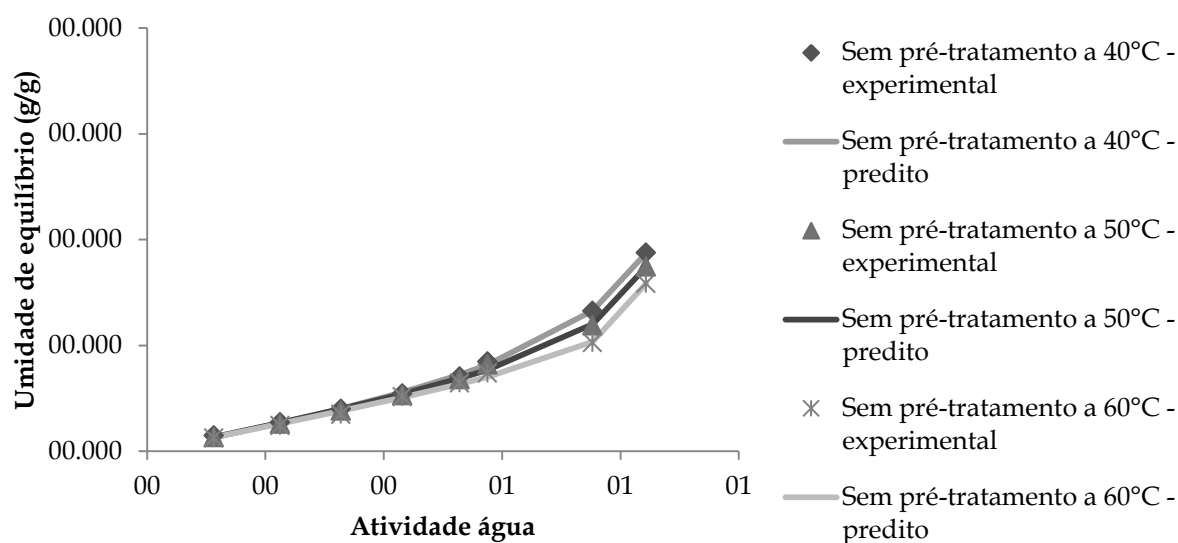


Figura 1. Isotermas de sorção segundo modelo de GAB para a farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento de salga obtidas nas temperaturas 40, 50 e 60°C

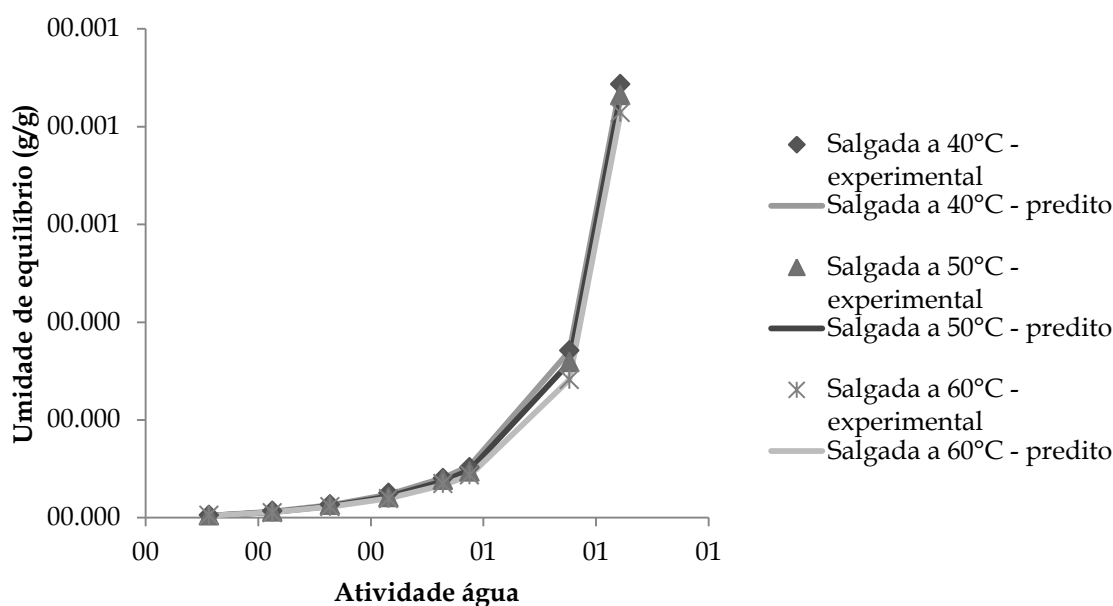


Figura 2. Isotermas de adsorção segundo modelo de GAB para a farinha de CMS de tilápia com pré-tratamento de salga obtidas nas temperaturas 40, 50 e 60°C

Os parâmetros de cor das farinhas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de salga (Tabela 4) mostraram luminosidade L^* (branco), coordenada a^* positivo (vermelho) e coordenada b^* positivo (amarelo). A farinha de CMS de tilápia salgada a 50°C apresentou melhor resultado

quando comparada as demais farinhas, no qual foi observado valor de a^* significativamente menor ($p < 0,05$), mostrando uma redução da cor vermelha e valor de L^* maior, indicando uma cor mais clara.

Tabela 4. Parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada a temperatura de 40°C, 50°C e 60°C

Farinha de CMS de tilápia	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
Sem pré-tratamento a 40°C	50,57±0,96 ^c	3,25±0,13 ^a	12,71±1,12 ^a	13,12±1,11 ^a	75,63±0,89 ^d
Sem pré-tratamento a 50°C	55,87±1,34 ^{a,b}	1,65±0,32 ^b	14,24±0,80 ^a	14,37±0,80 ^a	83,39±1,33 ^{b,c}
Sem pré-tratamento a 60°C	51,68±1,20 ^{b,c}	3,39±0,08 ^a	13,19±0,82 ^a	13,62±0,79 ^a	75,53±1,06 ^d
Salgada a 40°C	57,43±2,24 ^a	1,56±0,36 ^b	13,31±1,08 ^a	13,40±1,10 ^a	83,37±1,22 ^{b,c}
Salgada a 50°C	59,16±2,57 ^a	0,80±0,21 ^c	12,33±1,08 ^a	12,36±1,08 ^a	86,28±0,97 ^{a,b}
Salgada a 60°C	54,61±3,92 ^{a,b,c}	1,94±0,46 ^b	12,03±1,91 ^a	12,19±1,85 ^a	80,58±3,21 ^c

Dados representados por média \pm desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$); L^* = luminosidade; a^* = varia do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*); b^* = do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*); C^* = expressa a saturação ou intensidade de cor; h^* = ângulo de tom.

A qualidade microbiológica da CMS de tilápia utilizada na elaboração da farinha foi verificada tendo como parâmetro os limites exigidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001) para amostras indicativas de produtos derivados de pescados

refrigerados ou congelados. Ressalta-se a importância de que subprodutos de pescado destinados ao processamento devem ser obtidos de forma segura seguindo rigorosamente os critérios das Boas Práticas e Fabricação (BPF). Os

resultados (Tabela 5) demonstram que a CMS de tilápia apresentou padrões higiênico-sanitários adequados para ser utilizada como matéria-prima

na elaboração de produtos para o consumo humano.

Tabela 5. Análise microbiológica da CMS de tilápia

Microrganismos	CMS	Legislação
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	<1,0 x 10 ¹ estimado	<5x10 ²
<i>Salmonella</i> sp. (em 25g)	ausência	ausência
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	<3	<10 ²

A Tabela 6 apresenta a composição de aminoácidos da matéria prima (CMS) e das farinhas obtidas. O processamento de secagem com ou sem pré-tratamento de salga acarretou na redução de todos os aminoácidos avaliados ($p < 0,05$), exceto para a lisina, que se manteve na farinha obtida sem pré-tratamento de salga a

50°C. A farinha obtida deste tratamento apresentou, exceto para os aminoácidos arginina e histidina, valores significativamente mais elevados para os demais aminoácidos ($p < 0,05$) quando comparados às farinhas obtidas da secagem a 40 e 60°C e farinhas que receberam o pré-tratamento de salga.

Tabela 6. Composição de aminoácidos da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40°C, 50°C e 60°C

Aminoácido	Conteúdo* (g.100g ⁻¹)						
	CMS	Farinha sem pré-tratamento			Farinha salgada		
		40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
Ácido aspártico	11,26±0,27 ^a	0,58±0,05 ^c	2,20±0,30 ^b	0,73±0,06 ^c	0,90±0,12 ^c	0,72±0,02 ^c	0,75±0,03 ^c
Serina	4,90±0,07 ^a	0,59±0,05 ^c	1,32±0,06 ^b	0,49±0,06 ^c	0,65±0,04 ^c	0,55±0,00 ^c	0,61±0,09 ^c
Glutamina	17,47±0,34 ^a	1,00±0,09 ^c	3,58±0,44 ^b	1,20±0,08 ^c	1,55±0,18 ^c	1,25±0,04 ^c	1,29±0,02 ^c
Glicina	5,19±0,07 ^a	1,07±0,08 ^c	2,27±0,05 ^b	0,93±0,13 ^c	1,26±0,08 ^c	1,04±0,11 ^c	1,04±0,29 ^c
Arginina	9,00±0,10 ^a	1,03±0,11 ^{b,c}	1,32±0,09 ^b	0,81±0,12 ^c	1,14±0,07 ^{b,c}	0,90±0,02 ^{b,c}	1,02±0,18 ^{b,c}
Alanina	6,09±0,17 ^a	0,55±0,08 ^c	1,42±0,12 ^b	0,51±0,02 ^c	0,66±0,09 ^c	0,52±0,01 ^c	0,61±0,04 ^c
Prolina	4,34±0,10 ^a	0,54±0,05 ^c	1,46±0,06 ^b	0,52±0,04 ^c	0,66±0,09 ^c	0,53±0,05 ^c	0,56±0,08 ^c
Tirosina	4,92±0,10 ^a	0,77±0,06 ^c	1,72±0,05 ^b	0,51±0,14 ^c	0,81±0,05 ^c	0,64±0,01 ^c	0,84±0,21 ^c
Histidina**	3,28±0,10 ^a	0,39±0,06 ^c	0,69±0,02 ^b	0,31±0,08 ^c	0,44±0,01 ^{b,c}	0,37±0,00 ^c	0,43±0,08 ^c
Treonina**	5,46±0,10 ^a	0,87±0,11 ^c	1,68±0,00 ^b	0,62±0,11 ^c	0,93±0,08 ^c	0,73±0,00 ^c	0,90±0,20 ^c
Valina**	4,78±0,03 ^a	0,62±0,06 ^c	1,63±0,11 ^b	0,50±0,07 ^c	0,69±0,07 ^c	0,57±0,01 ^c	0,68±0,08 ^c
Lisina**	1,41±0,00 ^a	0,55±0,03 ^b	1,35±0,16 ^a	0,54±0,02 ^b	0,62±0,02 ^b	0,56±0,03 ^b	0,57±0,04 ^b
Isoleucina**	4,54±0,10 ^a	0,59±0,05 ^c	1,62±0,11 ^b	0,46±0,08 ^c	0,66±0,07 ^c	0,53±0,02 ^c	0,67±0,08 ^c
Leucina**	9,07±0,14 ^a	1,14±0,09 ^c	2,99±0,21 ^b	0,89±0,14 ^c	1,23±0,12 ^c	1,00±0,02 ^c	1,27±0,15 ^c
Fenilalanina**	4,97±0,10 ^a	0,90±0,05 ^c	2,15±0,05 ^b	0,63±0,17 ^c	0,94±0,02 ^c	0,76±0,02 ^c	0,96±0,23 ^c
Σ Aminoácidos	96,68±1,61 ^a	11,19±1,00 ^c	27,41±1,50 ^b	9,64±1,00 ^c	13,14±1,10 ^c	10,66±0,10 ^c	12,20±1,60 ^c
Σ Aminoácidos essenciais	33,50±0,58 ^a	5,05±0,04 ^c	12,11±0,60 ^b	3,93±0,70 ^c	5,51±0,40 ^c	4,51±0,10 ^c	5,48±0,80 ^c

Dados representados por média ± desvio padrão; *em base seca; **aminoácidos essenciais; Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Quanto à composição de ácidos graxos (Tabela 7), observou-se que há um predomínio dos ácidos graxos oléico (C18:1 cis 9), palmítico

(C16:0) e linoléico (C18:2 cis cis) na CMS e nas farinhas obtidas. A farinha sem pré-tratamento na temperatura de 60°C apresentou composição

semelhante à CMS para todos os ácidos graxos ($p < 0,05$). Nessa mesma temperatura, a farinha salgada apresentou valores significativamente menores para todos os ácidos graxos, exceto para o 24:0 ($p < 0,05$).

Os ácidos graxos totais (Tabela 7) foram representados em sua maior parte pelos ácidos

Tabela 7. Composição de ácidos graxos da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40°C, 50°C e 60°C

Ácido graxo	Conteúdo* (g.100g ⁻¹)						
	CMS	Farinha sem pré-tratamento			Farinha salgada		
		40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
C14:0	1,58±0,06 ^a	0,80±0,02 ^{b,c}	0,83±0,04 ^b	1,51±0,06 ^a	0,69±0,04 ^{c,d}	0,66±0,05 ^d	0,52±0,02 ^e
C14:1 cis	0,12±0,00 ^a	0,06±0,00 ^{b,c}	0,06±0,00 ^b	0,11±0,00 ^a	0,05±0,00 ^c	0,05±0,00 ^c	0,04±0,00 ^d
C15:0	0,09±0,00 ^a	0,06±0,00 ^{b,c}	0,06±0,00 ^b	0,09±0,00 ^a	0,05±0,00 ^c	0,05±0,00 ^c	0,03±0,00 ^d
C16:0	12,51±0,61 ^a	6,65±0,21 ^{b,c}	7,39±0,46 ^b	12,20±0,48 ^a	6,04±0,46 ^c	5,71±0,55 ^c	4,30±0,24 ^c
C16:1 trans	0,43±0,02 ^a	0,28±0,01 ^c	0,33±0,03 ^b	0,43±0,02 ^a	0,26±0,01 ^c	0,25±0,02 ^c	0,13±0,00 ^d
C16:1 cis	2,88±0,14 ^a	1,38±0,04 ^{b,c}	1,43±0,09 ^b	2,78±0,10 ^a	1,20±0,10 ^{b,c}	1,15±0,08 ^c	0,88±0,03 ^d
C17:0	0,13±0,01 ^a	0,08±0,00 ^{b,c}	0,09±0,01 ^b	0,14±0,01 ^a	0,07±0,01 ^{b,c}	0,07±0,01 ^c	0,05±0,01 ^d
C17:1	0,15±0,01 ^a	0,09±0,00 ^{b,c}	0,10±0,01 ^b	0,15±0,01 ^a	0,07±0,01 ^c	0,08±0,01 ^c	0,05±0,01 ^d
C18:0	3,28±0,19 ^a	1,96±0,08 ^{b,c}	2,34±0,13 ^b	3,17±0,12 ^a	1,92±0,17 ^{b,c}	1,79±0,21 ^c	1,19±0,09 ^d
C18:1 trans	0,37±0,02 ^a	0,26±0,01 ^b	0,34±0,02 ^a	0,37±0,02 ^a	0,27±0,02 ^b	0,26±0,03 ^b	0,15±0,02 ^c
C18:1 cis 9	18,65±1,54 ^a	9,75±0,36 ^{b,c}	11,20±0,65 ^b	17,45±0,59 ^a	9,27±0,85 ^{b,c}	8,72±0,83 ^c	6,00±0,34 ^d
C18:1 pos.	1,58±0,11 ^a	0,86±0,04 ^{b,c}	0,97±0,05 ^b	1,54±0,05 ^a	0,80±0,08 ^{b,c}	0,75±0,07 ^c	0,54±0,03 ^d
C18:2 trans	0,27±0,03 ^a	0,14±0,01 ^b	0,16±0,02 ^b	0,24±0,01 ^a	0,13±0,01 ^b	0,12±0,02 ^b	0,07±0,00 ^c
C18:2 cis cis	7,03±0,39 ^a	3,66±0,14 ^{b,c}	4,05±0,24 ^b	6,59±0,23 ^a	3,27±0,30 ^c	3,04±0,25 ^c	2,28±0,12 ^d
C20:0	0,14±0,01 ^a	0,07±0,00 ^{b,c}	0,08±0,00 ^b	0,14±0,01 ^a	0,07±0,01 ^{b,c}	0,06±0,01 ^c	0,05±0,00 ^d
C18:3 ω6	0,45±0,02 ^a	0,23±0,01 ^{b,c}	0,25±0,01 ^b	0,42±0,02 ^a	0,20±0,02 ^c	0,19±0,01 ^c	0,14±0,01 ^d
C18:3 ω3	0,41±0,02 ^a	0,23±0,01 ^{b,c}	0,25±0,01 ^b	0,40±0,01 ^a	0,20±0,02 ^c	0,19±0,01 ^c	0,13±0,01 ^d
C20:1	1,08±0,07 ^a	0,69±0,03 ^d	0,87±0,05 ^{b,c}	1,02±0,04 ^{a,b}	0,71±0,07 ^{c,d}	0,66±0,08 ^d	0,36±0,03 ^e
C20:4	0,61±0,04 ^a	0,40±0,02 ^{b,c}	0,45±0,01 ^b	0,56±0,02 ^a	0,34±0,04 ^{c,d}	0,30±0,02 ^{d,e}	0,25±0,01 ^e
C24:0	0,06±0,01 ^a	0,06±0,00 ^a	0,08±0,02 ^a	0,07±0,02 ^a	0,05±0,00 ^a	0,05±0,01 ^a	0,06±0,03 ^a
C24:1	0,45±0,03 ^a	0,31±0,02 ^b	0,38±0,02 ^a	0,41±0,02 ^a	0,29±0,03 ^b	0,26±0,03 ^b	0,19±0,02 ^c
C22:5 ω3	0,11±0,01 ^a	0,08±0,00 ^{b,c}	0,09±0,00 ^b	0,11±0,00 ^a	0,07±0,01 ^{c,d}	0,07±0,01 ^d	0,05±0,00 ^e
C22:6 ω3	0,20±0,01 ^a	0,18±0,01 ^{a,b}	0,20±0,00 ^a	0,19±0,01 ^a	0,16±0,02 ^{b,c}	0,13±0,01 ^c	0,10±0,01 ^d
Σ AGS	17,85±0,88 ^a	9,74±0,32 ^{b,c}	10,92±0,67 ^b	17,40±0,68 ^a	8,92±0,66 ^c	8,41±0,85 ^c	6,20±0,35 ^d
Σ AGM	24,56±1,38 ^a	13,15±0,47 ^{b,c}	15,01±0,87 ^b	23,52±0,80 ^a	12,40±1,12 ^{b,c}	11,67±1,09 ^c	8,06±0,45 ^d
Σ AGP	8,09±0,45 ^a	4,29±0,17 ^{b,c}	4,75±0,26 ^b	7,57±0,27 ^a	3,82±0,36 ^c	3,53±0,27 ^c	2,67±0,14 ^d
Σ AG ω3	0,72±0,04 ^a	0,49±0,02 ^{b,c}	0,56±0,02 ^b	0,70±0,02 ^a	0,44±0,05 ^{c,d}	0,39±0,03 ^d	0,28±0,02 ^e
EPA+DHA	0,31±0,02 ^a	0,26±0,02 ^{b,c}	0,30±0,01 ^b	0,31±0,01 ^a	0,23±0,03 ^{b,c}	0,20±0,01 ^c	0,15±0,01 ^d

Dados representados por média ± desvio padrão; *em base seca; Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)

As farinhas obtidas com pré-tratamento de salga apresentaram, como esperado devido à adição de cloreto de sódio, valores

graxos monoinsaturados, tanto na matéria prima (CMS) quanto para as farinhas de CMS. As farinhas sem pré-tratamento apresentaram maiores valores da soma dos ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA - C22:5 ω3) e docosahexaenóico (DHA - C22:6 ω3), quando comparado às farinhas salgadas.

significativamente maiores de sódio e magnésio ($p < 0,05$) em sua composição mineral (Tabela 8). Nas temperaturas de 40 e 50°C, as farinhas sem

pré-tratamento apresentaram valores significativamente maiores de potássio e fósforo e as farinhas salgadas de cálcio e ferro ($p < 0,05$). O

conteúdo maior de ferro nas farinhas sem pré-tratamento foi observado na temperatura de 60°C.

Tabela 8. Composição mineral da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40°C, 50°C e 60°C

Mineral	Conteúdo* (mg.100g ⁻¹)					
	Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Ferro	Fósforo
CMS	281,30±0,93 ^{c,d}	1099,59±4,54 ^a	73,71±1,77 ^b	159,17±17,35 ^{b,c}	5,93±0,24 ^c	626,57±39,05 ^a
Farinha sem pré-tratamento						
40°C	247,66±5,69 ^d	963,27±17,74 ^b	80,96±0,38 ^b	76,06±2,47 ^d	2,59±0,01 ^d	650,16±7,62 ^a
50°C	210,46±3,16 ^d	972,92±19,31 ^b	84,40±0,13 ^b	107,33±2,55 ^{c,d}	4,74±0,14 ^c	697,96±6,78 ^a
60°C	1285,86±66,74 ^c	694,83±25,45 ^{c,d}	55,97±0,69 ^c	180,82±32,23 ^b	12,21±0,94 ^b	536,84±28,46 ^b
Farinha salgada						
40°C	11023,89±582,29 ^b	732,64±25,43 ^{c,d}	126,90±3,69 ^a	239,77±3,41 ^a	13,25±0,60 ^b	346,24±7,92 ^c
50°C	11012,81±93,14 ^b	657,81±27,14 ^d	120,87±7,98 ^a	272,31±12,25 ^a	28,16±0,29 ^a	348,58±3,47 ^c
60°C	12258,46±330,68 ^a	773,64±21,33 ^c	119,50±5,93 ^a	175,54±0,62 ^b	1,73±0,15 ^d	366,87±4,58 ^c

Dados representados por média ± desvio padrão; *em base seca; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Analisou-se a qualidade nutricional dessas farinhas considerando o atendimento às necessidades determinadas de acordo com a ingestão dietética de referência (IDR) e das características e estágios de vida, utilizando os valores da quota dietética recomendada (RDA) e

da ingestão adequada (AI). A farinha sem pré-tratamento a 50°C apresentou maiores percentuais da IDR para o magnésio, fósforo e potássio (Figura 3). Já a farinha a 60°C apresentou maiores percentuais para ferro, cálcio e sódio (Figura 4).

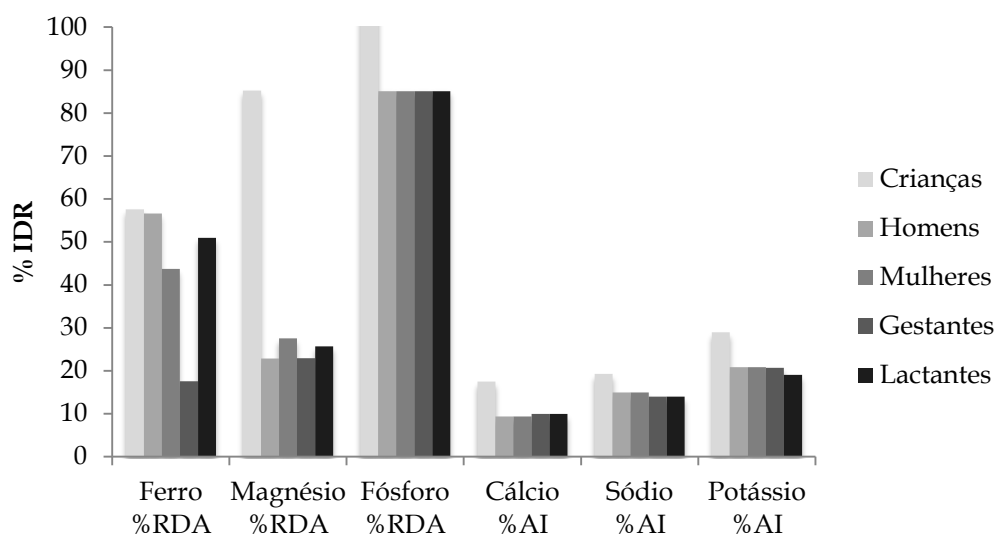


Figura 3. Percentual da IDR de minerais das farinhas sem pré-tratamento de salga à 50°C

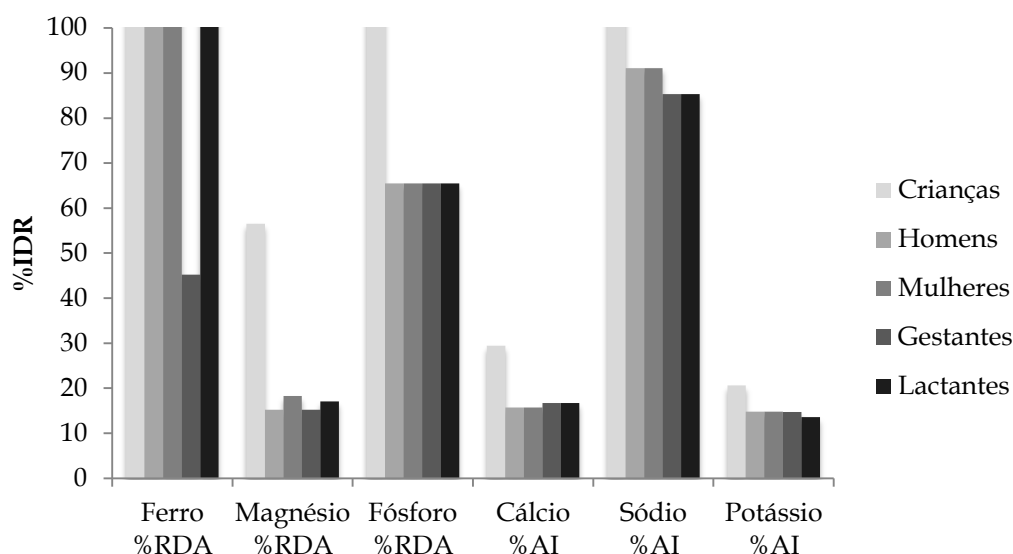


Figura 4. Percentual da IDR de minerais das farinhas sem pré-tratamento de salga à 60°C

De acordo com a RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012 (ANVISA, 2012), para os alimentos serem considerados fontes de minerais devem possuir um mínimo de 15% da ingestão dietética de referência (IDR) por 100g e para serem considerados com alto conteúdo de minerais devem apresentar um mínimo de 30% da IDR por 100g. A farinha sem pré-tratamento de salga a 50°C (Figura 3) foi considerada fonte de cálcio para crianças, fonte de magnésio e potássio e com alto conteúdo de ferro (exceto para gestantes) e fósforo. Já a farinha sem pré-tratamento a 60°C (Figura 4) foi considerada fonte de potássio (exceto para lactantes), magnésio e cálcio, e com alto conteúdo de ferro e fósforo.

DISCUSSÃO

Resultado semelhante para o coeficiente convectivo de transferência de calor (h) foi observado por DAS e TIWARI (2008), que avaliaram a secagem convectiva de camarões e o h variou de 1,5 a 21 W/m²°C. Os valores de h e número de Nusselt (Nu) das farinhas diminuíram conforme o aumento da temperatura de secagem (Tabela 1). De acordo os autores DAS e TIWARI (2008), este coeficiente h diminui com a redução do conteúdo de umidade. Observou-se também no presente estudo, que a farinha salgada apresentou menor h e Nu que a farinha sem pré-tratamento, como esperado, uma vez que o sal adsorve parte da água presente na CMS. O Nu é um parâmetro adimensional importante na

secagem por convecção, por proporcionar a redução do número de variáveis, as quais não possuem dimensão física (números adimensionais), tornando possível organizar e expressar mais eficazmente os resultados.

Os produtos possuem a propriedade de realizar trocas de água na forma de vapor, com o ambiente que os envolve, por meio do ganho ou da perda de água, fenômenos conhecidos, respectivamente, por adsorção e dessorção (COSTA et al., 2013). As principais aplicações das isotermas em alimentos estão relacionadas à estimativa da vida de prateleira, definição da embalagem e das melhores condições de armazenamento do produto quando exposto a determinadas condições ambientais. Pode-se ainda prever as características finais de um produto, quando o mesmo é constituído por ingredientes com diferentes valores de atividade de água (ASSUNÇÃO e PENA, 2007).

O conteúdo de umidade de equilíbrio (X_e) das farinhas aumentou com a elevação da atividade de água (a_w) (Tabela 2). Este comportamento era esperado, pois a pressão de vapor de água presente no produto acompanha o aumento da pressão de vapor do meio que os envolve (NELLIST e HUGUES, 1973).

De maneira oposta, o X_e das farinhas decresceu com o aumento da temperatura de secagem (Tabela 2). Este comportamento pode ser explicado pela existência de energia cinética,

associada às moléculas de água no alimento, aumenta com a elevação da temperatura. Isto resulta numa diminuição das forças de atração e, conseqüentemente, ocorre liberação de moléculas de água, reduzindo, então, o teor de água do produto (MOLINA-FILHO et al., 2006).

As farinhas salgadas apresentaram valores de X_e muito elevados em alta a_w (0,75-0,84) (Tabela 2). O fenômeno de forte aumento no conteúdo de umidade em alta a_w pode ser explicado pela dissolução gradual do sal, o que resulta na lixiviação completa do sal em solução, alteração da estrutura cristalina do sal para o estado amorfo e um aumento no número de locais de ligação de água (MASKAN e GOGUS, 1997); isto é, amostras atuando como uma solução de sal saturada (SOBUKOLA et al., 2012). Resultados semelhantes foram observados por SOBUKOLA et al. (2012), no qual encontraram valores mínimos em baixa e intermediária a_w (0,33-0,65), mas que aumentaram rapidamente a alta a_w (0,75-0,85) nas isotermas de sorção de peixe salgado e seco. MARTINS et al. (2015) também observaram que a utilização de sal em diferentes concentrações na secagem do pirarucu acarretou uma maior adsorção de umidade a partir da a_w 0,6.

O conteúdo de umidade na monocamada (X_m) proporciona, em determinada temperatura, maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do alimento. Abaixo deste valor, as taxas de reações de deterioração, exceto oxidação de gorduras insaturadas, são mínimas (GOULA et al., 2008). Observou-se que a elevação da temperatura de 40 a 60 °C resultou em um incremento dos valores de X_m nos modelos de GAB e BET (Tabela 3). Tal comportamento não é comum a todos os alimentos e pode ser explicado visto que, de acordo com FERREIRA e PENA (2003), o aumento na temperatura pode provocar modificações na estrutura física do produto, disponibilizando maior quantidade de sítios ativos com afinidade por moléculas de água ou aumentar a solubilidade de solutos presentes no produto, restando mais moléculas de água na monocamada.

Cinco tipos de curvas de isotermas de sorção foram descritas por BRUNAUER et al. (1938). As isotermas das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento apresentaram formato tipo II (Figura 1) e as farinhas salgadas, o tipo III (Figura 2).

Resultado semelhante foi observado por MARTINS et al. (2015), que avaliaram filés de pirarucu em secagem a 50°C e observaram que o produto *in natura* apresentou isoterma do tipo II. A adição de sal alterou o comportamento para o tipo III. Segundo os autores, as isotermas do tipo II são típicas de produtos ricos em proteína, enquanto que os produtos compostos principalmente por sólidos solúveis apresentam frequentemente isotermas de tipo III.

Os aminoácidos são essenciais para a estrutura das células, no funcionamento de anticorpos, na regulação das enzimas e hormônios, e no crescimento e reparação de tecidos do corpo (MURUETA et al., 2007). O conteúdo de aminoácidos foi significativamente menor nas farinhas de CMS de tilápia, quando comparado a CMS de tilápia, exceto para a valina e lisina (Tabela 6). Assim como no presente estudo, MARDIAH et al. (2012) verificaram que o tratamento de secagem em estufa a 60°C diminuiu significativamente o conteúdo dos aminoácidos arginina, histidina, glicina e tirosina do peixe seco quando comparado com a amostra fresca. DENG et al. (2015) também observaram que a secagem por ar de lulas diminuiu significativamente os aminoácidos histidina, arginina, glicina e prolina.

Em relação aos ácidos graxos ω 3, observou-se uma redução média de 36,57% e 48,61% nas farinhas salgadas, quando comparada às farinhas sem pré-tratamento e à CMS de tilápia, respectivamente (Tabela 7). Reduções menores foram observados por OLIVEIRA et al. (2008), que avaliaram o peixe mandim (*Arius spixii*) comercializado em Maceió no Estado de Alagoas nas formas *in natura* e submetido ao processamento de salga seca e secagem. Os teores de ácidos graxos omega 3 observados foram de 8,51% e 6,51%, respectivamente, o que representou uma redução de 23,50%. Segundos estes autores, na secagem do pescado salgado, podem ocorrer dois tipos de reações relevantes, que implicam em perdas do valor nutricional: destruição parcial dos nutrientes pela exposição à alta temperatura e interação de compostos produzidos durante o processamento.

A recomendação de consumo sugerida de EPA e DHA para a diminuição dos riscos de doenças da artéria coronária é de 250 mg de EPA

+ DHA por dia (EFSA, 2010). As farinhas sem pré-tratamento de salga apresentaram nas temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C, em 100g, teores acima da recomendação diária (Tabela 7).

De acordo com a ANVISA (2012), para um alimento ser considerado fonte de ácidos graxos ω 3 deve possuir um mínimo de 40 mg da soma de EPA e DHA por 100g e pode ser considerado de alto conteúdo se apresentar um mínimo de 80 mg da soma de EPA e DHA por 100g. Na Tabela 7, os valores de EPA + DHA encontrados para as farinhas variaram de 150 a 300 mg.100g⁻¹, que poderiam, então, ser consideradas como um alimento com alto conteúdo de ácidos graxos ômega 3.

Os ácidos graxos ω 3 não são sintetizados pelo organismo humano e devem ser obtidos por meio da dieta. Eles integram a composição das membranas celulares e afetam a função dos receptores celulares nessas membranas, além de indicar o ponto inicial para a produção de hormônios que regulam a coagulação sanguínea e a contração e relaxamento das paredes arteriais. Eles também se ligam em receptores celulares que regulam funções genéticas. Dentre os possíveis benefícios de sua ingestão estão a redução do risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC), de depressão, de Mal de Alzheimer e de doença cardíaca (SARTORI e AMANCIO, 2012).

A ingestão excessiva de sal (cloreto de sódio) em parte pelo aumento da ingestão de alimentos industrializados tem causado efeitos negativos à saúde dos consumidores (ALBARRACIN et al., 2011), pois está relacionada com o surgimento de doenças como a hipertensão (ZHAO et al., 2011). As farinhas submetidas ao processo de salga apresentaram uma quantidade significativa de sódio (11 a 12 g.100g⁻¹) e devem, então, serem consumidas com moderação, em pequenas porções, ou serem dessalgadas antes do consumo (Tabela 8). O limite máximo de sódio recomendado pela Organização Mundial da Saúde é de 2 g/dia para adultos e crianças (WHO, 2012).

O consumo adequado de minerais é importante para a manutenção das diversas funções metabólicas do organismo (VELASQUEZ-MELENDZ et al., 1997) e as farinhas de CMS de

tilápia sem pré-tratamento de salga a 50°C e 60°C mostraram ser alimento interessante com relação aos minerais cálcio, magnésio, potássio, ferro e fósforo (Figura 3 e 4), quando observado o atendimento às necessidades determinadas pela ingestão dietética de referência (IDR), os valores da quota dietética recomendada (RDA) e da ingestão adequada (AI).

CONCLUSÕES

Foi possível estabelecer um processo de elaboração de farinha de tilápia (*Oreochromis niloticus*) a partir dos resíduos do processamento deste pescado (CMS). As melhores condições para processamento foram definidas utilizando temperaturas de secagem de 50 e 60°C sem necessidade da salga como pré-tratamento.

O modelo de GAB foi o que melhor descreveu as isotermas de sorção das farinhas e desta forma pode ser indicado para a predição do conteúdo de umidade de equilíbrio e desta forma auxiliar na definição de embalagem e condições de armazenamento.

As farinhas de CMS de tilápia apresentaram alto conteúdo de ácidos graxos ômega 3 e dos minerais magnésio, potássio, fósforo, ferro e cálcio. Em adição, a farinha obtida sem pré-tratamento de salga a 50°C apresentou valores significativamente mais elevados para a maioria dos aminoácidos quando comparados às farinhas obtidas dos demais tratamentos.

Os resultados sugerem que as farinhas obtidas nestas condições podem ser destinadas ao consumo humano, mostrando ser uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos do processo de filetagem da tilápia. Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização da farinha de CMS de tilápia na elaboração de produtos alimentícios para o consumo humano, avaliando-os sensorialmente.

REFERÊNCIAS

- ALBARRACÍN, W.; SÁNCHEZ, I.C.; GRAU, R.; BARAT, J.M. 2011 Salt in food processing; usage and reduction: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 1329-1336.

- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada. 2012 RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. *Diário Oficial da União*, Brasília, 13 de novembro de 2012, nº. 219, Seção 1, p. 122.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000 *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2005 *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2001 *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4th ed. Washington: American Public Health Association. 676p.
- ASSUNÇÃO, A.B. e PENA, R.S. 2007 Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarão-rosa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(4): 786-793.
- BALABAN, M. e PIGOTT, G. M. 1988 Mathematical model of simultaneous heat and mass transfer in food with dimensional changes and variable transport parameters. *Journal of Food Science*, 53 (3): 935-939.
- BARAT, J.M.; RODRIGUEZ-BARONA, S.; ANDRES, A.; FITO, P. 2003 Cod salting manufacturing analysis. *Food Research International*, 36: 447-453.
- BRASIL. 2001 Ministério da Saúde. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, 10 de janeiro de 2001, Brasília, DF.
- BRASIL. 2013 Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. *Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011*. Brasília: MPA. 60p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.
- BRUNAUER, S.; EMMETT, T.H; TELLER, F. 1938 Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal American Chemical Society*, 60(2): 309-319, 1938.
- CIE - Commission International de l'Eclairage. 1978 *Recommendations on uniform color spaces, Color difference equations, Psychometric color terms*. Suplemento n.2 da publicação CIE n.15 (E-1.3.1) ed. Paris: Bureau Central de la CIE.
- COSTA, L.M.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D.E.C. 2013 Isotermas de dessorção e calor isostérico dos frutos de crambe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4): 412-418.
- DAS, T. e TIWARI, G.N. 2008 Heat and mass transfer of greenhouse fish drying under forced convection mode. *International Journal of Agricultural Research*, 3(1): 69-76.
- DENG, Y.; LUO, Y.; WANG, Y.; ZHAO, Y. 2015 Effect of different drying methods on the myosin structure, amino acid composition, protein digestibility and volatile profile of squid fillets. *Food Chemistry*, 171: 168-176.
- DITCHFIELD, C. 2000 *Estudo dos métodos para a medida da atividade água*. São Paulo. 195f. (Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-06112001-090117/pt-br.php>> Acesso em: 14 set. 2015.
- DRAGNES, B.T.; STORMO, S.K.; LARSEN, R.; ERNSTSEN, H.H.; ELVEVOLL, E.O. 2009. Utilisation of fish industry residuals: Screening the taurine concentration and angiotensin converting enzyme inhibition potential in cod and salmon. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 714-717.
- EFSA - EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. 2010 EPA/DHA/DPA related health claims. *EFSA Journal*, 8(10): 1-32.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS e WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1994 *Draft revised Standard for quick frozen blocks of fish fillets, minced fish flesh and mixtures of fillets and minced fish flesh (Appendix IV)*. Codex Alimentarius Commission, Report of the 21st Session the Codex Committee on Fish and Fishery Products. Roma, p.47-57.

- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2014 *The state of world fisheries and aquaculture 2014*. Roma, Itália, FAO Fisheries and Aquaculture Department,, 223p. Disponível em: <www.fao.org/3/a-i3720e.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.
- FERREIRA, C.D. e PENA, R.S. 2003 Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23: 251-255.
- FREITAS, D.G.C.; RESENDE, A.L.S.S.; FURTADO, A.A.L.; TASHIMA, L.; BECHARA, H.M. 2012. The sensory acceptability of a tilapia (*Oreochromis niloticus*) mechanically separated meat-based spread. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15: 166-173.
- GOULA, A.M.; KARAPANTSIOS, T.D.; ACHILIAS, D.S.; ADAMOPOULOS, K.G. 2008 Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *Journal of Food Engineering*, 85: 73-83.
- GREENSPAN, L. 1977 Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of Standards A. Physics and Chemistry*, 81(1): 89-86.
- HARTMANN, L. e LAGO, R.C.A. 1973 Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practices*, 22(8): 175-176.
- IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. 1997 *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride*. Washington (DC): National Academy Press. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.
- IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. 2001 *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington (DC): National Academy Press. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.
- IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. 2005 *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. Washington (DC): National Academy Press. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.
- IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. 2011 *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. Washington (DC): National Academy Press. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.
- LIU, H.J.; CHANG, B.Y.; YAN, H.W.; YU, F.H.; LIU, X.X. 1995 Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimideyl carbamate and reversed phase liquid chromatographic separation. *Journal of AOAC International*, 78(3): 736-744.
- MARDIAH, A.; HUDA, N.; AHMAD, R. 2012 Protein quality of stingray (*Himantura gerrardi*) fish flakes. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 7(6): 485-493.
- MARENGONI, N.G.; POZZA, M.S.S.; BRAGA, G.C.; LAZZERI, D.B.; CASTILHA, L.D.; BUENO, G.W.; PASQUETTI, T.J.; POLESE, C. 2009 Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de *fishburgers* de carne de tilápia mecanicamente separada. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(1): 168-176.
- MARTINS, M.G.; MARTINS, D.E.G.; PENA, R.S. 2015 Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima gigas*) fillet with different salt contents. *LWT - Food Science and Technology*, 62: 144-151.
- MASKAN, M. e GOGUS, F. 1997 The fitting of various models to water sorption isotherms of pistachio nut paste. *Journal of Food Engineering*, 33: 227- 237.
- MOLINA-FILHO, L.; PEDRO, M.A.M.; TELIS-ROMERO, J.; BARBOZA, S.H. 2006 Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isoterms de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(2): 453-458.

- MOURA, R. S. F.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SOUSA, A. G.; SILVA, M. M.; OLIVEIRA, A. M. V. 2004 Modelagem matemática para isotermas em polpa de caju. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 4(2): 32-40.
- MURUETA, J.H.C.; TORO, M.A.N.; CARRENÕ, F.G. 2007 Concentrates of fish protein from bycatch species produced by various drying processes. *Food Chemistry*, 100: 705-711.
- NELLIST, M.E. e HUGUES, M. 1973 Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Science and Technology*, 1(3): 613-643.
- OLIVEIRA, I.S.; LOURENÇO, L.F.H.; SOUSA, C.L.; JOELE, M.R.S.P.; RIBEIRO, S.C.A. 2015 Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour. *Food Control*, 50: 38-44.
- OLIVEIRA, N.M.S.; OLIVEIRA, W.R.M.; NASCIMENTO, L.C.S.; VICENTE, J.M.S.F.; FIORINI, E.; EVANGELISTA, J.; BRESSAN, M.C. 2008 Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à sanitização. *Food Science and Technology*, 28(1): 83-89.
- OLIVEIRA, M.C.; CRUZ, G.R.B.; ALMEIDA, N.M. 2012 Características Microbiológicas, Físico-Químicas e Sensoriais de "Almôndegas" à Base de Polpa de Tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, 14(1): 37-44.
- PARK, K.J.; BIN, A. e BROD, F.P.R. 2001 Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus sp.*) Com e sem desidratação osmótica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(1): 73-77.
- PARKERT, E.D.T. e FINZER, J.R.D. 2009 Determinação dos coeficientes convectivos de transferência de calor no processamento de folhas de nim durante a inativação enzimática e secagem. *FAZU em Revista*, 6: 53-82.
- PIRES, D.R.; MORAIS, A.C.N.; COSTA, J.F.; GÓES, L.C.D.S.A. 2014 Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(5): 34 - 46.
- REIS, F.R.; MASSON, M.L.; WASZCZYNSKYJ, N. 2006 Efeitos da secagem convectiva e a vácuo sobre parâmetros de qualidade de fatias de berinjela. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 8(2): 163-169.
- REZENDE, D.R. e FINZER, J.R.D. 2008 Adimensionais na secagem de frutos de café em secador de bandejas vibradas. *FAZU em Revista*, 5: 73-78.
- RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K.J.; HUBINGER, M.D.; RIBEIRO, C.F.A.; ARAUJO, E.A.F.; TOBINAGA, S. 2010 Análise sensorial de músculo de mapará com e sem tratamento osmótico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(1): 24-32.
- ROCHA, J.B.S.; SILVEIRA, C.S.; LEDO, C.A.S.; BARRETO, N.S.E. 2011 Composição e estabilidade de farinha de tilápia (*Oreochromis niloticus*) produzida artesanalmente para o consumo humano. *Magistra*, 23(4): 215-220.
- SARTORI, A.G.O. e AMANCIO, R.D. 2012 Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 19(2): 83-93.
- SIMÕES, M.R.; RIBEIRO, C.F.A.; RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K.J.; MURR, F.E.X. 2007 Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(3): 608-613.
- SOBUKOLA, O.; POPOOLA, I.; MUNOZ, L. 2012 Experimental and Mathematical Description of Sorption Isotherms and Thermodynamic Properties of Salted and Dried African Catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Food Engineering*, 8(2): 1-23.
- VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, G.; SALAS MARTINS, I.; CERVATO, A.M.; FORNÉS, N.S.; MARUCCI, M.F.N. 1997 Consumo alimentar de vitaminas e minerais em adultos residentes em área metropolitana de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 31(2): 157-162.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2012 *Guideline: Sodium intake for adults and children*. Geneva: World Health Organization. 46p. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf> Acesso em: 13 set. 2015.

ZHAO, D.; QI, Y.; ZHENG, Z.; WANG, Y.; ZHANG, X.Y.; LI, H.J.; LIU, H.; ZHANG, X.; DU, J.; LIU, J. 2011 Dietary factors associated with hypertension. *Nature Reviews Cardiology*, 8(8): 456-65.