

UFRRJ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

**Aproveitamento de carne mecanicamente separada (CMS)
de tilápia (*Oreochromis niloticus*) na elaboração de farinha
com elevado valor nutricional**

Jéssica Ferreira da Costa

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**APROVEITAMENTO DE CARNE MECANICAMENTE SEPARADA
(CMS) DE TILÁPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) NA ELABORAÇÃO
DE FARINHA COM ELEVADO VALOR NUTRICIONAL**

JÉSSICA FERREIRA DA COSTA

Sob a orientação da Professora
Daniela De Grandi Castro Freitas

E Co-orientação da Professora
Regina Isabel Nogueira

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ
Julho de 2015

641.392

C837a

T

Costa, Jéssica Ferreira da, 1987-

Aproveitamento de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia (*Oreochromis niloticus*) na elaboração de farinha com elevado valor nutricional / Jéssica Ferreira da Costa - 2015.

58 f.: il.

Orientador: Daniela De Grandi Castro Freitas.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 46-58.

1. Tilápia (Peixe) - Teses. 2. Tilápia (Peixe) - Processamento - Teses. 3. Secagem - Teses. 4. Farinha de peixe - Teses. 5. Tecnologia de alimentos - Teses. I. Freitas, Daniela De Grandi Castro, 1974-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

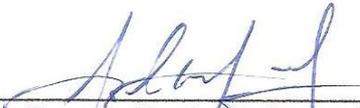
JÉSSICA FERREIRA DA COSTA

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

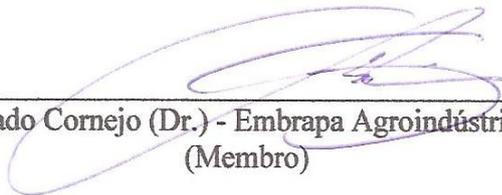
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/07/2015



Daniela De Grandi Castro Freitas (Dra.) – Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientadora)



Ângela Aparecida Lemos Furtado (Dra.) - Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro)



Felix Emilio Prado Cornejo (Dr.) - Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Membro)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Supremo Criador pelo dom da vida e por todas as bênçãos a mim concedidas, por todas as oportunidades que tive na vida e especialmente pela realização de mais este sonho.

Aos meus pais, Luiz e Elizabeth, pelo amor e por mais uma vez me apoiarem de forma incondicional, permitindo que este sonho se tornasse realidade, e também à minha irmã Larissa.

À minha família que sempre acreditou no meu potencial e me apoiou em todos os momentos que necessitei. Avô, avó, tias, tio, primas, amo todos vocês!

As minhas orientadoras, Dra. Daniela De Grandi Castro Freitas e Dra. Regina Isabel Nogueira, pelo apoio, orientação e credibilidade para a realização deste trabalho.

À Embrapa Agroindústria de Alimentos pela infra-estrutura e a todos seus funcionários e amigos que colaboraram ativamente para realização desta conquista, em especial aos funcionários das Plantas I e II e do Laboratório de Análise sensorial da Embrapa pela imensa ajuda e à todos os estagiários pela amizade e companheirismo.

À Dra. Suely Pereira Freitas, professora da UFRJ pela valiosa ajuda nos momentos em que precisei de seus ensinamentos.

Aos meus amigos de mestrado pela amizade e convivência durante esses dois anos de muito estudo e em especial a Joana, Lívia e Natália por tudo que fizeram por mim, nunca vou esquecer!

Ao CNPQ pela oportunidade oferecida.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade da realização do mestrado, aos funcionários e professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

A todos que de alguma maneira contribuíram para cumprimento de mais uma importante etapa da minha vida.

RESUMO

COSTA, Jéssica Ferreira da. **Aproveitamento de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia (*Oreochromis niloticus*) na elaboração de farinha com elevado valor nutricional**. 2015. 58p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

A tilápia é um dos principais peixes criados no Brasil. Durante seu processamento, há a geração de grande quantidade de resíduos, que submetido ao processo de separação mecânica da parte comestível, gera partículas de músculo isenta de ossos, vísceras, escamas e pele, conhecida como carne mecanicamente separada (CMS). É um material altamente perecível, por já possuir uma microflora potencialmente deterioradora, porém apresenta um excelente valor nutricional, contendo aminoácidos essenciais, ácidos graxos e minerais. A secagem consiste na eliminação da água do material através da evaporação, facilitando o armazenamento e transporte pela redução de volume e peso deste material, permitindo agregar valor e desenvolver outras aplicações a este resíduo industrial de baixo custo. Este trabalho teve como objetivo desenvolver o processo para a elaboração de farinha a partir da carne mecanicamente separada de tilápia. A secagem da CMS salgada e sem tratamento da salga foi realizada por meio de um secador de cabine, às temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C e com velocidade do ar de 0,5 m.s⁻¹. Análises da composição de minerais, de aminoácidos, de gordura saturada e insaturada e microbiológicas foram realizadas de acordo com metodologias oficiais. Isotermas de sorção foram construídas utilizando-se o método gravimétrico estático para determinar as umidades de equilíbrio das farinhas. As melhores condições para processamento da farinha de CMS de tilápia foram definidas utilizando temperaturas de 50°C e 60°C e sem o pré-tratamento da salga, devido aos melhores resultados obtidos na composição de aminoácidos e de ácidos graxos EPA e DHA. Apresentaram maiores taxas de secagem. O modelo de GAB descreveu melhor as isotermas. Essas farinhas apresentaram os maiores valores totais de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. Os valores de EPA+DHA variaram de 300 a 310 mg.100g⁻¹ e foram consideradas com alto conteúdo de ácidos graxos ômega 3. As farinhas apresentaram alto conteúdo de ferro e fósforo e fonte de potássio e magnésio. A produção da farinha obtida da CMS de tilápia mostrou ser uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos desses peixes, resultando em produtos nutritivos que poderiam ser destinados ao consumo humano. 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.

Palavras-chave: secagem, subproduto, *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT

COSTA, Jéssica Ferreira da. **Utilization of mechanically separated meat (MSM) of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in preparation of flour with high nutritional value.** 2015. 58p. Dissertation (Master in Food Science and Technology). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

Tilapia is one of the main fish farmed in Brazil. During the processing, the generation of large quantities of waste, which submitted to mechanical separation process of the edible part, generates muscle particles free from bones, entrails, scales and skin, known as mechanically separated meat. Is a highly perishable material, already has a potentially spoilage microorganisms, but presents an excellent nutritional value, containing essential amino acids, fatty acids and minerals. Drying is the removal of water from the material through evaporation, facilitating the storage and transport by the reduction in volume and weight of this material, allowing you to add value and develop other applications to this industrial waste. This work aimed to develop the process for preparation of flour from the mechanically separated meat of tilapia. Drying of salt and without salting treatment MSM was performed by using a hair dryer at cabin temperatures of 40 °C, 50 °C and 60 °C and with air speed of 0,5 m.s⁻¹. Analyses of the centesimal minerals, amino acids, saturated and unsaturated fatty and microbiological characteristics were performed according to official methodologies. Sorption isotherms were built using the gravimetric method static to determine the equilibrium moisture of the flour. The best conditions for processing the tilapia MSM flour were defined using temperatures of 50 °C and 60 °C without pre-treatment of salting, due to better results in amino acid composition and fatty acids EPA and DHA. Higher proportions drying rates. The GAB model best described the isotherms. These flours showed the highest total amounts of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. The EPA + DHA values ranged 300 to 310 mg.100g⁻¹ and were considered with a high content of omega 3 fatty acids. Flours presented high content of iron and phosphorus source of potassium and magnesium. Production of flour obtained from tilapia MSM proved to be a viable alternative for waste recovery of these fish, resulting in nutritional products that could be intended for human consumption. For future work, the use of tilapia MSM flour in the preparation of food products for human consumption is suggested by evaluating the sensory.

Keywords: drying, by-product, *Oreochromis niloticus*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros para número de Nusselt.....	22
Tabela 2. Valores de atividade de água para cada sal.....	24
Tabela 3. Análise microbiológica da CMS de tilápia e da farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento a 50°C	27
Tabela 4. Parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia submetidas a diferentes tratamentos a temperatura de 50°C.....	29
Tabela 5. Parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada a temperatura de 40°C, 50°C e 60° C.....	29
Tabela 6. Coeficiente convectivo de transferência de calor, taxa de secagem e número de Nusselt para as farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C.....	33
Tabela 7. Valores experimentais de umidade de equilíbrio a 25°C para farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada.....	34
Tabela 8. Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção da farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada para os diferentes modelos matemáticos	35
Tabela 9. Composição de aminoácidos da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C.....	38
Tabela 10. Composição de ácidos graxos da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C ‘continua’	39
Tabela 10. Continuação.....	40
Tabela 11. Composição mineral da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processamento da tilápia	5
Figura 2. Esquema de funcionamento do secador do tipo cabine com circulação de ar.....	10
Figura 3. Curva típica de secagem.....	11
Figura 4. Representação dos tipos de isotermas de sorção descritos por BET	14
Figura 5. Escala de cor CIElab	17
Figura 6. Carne mecanicamente separada de tilápia congelada	19
Figura 7. (a) CMS de tilápia no processo de lavagem com água; (b) CMS de tilápia no processo de lavagem com etanol	20
Figura 8. CMS de tilápia no processo da salga	20
Figura 9. Fluxograma de elaboração das farinhas de CMS de tilápia	21
Figura 10. (a) Secador do tipo cabine com circulação de ar utilizado no experimento de secagem; (b) CMS de tilápia no secador.....	22
Figura 11. Dessecadores utilizados nos experimentos para determinação das isotermas de sorção	25
Figura 12. (a) CMS de tilápia seca a 50°C; (b) CMS de tilápia lavada com água e seca a 50°C; (c) CMS de tilápia lavada com água e etanol e seca a 50°C; (d) CMS de tilápia salgada e seca a 50°C	28
Figura 13. (a) CMS de tilápia imersa no ácido ascórbico; (b) CMS de tilápia seca com pré-tratamento de ácido ascórbico; (c) CMS de tilápia imersa no ácido cítrico; (d) CMS de tilápia seca com pré-tratamento de ácido cítrico	28
Figura 14. (a) Farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento a 50°C; (b) Farinha de CMS de tilápia salgada a 50°C	30
Figura 15. Curvas de secagem das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40°C	31
Figura 16. Curvas de secagem das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 50°C	31
Figura 17. Curvas de secagem das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 60°C	32
Figura 18. Isotermas de adsorção segundo modelo de GAB para a farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento nas temperaturas 40, 50 e 60°C	36
Figura 19. Isotermas de adsorção segundo modelo de GAB para a farinha de CMS de tilápia salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C.....	36
Figura 20. Percentual da IDR de minerais das farinhas sem pré-tratamento a 50°C.....	44
Figura 21. Percentual da IDR de minerais das farinhas sem pré-tratamento a 60°C.....	44

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

A	Área da superfície de troca de calor (m^2)
a_w	Atividade água
a^*	Coordenada angular
b^*	Coordenada angular
CMS	Carne mecanicamente separada
C, n, k	Constantes das equações de BET e GAB
C^*	Saturação ou cromaticidade
D_{eff}	Difusividade efetiva (cm^2/s)
dX/dt	Taxa de secagem ($g_{água}/g_{massa\ seca} \cdot s$)
ΔE^2	Diferença total de cor
ERM	Erro relativo médio (%)
k	Condutividade térmica ($W/cm\ K$)
h	Coefficiente de transferência de calor por convecção ($W/m^2\ ^\circ C$)
h^*	Ângulo de matiz
L^*	Coordenada angular - luminosidade
m_{eq}	Massa no equilíbrio (g)
m_s	Massa em base seca (g)
M_s	Massa seca (Kg)
M_a	Massa de água (g)
ne	Número de pontos experimentais
Nu	Número de Nusselt (adimensional)
P	Pressão de vapor de água no alimento
P_0	Pressão de vapor de água pura
R^2	Coefficiente de determinação
T_{ar}	Temperatura do ar ($^\circ C$)
T_u	Temperatura de bulbo úmido ($^\circ C$)
UR	Umidade relativa (%)
VP	Valores preditos pelo modelo
VE	Valores observados experimentalmente
X_e	Umidade de equilíbrio (g/g)
X_m	Conteúdo de umidade na monocamada
X_s	Conteúdo de umidade em base seca ($g_{água}/g_{matéria\ seca}$)
λ	Calor latente de vaporização da água ($J \cdot Kg^{-1}$)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo Geral	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. Tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	3
3.2. A Industrialização e o Consumo de Pescados no Brasil e no Mundo	4
3.3. Resíduos Gerados durante o Processamento	5
3.4. Qualidade e Regulação dos Resíduos	6
3.5. Aproveitamento de Resíduos na Alimentação Humana	7
3.6. Carne Mecanicamente Separada (CMS)	8
3.7. Salga	9
3.8. Secagem	10
3.9. Umidade de Equilíbrio	13
3.10. Farinha de Tilápia	16
3.11. Análise de Cor	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Matéria-prima	19
4.2. Processamento da Farinha de CMS de Tilápia	19
4.3. Cinética de Secagem da Farinha de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga	21
4.4. Análises	22
4.4.1. Composição de minerais	22
4.4.2. Composição de aminoácidos	23
4.4.3. Composição de ácidos graxos	23
4.4.4. Análise microbiológica	24
4.4.5. Isotermas de sorção	24
4.4.6. Análise de cor instrumental	25
4.4.7. Análise estatística	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Análise Microbiológica	27
5.2. Processamento da Farinha de CMS de Tilápia	27
5.3. Cinética de Secagem das Farinhas de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga	30
5.4. Umidade de Equilíbrio das Farinhas de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga	33
5.5. Farinhas de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga	37
6. CONCLUSÕES	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

A pesca é uma das atividades produtivas mais antigas da humanidade que, ainda hoje, possui considerável importância em todo o mundo, como fonte geradora de alimentos, emprego e renda para vários segmentos econômicos (BENTO; BEMVENUTI, 2008).

A produção de pescado em 2012, em termos mundiais, atingiu 158 milhões de toneladas (FAO, 2014). No Brasil, em 2011, atingiu cerca de 1,5 milhões de toneladas (BRASIL, 2013a), que correspondeu a aproximadamente 1% do total mundial produzido, sendo ainda pouco expressiva quando comparado aos principais países produtores, como a China, Indonésia, Estados Unidos, Índia e Peru, que representam mais de 75% da produção mundial.

No Brasil, a expansão da tilápia tem sido impulsionada pela demanda de mercado por sua boa aceitação pela população, quanto ao sabor, valor nutritivo e preços baixos. O grande interesse pela tilápia também está nos piscicultores que a estão produzindo em todo o país, principalmente pela facilidade de cultivo, o que desperta o interesse das indústrias em processar este peixe (SIMÕES et al., 2007).

O crescimento da produção promove o aumento do volume de resíduos gerados pela cadeia produtiva, que devido à falta de destino adequado, causam problemas de poluição ambiental. Estes subprodutos contêm boa quantidade de material rico em proteína e lipídeos que normalmente são transformados em produtos de baixo valor no mercado, como o óleo, a farinha de peixe e fertilizantes.

Vêm sendo desenvolvidos métodos de processamento visando o seu aproveitamento para o consumo humano, que podem ser convertidos em produtos comerciais ou matéria-prima para produtos secundários, através de tecnologias adequadas. No Brasil, o aproveitamento é uma prática ainda limitada no setor de produção e de transformação, porém, instituições de fomento à pesquisa têm incentivado estudos que tragam alternativas viáveis que possam gerar inovação, reduzindo o impacto ambiental e agregando valor ao subproduto.

A utilização de processos de conservação, como a salga e a secagem, que possibilita o armazenamento de produtos à temperatura ambiente constitui-se de extrema importância nos países em desenvolvimento, como no Brasil, que apresentam deficiências referentes à instalação para armazenamento de alimentos sob refrigeração.

Neste contexto, este trabalho busca oferecer alternativa para utilização de resíduos da indústria de pescado visando a agregação de valor aos subprodutos da filetagem da tilápia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Estabelecer um processo para a elaboração de farinha a partir da carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Obter as curvas de secagem da CMS de tilápia para produção de farinha.
- ✓ Estudar a cinética de secagem da CMS de tilápia submetida ao secador do tipo cabine com circulação de ar para produção de farinha.
- ✓ Obter as isotermas de sorção das farinhas de CMS de tilápia
- ✓ Caracterizar a matéria-prima e as farinhas de CMS de tilápia desenvolvidas quanto à composição de aminoácidos, ácidos graxos e minerais e quanto aos aspectos microbiológicos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

Os cultivos comerciais no Brasil tiveram início na década de 90 e somente se intensificaram após 1995, impulsionados pela crescente aceitação da tilápia nos pesque-pague do Sul e Sudeste. No Nordeste do país, os cultivos de tilápia somente se tornaram expressivos a partir de 2000, com empreendimentos em tanques-rede em reservatórios no Rio São Francisco e principalmente nos açudes do Ceará (KUBITZA; CAMPOS, 2005).

É considerada uma das espécies mais promissoras para a piscicultura, pela fácil adaptação em vários ambientes aquáticos, pelo rápido crescimento em sistema intensivo, pela facilidade de obtenção de larvas, pela rusticidade e pelo hábito alimentar onívoro. Sua carne possui boas características organolépticas e seu filé não apresenta espinhos intramusculares em “Y” (FURUYA et al., 2004; MEURER et al., 2002).

No Brasil, foram produzidas cerca de 250 mil toneladas na aquicultura, sendo considerado o principal peixe criado, representando 46,6% da produção total, em 2011 (MPA, 2012). Mundialmente, em 2012, a produção de tilápia (*O. niloticus*) atingiu cerca de 3,2 milhões de toneladas na aquicultura (FAO, 2014). A aquicultura brasileira apresenta potencial para aumentar ainda mais a criação, sendo necessário que haja a realização de pesquisas para a obtenção de um desenvolvimento sustentável, de forma a proporcionar melhoria na qualidade de vida de todos aqueles, que, direta ou indiretamente, estejam envolvidos com o setor e tornar a produção cada vez mais eficiente e sustentável.

A tilápia é considerada um pescado com baixo teor de gordura e alto conteúdo de proteína. Yarnpakdee et al. (2014) caracterizaram físico-quimicamente as tilápias, na qual a parte dorsal e ventral apresentaram, respectivamente, umidade: 82,1 e 83,7%; cinzas: 1 e 1,03%; proteína: 16,6 e 15,3% e lipídeo: 0,2 e 0,3%.

A composição dos peixes pode ser afetada por vários fatores como as condições ambientais e adaptações metabólicas. Vila Nova et al. (2005) avaliaram a tilápia sob três condições distintas: I) tilápia em meio doce; II) tilápia adaptada em meio salgado; III) tilápia revertida, em meio doce. Os autores concluíram que a adaptação em meio salino e o processo de reversão provocaram mudanças em sua composição química. Na adaptada, houve redução de proteína e lipídeo e aumento de cinzas e umidade e na revertida houve aumento na umidade e redução de cinzas e proteína, quando comparadas à condição em meio doce. No entanto, essas alterações não afetaram as qualidades nutricionais das espécies, apresentando teor de proteína alto (13,86 a 18,3 g/100g) e baixos teores de lipídio (0,59 a 0,99 g/100g) e de colesterol (8,2 a 10 mg/100g).

Outro fator que pode influenciar na composição é a alimentação. Higuchi et al. (2013) afirma que é possível melhorar a qualidade nutricional de tilápias, a partir da incorporação de óleos ricos em ácidos graxos em suas rações. A utilização de fonte lipídica de origem vegetal por 30 dias é o suficiente para incorporação dos ácidos graxos. Recomenda-se a inclusão óleo de linhaça na alimentação de alevinos de tilápias, devido à grande melhoria na razão $\omega 6/\omega 3$.

Dentre os vários pontos importantes a serem observados no peixe para sua industrialização, o mais importante é o rendimento das partes comestíveis, que pode ser influenciado por diferentes fatores, como a espécie e o método de filetagem. O rendimento em filé de tilápia é considerado baixo (28 a 34%), quando comparado com outros peixes cultivados de água doce, como o piavuçu, *Leporinus macrocephalus* (43 a 46%) (MARENGONI; SANTOS, 2006) e mapará, *Hypophthalmus edentatus* (38,68 a 51,89%) (SOUZA; INHAMUNS, 2011). Souza (2002) comparou seis métodos: F1= filetagem do peixe

inteiro e retirada da pele do filé com a faca (IFP); F2= retirada da pele do peixe inteiro com alicate e filetagem (IPF); F3= peixe decapitado e filetagem, com posterior remoção da pele do filé com a faca (CFP); F4= peixe decapitado, com remoção da pele com auxílio de alicate seguida da filetagem (CPF); F5= peixe decapitado, removidas as nadadeiras, filetagem e retirada da pele com a faca (CNFP); F6= peixe decapitado, removidas as nadadeiras, com remoção da pele com alicate e filetagem (CNPF). O autor observou que o método de filetagem influenciou em todos os rendimentos analisados, sendo o método que apresentou maior rendimento de filé foi o IPF (36,58%) e o menor rendimento foi o CFP (33,66%).

3.2. A Industrialização e o Consumo de Pescados no Brasil e no Mundo

A indústria pesqueira é uma importante fonte econômica para vários países em todo o mundo. Estima-se que em todo o mundo, 10 a 12% da população dependem da produção, transformação e comercialização para a sua subsistência e que cerca de 58 milhões de pessoas estão envolvidas no setor primário (FAO, 2014).

O pescado pode ser comercializado in natura ou industrializado. Em 2012, cerca de 136 milhões de toneladas foram destinadas ao consumo humano, sendo 46% comercializados como vivos, frescos ou refrigerados, 12% secos, salgados ou defumados, 13% processados ou preparados e 29% congelados (FAO, 2014).

É um dos alimentos mais comercializados em todo o mundo, com exportações estimadas em US\$ 129,2 bilhões em 2012 (FAO, 2014). A balança comercial brasileira de pescado no ano de 2011 apresentou exportações de US\$ 271.193.147 milhões e importações de US\$ 1.262.888.212 milhões, ou seja, um déficit de aproximadamente US\$ 991 milhões (BRASIL, 2013a). Ainda encontra-se com pouca representatividade no mercado internacional, quando comparados a outros países da América do Sul, como o Peru e o Chile que estão entre os 10 maiores exportadores do mundo (FAO, 2014). O setor ainda não está plenamente estruturado, os métodos utilizados tanto na captura quanto na criação são muito artesanais (SIDONIO et al., 2012).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2014), em média, cada habitante do planeta se alimenta com 19,2 kg por ano, sendo considerada a proteína animal mais consumida no mercado internacional. No Brasil também vem aumentando nos últimos anos, no qual em 2005 apresentava um *per capita* de 6,66 kg/hab/ano e, em 2011 com 11,17 kg/hab/ano, valor médio próximo ao recomendado pela Organização Mundial da Saúde, de 12 kg/hab/ano (BRASIL, 2012; 2013b). Esse crescimento pode ser explicado pelo aumento na renda da população, pela divulgação de trabalhos e pesquisas que associam o consumo do peixe com benefícios à saúde humana e pela população que busca alimentos mais saudáveis.

A aquisição alimentar domiciliar *per capita* anual de pescado, no período entre 2008 e 2009, correspondeu a 4,0 kg. Na zona urbana foi verificada aquisição de 3,3 kg e na zona rural de 7,6 kg. Em relação às regiões brasileiras foi verificada aquisição *per capita* de 17,5 kg na região Norte, 5,0 kg na Nordeste, 2,1 kg na Sudeste, 1,6 kg na Sul e 1,7 kg na Centro-Oeste (IBGE, 2010a).

As despesas com pescado e outras carnes corresponderam a 21,3% na zona urbana e 25,2% na zona rural em relação aos demais tipos de alimentos. Com relação a cada região brasileira, os gastos com pescado e demais carnes corresponderam a 28,2% na região Norte, 22,9% na Nordeste, 19,9% na Sudeste, 22,3% na Sul e 22,6% na Centro-Oeste (IBGE, 2010b).

Minozzo et al. (2008) avaliaram o consumo de pescado por meio de um questionário com indivíduos dos municípios de São Paulo, Curitiba e Toledo (n = 583). A frequência de consumo de pescado em mais de três vezes por mês foi de 49,69%, 30,81% e 28,86% em São

Paulo, Toledo e Curitiba, respectivamente. A tilápia foi o pescado de água doce mais consumido nas três cidades. A maioria dos consumidores (76,5%) demonstrou ter preferência por produtos industrializados sem espinhas, de fácil preparo e/ou prontos para consumo. Os consumidores com maior nível de escolaridade assinalaram o consumo de pescado relacionado ao benefício da saúde e ao prazer de consumir.

Dentre os consumidores brasileiros de peixes, as crianças representam uma parcela com menor consumo, sendo necessário um trabalho de educação nutricional visando estimular o consumo de pescado, com a finalidade de melhorar a qualidade da dieta deste grupo de indivíduos. Uma alternativa interessante para aumentar o consumo de peixe seria a inclusão de novos produtos a base de pescado na merenda escolar (GODOY et al., 2010).

3.3. Resíduos Gerados durante o Processamento

Os resíduos ou subprodutos, como cabeça, carcaça, vísceras, pele e escamas são obtidos durante o processamento do pescado e podem também ser constituídos de peixes que se encontram fora do tamanho ideal para o comércio (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006). Pode-se dizer que o resíduo do beneficiamento é toda a fração que não é aproveitada, por conta das limitações mercadológicas e tecnológicas, mas que contém características químicas semelhantes às da fração comercializada.

Em 2012, a produção mundial gerou aproximadamente 22 milhões de toneladas de resíduos (FAO, 2014). Kubitzka e Campos (2006) afirmam que, dependendo da espécie de peixe processada e do produto final obtido pelo frigorífico, estes subprodutos podem representar algo entre 8 a 16% no caso do pescado eviscerado e 60 a 72% na produção de filés sem pele.

No processamento da tilápia (Figura 1), há a geração de grande quantidade de resíduos. Com relação à parte comestível, foi obtido um rendimento na forma de filés de 33% e um grande percentual (9,5%) de carne remanescente nas aparas e no esqueleto após a filetagem, que pode, por meio de processos mecânicos, ser recuperada, podendo elevar, de acordo com os resultados, para 42,5% o rendimento. Este residual de carne, que poderia ser destinado à produção de polpa, ainda é, na sua maioria, descartado pela indústria, muitas vezes por não haver tempo hábil para sua triagem, lavagem, conservação frigorificada, extração e congelamento, ou até mesmo pela falta de equipamento, como despulpadoras mecânicas, que facilitem o processo (MARCHI, 1997).

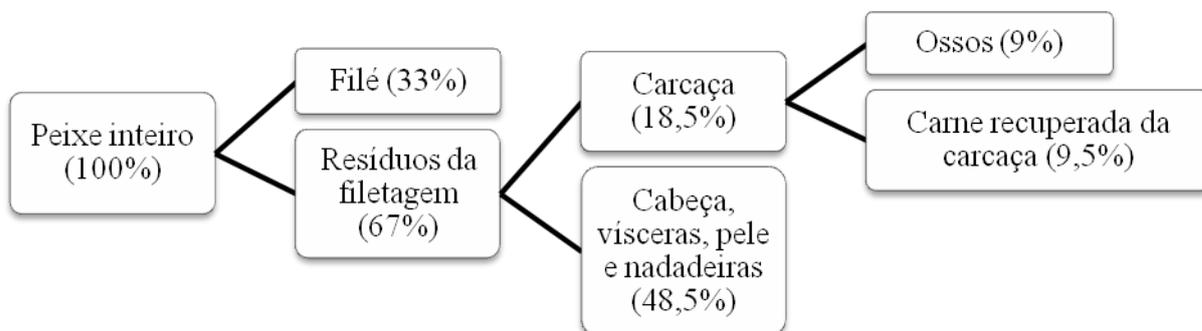


Figura 1. Processamento da tilápia

Simões et al. (2007) observaram que os resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) obtidos foram em média de 55,85%. Souza (2002) observou que o método de filetagem

influencia no rendimento dos resíduos, o autor comparou seis métodos: F1= filetagem do peixe inteiro e retirada da pele do filé com a faca (IFP); F2= retirada da pele do peixe inteiro com alicate e filetagem (IPF); F3= peixe decapitado e filetagem, com posterior remoção da pele do filé com a faca (CFP); F4= peixe decapitado, com remoção da pele com auxílio de alicate seguida da filetagem (CPF); F5= peixe decapitado, removidas as nadadeiras, filetagem e retirada da pele com a faca (CNFP); F6= peixe decapitado, removidas as nadadeiras, com remoção da pele com alicate e filetagem (CNPF). Obteve-se uma variação de 57,96 a 61,59% no rendimento, concluindo que a retirada da pele do peixe inteiro e depois a remoção do filé (IPF) proporcionou menor porcentagem de resíduos de filetagem.

Esta quantidade significativa de resíduos orgânicos, produzidos durante as diversas etapas da cadeia produtiva da pesca, é constituída de matéria-prima de alta qualidade, a qual pode ser utilizada para diversos subprodutos. Além disso, seu emprego é ecologicamente recomendável, por conta da alta carga de matéria orgânica que é rejeitada no ambiente, quando esses resíduos não são aproveitados (NUNES et al., 2013).

Alguns estudos têm sido realizados para avaliar a sustentabilidade da indústria pesqueira no Brasil. Spillere e Beumord (2006) buscaram avaliar o impacto do parque industrial pesqueiro em Itajaí e Navegantes, Santa Catarina, Brasil. Os autores identificaram a geração de efluentes líquidos e de resíduos sólidos decorrentes da manipulação do pescado com impacto negativo sobre a diversidade da biota aquática.

Em estudo mais recente, Limongi et al. (2013) realizaram uma pesquisa exploratória para identificar a sustentabilidade ambiental de uma indústria de pescado localizada em Santa Catarina, Brasil, por meio da ferramenta gerencial SICOGEA (Sistema Contábil Gerencial Ambiental). Os resultados demonstraram que a sustentabilidade global foi de 76,80%, considerada boa, o que demonstrou preocupação com questões ambientais por parte da empresa.

Peixes descartados e resíduos do processamento podem ser aproveitados para a produção de óleo de peixe, que deve ser armazenado seco e livre de sólidos, podendo ser utilizado para a produção de tintas, vernizes e acabamento de couro, ou pode ser destinado à aquicultura, como tradicionalmente ocorre no Brasil (FELTES et al., 2010).

Alternativa interessante para a utilização sustentável de óleo seria a produção de biodiesel. Bery et al. (2012) verificaram que o óleo extraído a partir das vísceras de peixes marinhos apresentou características físico-químicas compatíveis com as exigidas para produção de biodiesel, tornando-se uma alternativa como matéria prima. As vísceras de peixes marinhos corresponderam a 15% em relação ao peso médio dos peixes inteiros capturados, proporcionando em óleo um rendimento de 68%, considerado satisfatório para a produção de biodiesel.

Com o objetivo de reduzir o descarte de cabeças, vísceras, espinhas e escamas dos peixes comercializados nos quiosques nas praias de Fortaleza, uma alternativa sustentável e viável para os agricultores locais, foi a elaboração de um fertilizante orgânico, utilizado como alternativa aos insumos químicos que causam danos ao homem e o meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2013).

3.4. Qualidade e Regulação dos Resíduos

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952) classifica os pescados e seus derivados, sendo entendidos como produtos e subprodutos, comestíveis ou não, com ele elaborados no todo ou em parte. E que só poderá ser utilizado na elaboração de produtos comestíveis depois de submetido à inspeção sanitária.

O subproduto é um material altamente perecível, por já possuir uma microflora potencialmente deterioradora, porém apresenta um excelente valor nutricional, necessitando

de um controle maior na fase de processamento para que possa ser utilizado (HSU, 2010). A elevada atividade de água, a composição química, o teor de gorduras insaturadas facilmente oxidáveis e o pH próximo da neutralidade da carne de peixe são os fatores determinantes no crescimento microbiano (OLIVEIRA et al., 2008).

Nas últimas décadas, ocorreram grandes inovações em conservação, como na refrigeração, congelamento, embalagem e transporte para garantir a integridade do produto e assim, permitiram uma expansão na distribuição de peixes. Os países menos desenvolvidos, ainda carecem de adequada infraestrutura e serviços, incluindo a higiene nos centros de desembarque, a eletricidade, a água potável, estradas, câmaras frigoríficas e transporte refrigerado. Esses fatores, associada a temperaturas tropicais, resultam em perdas de qualidade e deterioração, com riscos decorrentes para a saúde dos consumidores (FAO, 2014). No Brasil, ainda há deficiência de infraestrutura em algumas regiões e de uma legislação específica sobre os padrões de qualidade.

A grande quantidade de resíduos gerados pela indústria da pesca cria grave problema de poluição e de descarte nos países desenvolvidos e em desenvolvimento (HSU, 2010). LIMONGI et al. (2013) verificou os impactos ambientais causados pelo processo produtivo e concluiu que a principal etapa causadora de poluição é a da limpeza e evisceração por consumir grande quantidade de água, que não é reutilizada, e a geração de vísceras, escamas, cabeças, entre outras partes, que também não são reaproveitados na produção, nem na forma de subprodutos para consumo.

A legislação brasileira sobre resíduos sólidos, Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010, afirma que as indústrias geradoras devem realizar o gerenciamento dos mesmos com ações que contemplem as etapas de coleta, transporte, transbordo e tratamento, visando à destinação ambientalmente adequada dos resíduos (BRASIL, 2010).

O Ministério da Pesca e Aquicultura vem realizando cursos de qualificação profissional em pesca e aquicultura, que têm diversos objetivos, entre eles minimizar a perda de qualidade do pescado, melhorar técnicas de manipulação, agregar valor ao produto, fazer o aproveitamento dos subprodutos do pescado, melhorar os resultados na criação de peixes e ampliar noções em segurança da navegação (BRASIL, 2014a).

3.5. Aproveitamento de Resíduos na Alimentação Humana

A sociedade vem demonstrando uma maior preocupação com a saúde e meio ambiente (GERHARDT et al., 2012). Os consumidores buscam produtos com praticidade, como os semi-prontos ou prontos (SANTOS et al., 2011), mas que possuam elevado valor nutritivo, custos acessíveis, boa apresentação e qualidade.

Os resíduos de pescados contêm ácidos graxos poli-insaturados essenciais e proteína de elevado valor biológico, vitaminas, minerais e compostos bioativos que são fisiologicamente benéficos ao organismo humano (DRAGNES et al., 2009).

Os ácidos graxos de cadeia longa ômega-3, principalmente ácidos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), têm sido associados ao tratamento ou prevenção de doenças cardiovasculares, mentais e metabólicas, no sistema imunológico e na função cognitiva (RUXTON, 2011).

As proteínas são moléculas essenciais para aos organismos animais, devendo, portanto, estar presentes na alimentação em quantidades adequadas. Deve-se levar em conta que uma mistura proteica de boa qualidade ou de alto valor biológico é aquela que fornece boa digestibilidade e quantidades adequadas de aminoácidos essenciais e de nitrogênio total (PIRES et al., 2006). Nos resíduos há essa boa relação entre eles, sendo os mais predominantes a leucina ($8,90 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$), lisina ($6,83 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$), fenilalanina ($5,62 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$) e

isoleucina (5,17 g.100g⁻¹), valina (4,80 g.100g⁻¹), histidina (4,59 g.100g⁻¹) e treonina (4,49 g.100g⁻¹) (MORALES-ULLOA; OETTERER, 1997).

O aproveitamento de proteínas de pescado para a elaboração de subprodutos constitui-se em uma alternativa promissora na elaboração de produtos alimentícios de excelente qualidade nutricional. A elaboração dos mesmos é uma forma de reduzir os impactos negativos da atividade industrial ao meio ambiente, ao mesmo tempo, que pode ser uma provável solução para problemas de má nutrição, atribuídos à carência ou deficiência de proteínas de elevado valor nutricional na dieta alimentar (PIRES et al., 2014).

Os subprodutos gerados pela indústria de peixe vêm sendo utilizados de um modo seguro, controlado e higiênico, com tecnologias de processamento melhoradas, permitindo a sua utilização mais eficaz. Além da indústria de farinha, também são utilizadas nas farmacêuticas (óleo) e cosméticas (colágeno), nas aplicações dietéticas (quitosana), em pigmentos naturais, antioxidantes e enzimas (proteases), em vestuários, artesanatos, na alimentação para aquicultura, pecuária e animais de estimação e para a preparação industrial de biodiesel/biogás, silagem e em fertilizantes. Podem ser transformados em produtos para consumo humano, tais como salsichas de peixe, bolos, gelatina e molhos. Produtos com pequenas espinhas vêm sendo consumidos como lanches em alguns países asiáticos (FAO, 2014).

3.6. Carne Mecanicamente Separada (CMS)

A CMS, conhecida também como polpa, é um produto obtido a partir de uma única espécie, ou mistura de espécies de peixes com características sensoriais similares, através do processo de separação mecânica da parte comestível, gerando partículas de músculo isentas de ossos, vísceras, escamas e pele (FAO; WHO, 1994).

A tilápia possui uma composição aproximada de 10% de vísceras, 4% de pele limpa, 3% de escamas, 16% de cabeça e 29% de esqueleto com carne aderida (KUBITZA; CAMPOS, 2006). O rendimento médio da extração de CMS varia de 57 a 66% (SARY et al., 2009). Já Kirschnik e Macedo-Viegas (2009), extraíram CMS de tilápia-do-nilo e encontraram um rendimento de 46,90% em relação ao peixe inteiro e de 78,60% em relação ao peixe eviscerado e descabeçado.

É um produto de alto valor nutricional, pois é considerado um alimento altamente protéico. Souza et al. (2013) avaliaram a composição química e perfil de aminoácidos da carne mecanicamente separada de peixes amazônicos, que apresentou uma concentração protéica de 12% a 19%, com perfil de aminoácidos essenciais em torno de 47% em relação ao total de aminoácidos. A CMS de tilápia-do-nilo apresentou 73 g.100g⁻¹ de umidade, 13 g.100g⁻¹ de proteína, 11 g.100g⁻¹ de lipídeo, 1 g.100g⁻¹ de cinzas e 2 g.100g⁻¹ de carboidrato (MÉLO et al., 2011).

A principal forma de conservação utilizada é a cadeia do frio. Souza et al. (2013) verificaram a influência da estocagem sob congelamento e observaram que o tempo de estocagem não afetou a qualidade e a composição dos aminoácidos da CMS e que mesmo sob congelamento prolongado, suas qualidades tecnológicas e nutricionais tendem a se manter estáveis.

Alguns processos vêm sendo utilizados para melhorar as características funcionais e a qualidade da CMS. Kirschnik e Macedo-Viegas (2009), avaliaram o efeito da lavagem sobre a estabilidade de CMS de tilápia estocada a -18°C e observaram uma redução significativa nos teores de proteína bruta, lipídios e cinzas e um aumento no teor de umidade após o processo. Independentemente do processo de lavagem, as CMS mantiveram-se estáveis durante o período de 180 dias. Como se pode observar, esse processo tende a remover substâncias que podem levar a degradação proteica, a oxidação lipídica e causar coloração indevida no

produto final, no entanto gera líquido rico em proteínas e outros nutrientes solúveis, se tornando um problema em relação ao seu descarte.

O consumo vem sendo incentivado na alimentação escolar, através de produtos desenvolvidos a base de CMS, como hambúrguer, quibe, empanados e almôndegas, além de recheios de outras preparações, como tortas salgadas, de forma a facilitar a aceitação do produto pelo público infantil. O Ministério da Pesca e Aquicultura vem realizando a distribuição de equipamentos (despolpadeira) a fim de auxiliar entidades sem fins lucrativos do setor a produzirem a matéria-prima (BRASIL, 2014b).

A CMS de tilápia do Nilo pode ser utilizada como base em diferentes formulações, de forma a agregar valor ao produto final. Marengoni et al. (2009) elaboraram “fishburgers” que apresentaram viabilidade econômica devido ao seu rendimento alcançado, no qual uma porção de 1 kg de CMS rende 12 unidades, com aproximadamente 80 g cada, com custo unitário variando de R\$ 0,36 a R\$ 0,37. Oliveira et al. (2012) elaboraram um reestruturado (almôndegas) com CMS de tilápia do Nilo e proteína texturizada de soja, obtendo um produto de ótima aceitação sensorial e elevado valor nutricional, devido seu conteúdo equilibrado de proteínas e lipídios. Freitas et al. (2012) elaboraram patês, que tiveram alta aceitabilidade. O patê apresentou a composição química: umidade – 62,17%; cinza – 2,11%; proteína – 9,75%, e lipídios – 18,81%. Esses resultados podem ser de grande importância para a indústria no desenvolvimento e na comercialização de novos produtos.

3.7. Salga

A salga é um método simples que envolve os cristais de sal ou salmoura para a conservação de peixes. Existem três tipos de salga: seca, úmida (salmoura) e uma combinação dos dois métodos (BELLAGHA et al., 2007). Pode ser combinada com outros processos, como a defumação, a acidificação, ou a secagem de ar resultando numa redução da atividade água (a_w) e do pH, de forma a se obter um produto final mais estável. Contribui também para o desenvolvimento de características desejáveis de sabor nos produtos (CHIRALT et al., 2001).

O transporte do cloreto de sódio ocorre por meio de difusão, que é um processo físico no qual a massa é transferida sob a influência dos gradientes de concentração. Durante o processo de salga, dois principais fluxos simultâneos são gerados, a perda de água e a absorção de sal, devido às diferenças na pressão e concentração osmótica (BARAT et al., 2003).

A difusão de água e sal dentro do peixe depende de muitos fatores. De acordo com Gallart-Jornet et al. (2007), o tamanho e o conteúdo de gordura devem ser levados em conta, pois influencia no teor final de sal. Os autores verificaram que a concentração salina também influencia no rendimento e na textura do pescado após a salga, no qual foi observado que em salmouras mais diluídas houve um maior rendimento e que em salmouras mais concentradas ocorreu um aumento da dureza e uma diminuição da elasticidade do peixe. Segundo Nguyen et al. (2011), a concentração de sal e a duração do processo pode levar à desnaturação/agregação de proteínas musculares do peixe. O frescor, o estado de rigor mortis e as modificações do tecido em consequência das enzimas proteolíticas estão associados a uma melhora da difusão de cloreto de sódio e redução da perda de água, e assim, há um aumento no rendimento (BARAT et al., 2006).

Chaijan (2011) observou que as alterações físico-químicas do músculo de tilápia durante a salga são causadas pelo método e tempo aplicado. Esses autores verificaram que a salga seca resultou numa maior taxa de penetração do sal no músculo de tilápia facilitando a redução mais rápida na a_w ($p < 0,05$). O pH de ambos os músculos dos peixes (salga seca ou úmida) tenderam a diminuir ao longo do tempo, no entanto, o pH foi ligeiramente menor na

salga seca ($p < 0,05$). A salga úmida apresentou um aumento no teor de proteína no meio ($p < 0,05$). O conteúdo peptídico solúvel (TCA) diminuiu com o aumento do tempo de salga em ambos os métodos de salga ($p < 0,05$), sugerindo para a salga úmida, o efeito de lixiviação para a solução (que está correlacionada com o aumento de proteína no meio) e para a salga seca, o efeito da perda exsudativa. A formação de metamioglobina no músculo de tilápia aumentou ao longo do tempo em ambos os métodos de salga, mas seu conteúdo foi maior na salga úmida ($p < 0,05$). A redução da metamioglobina foi utilizada como um índice de avermelhamento no músculo de tilápia, que indicou uma oxidação contínua de metamioglobina para outros derivados, resultando numa descoloração do músculo nos métodos de salga. A hidrólise e oxidação lipídica ocorreram em diferentes graus em ambos os métodos de salga, no entanto, essas mudanças dependeram do tempo de salga.

3.8. Secagem

A secagem é a eliminação da água do material através da evaporação e é na superfície do material que ocorre a evaporação da água, a qual foi transportada do interior do sólido. Existem dois métodos: a natural, feita pelo sol ou vento; e a artificial, a qual necessita de fornecimento de energia (PARK et al., 2001a).

É um método no qual se reduz a disponibilidade ou atividade de água de um alimento, e conseqüentemente evita-se o crescimento microbiano e as reações químicas e bioquímicas (MOURA et al., 2004), sendo eficiente para a conservação de peixes. Há outras vantagens de se utilizar esse processo, como a estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; redução do peso do alimento; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK et al., 2001a).

De acordo com o mecanismo de transferência de calor predominante no processo, a secagem pode ser classificada como convectiva, condutiva ou radiativa. Na secagem convectiva, quando se coloca o material no secador, há uma diferença de temperatura (ambiente mais quente que o material) ocorre uma transferência de calor da fonte quente para a superfície do material sólido, aquecendo-a e criando um gradiente de temperatura com o interior do material (PARK et al., 2001a). O funcionamento do secador do tipo cabine com circulação de ar está representado na Figura 2 (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

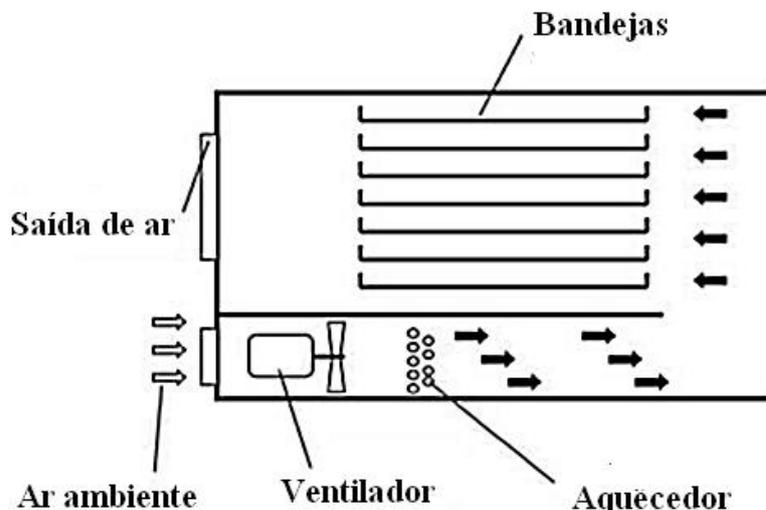


Figura 2. Esquema de funcionamento do secador do tipo cabine com circulação de ar

Segundo Freire et al., (2003), o levantamento experimental de curvas de secagem e a determinação da taxa de secagem de alimentos são etapas importantes no estudo da desidratação e armazenamento dos mesmos. Na secagem de um produto alimentício por convecção forçada de uma corrente de ar aquecida, as condições termodinâmicas da corrente de ar (temperatura e umidade relativa) influenciam o processo de remoção de água do alimento, determinando a umidade final a ser alcançada.

A taxa de secagem diz respeito à velocidade com a qual ocorre a migração da umidade do interior do produto até a superfície e está relacionada diretamente ao estado físico das moléculas de água (na forma líquida ou vapor) e ao mecanismo de transferência de massa. Diz respeito, ainda, à velocidade de transferência da umidade da superfície do material sólido para a fase vapor, por área do material a ser seco (BERTELI, 2005).

O processo de secagem, fundamentado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos ao longo do tempo, conforme apresentado na Figura 3 (BROD et al., 1999).

O período 0 representa o início da secagem, no qual ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água). O período 1 é caracterizado pela taxa constante de secagem, no qual ocorre a evaporação da água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante. No período 2, a taxa de secagem é decrescente, no qual ocorre a redução da transferência de massa, já que a quantidade de água presente na superfície do produto é menor. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa, sendo o fator limitante nessa fase, a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. O processo é encerrado quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem (BROD et al., 1999).

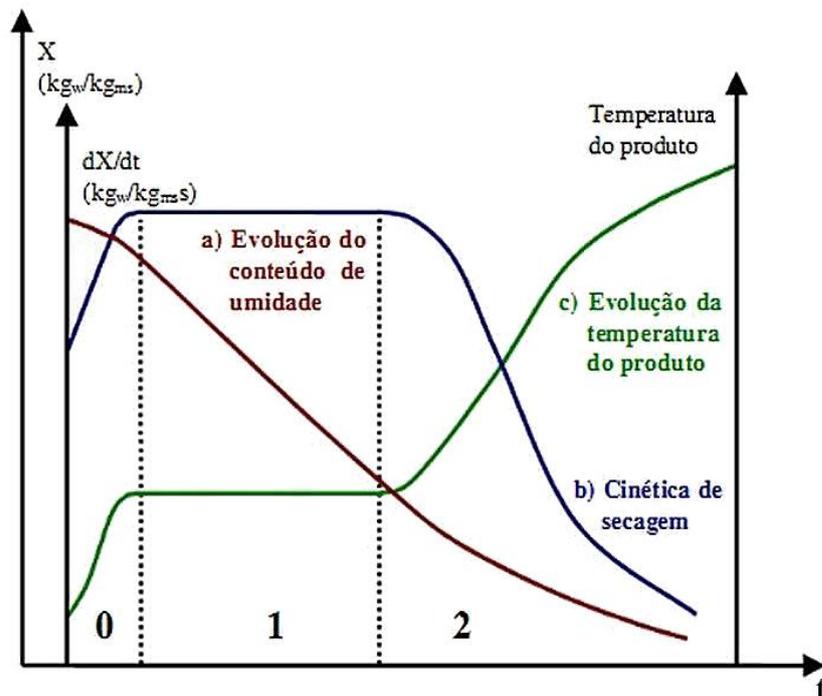


Figura 3. Curva típica de secagem

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, ou seja, é a curva obtida pesando-se o produto durante o processo, numa determinada condição de secagem. A curva (b) representa a velocidade de secagem do produto, taxa de variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt , isto é, é a curva obtida diferenciando a curva (a). A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem e pode ser obtida medindo-se a temperatura do produto durante a secagem (Figura 3) (BROD et al., 1999).

A umidade que o material possui pode ser expressa de duas formas uma vez que a massa total de todos os produtos é constituída de uma porção seca, ou massa seca e uma porção de água, ou massa de água, conforme apresentado na equação 1 (DIAS, 2013).

$$\text{massa total} = \text{massa seca} (m_s) + \text{massa de água}(m_a) \quad (\text{Eq.1})$$

Durante o processo de secagem, a massa seca do produto é constante e não varia, sendo variável somente a massa de água. Baseado nisto, o conteúdo de umidade de um produto pode ser expresso em base seca (X_s), que é a relação entre a massa de água e a massa seca do produto (Equação 2) (DIAS, 2013).

$$X_s = \frac{m_a}{m_s} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: X_s – Umidade em base seca; m_a – massa de água; m_s – massa seca.

A temperatura do ar de secagem tem um efeito direto sobre as alterações de umidade e o tempo de duração do processo (TOUJANI et al., 2013). Guan et al. (2013) observaram que o aumento da temperatura levou a uma velocidade de secagem mais rápida e um menor tempo de duração, indicada pelo fato de que os tempos de secagem para atingir o teor de umidade de equilíbrio foram de 19,2, 17,0 e 13,0 horas para 35, 45 e 55 °C, respectivamente.

Em processos nos quais se utiliza a convecção, o coeficiente de transferência de calor por convecção (h) pode ser determinado. Tal coeficiente não é uma propriedade do fluido. É um parâmetro determinado experimentalmente cujo valor depende das propriedades físicas do ar úmido em torno do produto e a diferença de temperatura entre a superfície do produto e o ar (KUMAR, 2013). Depende, então, das condições da camada limite, as quais são influenciadas pela geometria da superfície (forma, dimensão, estrutura e textura), pela natureza do escoamento do fluido e por uma série de propriedades termodinâmicas e de transporte do fluido (ANTONIETTI et al., 2011).

De acordo com Parkert e Finzer (2009) a quantificação do fluxo de calor recebido na secagem pode ser determinada através da equação 3:

$$q = \frac{M_s \lambda}{A} \cdot \left(\frac{dX}{dt} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

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.

Pode-se relacionar o calor admitido pelo material com o coeficiente de transferência de calor (h), conforme representada na equação 4 (PARKERT; FINZER, 2009):

$$q = h(T_{ar} - T_u) \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: T_{ar} é a temperatura do ar e T_u a temperatura de bulbo úmido.

Da igualdade das equações 3 e 4, obtém-se a equação para determinação do coeficiente convectivo de transferência de calor (PARKERT; FINZER, 2009):

$$h = \frac{M_s \cdot \lambda}{A} \cdot \left(\frac{dX/dt}{T_{ar} - T_u} \right) \quad (\text{Eq.5})$$

As adimensionais são de grande utilidade quando se efetuam estudos sobre as correlações de variáveis em um sistema, os modelos matemáticos e o aumento de escala. A análise dimensional deve ser realizada na obtenção de adimensionais para o estudo realizado (PERRY; GREEN, 1999).

Segundo Rezende e Finzer (2008), a análise dimensional é uma ferramenta poderosa 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. Na área de secagem de alimentos, diversos autores desenvolveram correlações com números adimensionais que tentam melhor exemplificar o seu estudo. O número de Nusselt pode ser calculado através da equação 6:

$$Nu = \frac{h \cdot D_{eff}}{k} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde: h é o coeficiente convectivo de transferência de calor; D_{eff} consiste na difusividade efetiva; e k é a condutividade térmica.

Os modelos para descrever o fenômeno de secagem de produtos agrícolas são normalmente baseados na teoria da difusão líquida, e o processo pode ser explicado pela segunda lei de Fick (DOUNGPOORN et al., 2012). Os modelos de camada fina de secagem podem ser classificados como teórico, semi-teórico e empírico. O modelo semi-teórico baseado na teoria e na cinética de secagem experimental, derivada da simplificação da segunda lei de Fick, tem sido amplamente utilizado para descrever as características de secagem (GUAN et al., 2013).

Oliveira et al. (2015) prepararam uma farinha obtida da CMS de peixe (*Brachyplatystoma vaillantii*) submetida a secagem de 50, 60 e 70°C. Os autores observaram que a melhor condição foi atribuída à temperatura de 60°C, uma vez que apresentou maior difusividade ($2,82 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$) e o melhor ajuste ao modelo de Fick dos dados experimentais (erro relativo médio= 0,38%; coeficiente de determinação= 0,9967). Concluíram que a temperatura mais elevada favorece o processo de transferência de massa e, conseqüentemente, aumenta o valor da difusividade efetiva.

3.9. Umidade de Equilíbrio

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas (PARK et al., 2001b). Quando um material biológico é exposto a uma determinada umidade, ele reage no sentido de ajustar sua própria umidade a uma condição de

equilíbrio com o ambiente. Este ajuste ocorre quando a pressão de vapor de água na superfície do material se iguala à pressão de vapor de água do ar que o envolve (TREYBAL, 1963).

No equilíbrio, a atividade de água (a_w) está relacionada com a umidade relativa (UR) do ambiente através da Equação 7 (IGLESIAS; CHIRIFE, 1982). A relação entre UR e a_w permite prever os alimentos que irão ganhar ou perder água, quando forem expostos a um ar com determinada umidade.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \% \frac{UR}{100} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde: P é a pressão de vapor de água no alimento e P_0 é a pressão de vapor da água pura.

A umidade de equilíbrio pode ser definida através do nível de umidade que o produto alcança, quando deixado em contato com uma determinada condição atmosférica por um longo período de tempo (GUSTAFSON; HALL, 1974). Esse estudo pode ser feito através das isotermas de sorção, 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., 2001b).

As isotermas de sorção de umidade são característica fundamental dos materiais alimentícios, essenciais para o processo de secagem e relacionadas a quase todos os aspectos de estabilidade à estocagem, de produtos secos ou de produtos a baixa umidade, de forma a conhecer bem sua relação com as características físicas, químicas e de estabilidade dos produtos desidratados ou parcialmente desidratados (HUBINGER et al., 2009).

Cinco tipos de curvas de isotermas de sorção foram descritas por Brunauer et al. (1938), conforme apresentado na Figura 4.

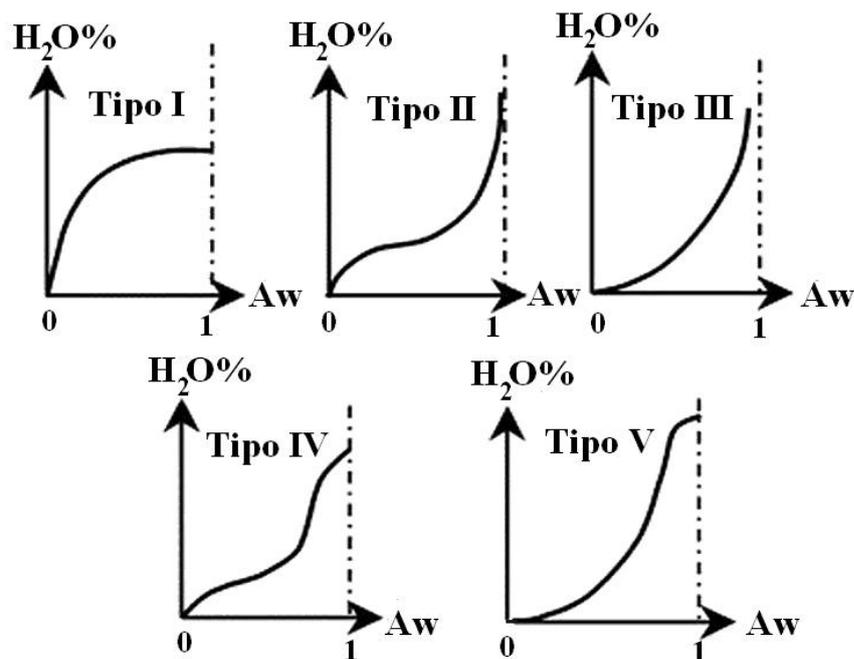


Figura 4. Representação dos tipos de isotermas de sorção descritos por BET

Farinhas de peixe têm sido descritas com formatos II e III. Produtos ricos em proteína estão relacionados às isothermas de tipo II, como mostrado por Assunção e Pena (2007) estudando resíduo seco de camarão-rosa. Lourenço et al. (2011) observaram que farinha de piracuí apresentaram isothermas de tipo III. O mesmo comportamento foi observado por Molina-Filho et al. (2006) na obtenção de isothermas de sorção para tampaqui desidratada osmoticamente. A adição de sal, tanto na farinha de piracuí como no tampaqui podem ter influenciado no formato da isoterma.

Segundo Labuza (1968), a isoterma de sorção pode ser obtida em duas direções: a adsorção é feita quando um material completamente seco é colocado em várias atmosferas de umidades relativas crescentes e medindo o aumento de peso devido ao ganho de água; e na dessorção, o material inicialmente úmido é colocado sob umidades relativas decrescentes, sendo medida a perda de peso, devido à saída de água. Essas curvas, que teoricamente são idênticas, não se sobrepõem na prática. É comum haver diferenças entre as isothermas de dessorção e adsorção com os valores obtidos por determinações experimentais, esse fenômeno é denominado de histerese. As razões para que este fenômeno ocorra não são muito claras (NOGUEIRA, 2002).

Para determinação experimental de umidade de equilíbrio torna-se necessário um ambiente com umidade relativa controlada. O método de controle de umidade relativa mais utilizado é o de compostos químicos, tais como soluções aquosas de ácido sulfúrico e soluções de sais. Cada solução apresenta um grau de ajuste de umidade relativa que pode ser obtido variando-se a concentração das soluções a diferentes temperaturas (PARK et al., 2001b).

Através das isothermas de adsorção e dessorção de umidade podem-se resolver numerosos problemas de processamento e estocagem de alimentos, dentre os quais se podem destacar: a vida de prateleira e as melhores condições de armazenamento e embalagem para o produto. 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; PENA, 2007).

Alguns modelos empíricos e teóricos foram propostos para o ajuste de isothermas de sorção. Dentre os mais comuns podem ser citados os modelos de BET e GAB.

A equação de BET (BRUNAUER et al., 1938) é provavelmente a equação mais utilizada, sendo baseada no conceito de Langmuir (1918) de adsorção de água na monocamada molecular, estando representada na equação 8.

$$X_e = \frac{(X_m \cdot C_{BET} \cdot a_w) \cdot (1 - (n+1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1})}{(1 - a_w) \cdot (1 + (C_{BET} - 1) \cdot a_w - C_{BET} \cdot a_w^{n+1})} \quad (\text{Eq. 8})$$

A equação de GAB (Guggenheim-Anderson-deBoer) é baseada na teoria do modelo BET, sendo introduzida por Van der Berg (1984) para padronizar a descrição e comparação do material biológico, estando representada na equação 9. Envolve três coeficientes que têm significância física, dois deles é em função da temperatura (MAROULIS et al., 1988).

$$X_e = \frac{X_m \cdot C_{GAB} \cdot K_{GAB} \cdot a_w}{(1 - K_{GAB} \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C_{GAB} \cdot K_{GAB} \cdot a_w)} \quad (\text{Eq. 9})$$

Nomenclatura das Equações 8 e 9: 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.

3.10. Farinha de Tilápia

A farinha de peixe é um produto obtido a partir da cocção dos resíduos gerados na industrialização e comercialização. Quando obtida pelo método tradicional, onde o resíduo é cozido em digestor, em alta temperatura ($110\pm 10^{\circ}\text{C}$) e por um tempo médio de 1h e 30 minutos, geralmente apresenta baixa qualidade (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006), além de requerer maquinário de um custo relativamente elevado.

Novos métodos de processamento vêm sendo pesquisado, visando uma melhor qualidade e a sua utilização para o consumo humano. O espinhaço (PETENUCCI et al., 2010), a cabeça (STEVANATO et al., 2008) e a carcaça do pescado podem ser utilizados como matéria-prima (GODOY et al., 2010)

Esse produto se destaca pelo elevado valor proteico, conteúdo de minerais (cálcio, fósforo e ferro) e ácidos graxos da família ômega-3, podendo ser utilizada na alimentação humana e em programas governamentais, em países onde ainda há problemas nutricionais, atendendo as comunidades de baixa renda (GODOY et al., 2010). Rocha et al. (2011) sugeriu a elaboração de pratos regionais de modo a oferecer um alimento com elevado teor nutricional e na merenda escolar de escolas públicas.

Estudos vêm mostrando sobre o aproveitamento dos resíduos na forma de farinha de tilápia e na inserção parcial em alimentos que são amplamente consumidos visando seu enriquecimento nutricional. Adeleke e Odedeji (2010) avaliaram a inclusão de 5 a 20% de farinha em pães e observaram que pode ser utilizada para fortificar pães, tornando-os mais nutritivos. Veit et al. (2012) estudaram a adição de 20% e 12% de filés cozidos e triturados em bolo de chocolate e cenoura, respectivamente. Ambos os autores concluíram que os produtos estudados obtiveram índices de aceitabilidade satisfatórios e incremento no valor nutricional. Stevanato et al. (2007) estudaram a inclusão da farinha na elaboração da sopa e observou que aumentou a concentração de todos os ácidos graxos ômega-3, especialmente dos ácidos LNA, EPA e DHA e que apresentou excelente aceitação pelos alunos do ensino fundamental e, desta forma, pode ser recomendada para a merenda escolar.

Rocha et al. (2011) verificaram que a farinha de tilápia apresentou uma estabilidade de 90 dias determinando que durante esse período não há a necessidade de equipamentos de refrigeração para a manutenção de suas características químicas e microbiológicas. Este fato é útil para a utilização da farinha em locais que muitas vezes não possuem infraestrutura para a conservação dos produtos alimentícios, como por exemplo, as escolas rurais.

3.11. Análise de Cor

A cor pode ser definida como a sensação visualizada por indivíduo quando a energia da luz correspondente ao espectro visível atinge a retina do olho (RIBEIRO et al., 2007).

A colorimetria, conhecida como a ciência da medição da cor, é utilizada no comércio, indústria e laboratório para expressar a cor de forma numérica de acordo com padrões normalizados internacionalmente, tornando a comunicação da cor mais simples e exata (WENDT, 2006).

Com o objetivo de normalizar a medição da cor, em 1931 a CIE (“Commission Internationale de L’Eclairage” ou Comissão Internacional de Iluminação) adotou os seguintes métodos para medição e especificação de cor: uso de fontes de luz-padrão definidas pela CIE, condições exatas para observação ou medição da cor, uso de unidades matemáticas apropriadas para expressar a cor e definição do observador-padrão (JIMÉNEZ; GUTIÉRREZ, 2001).

A escala de cor CIELab (Figura 5) pode ser usada em qualquer objeto cuja cor pode ser medida. É atualmente o sistema mais utilizado para descrição quantitativa da cor de um objeto devido a sua uniformidade (MARTINAZO, 2006). Existem ainda valores de delta associados a esta escala de cor (ΔL^* , Δa^* e Δb^*) para indicar o quanto a amostra diferiu do padrão para L^* (coordenada angular - luminosidade), a^* (coordenada angular - esverdeada-amarelada) e b^* (coordenada angular - azulada-amarelada), e são frequentemente utilizados no controle de qualidade e ajustes de formulação, além de serem utilizados para o cálculo da diferença total de cor (ΔE^*) (HUNTERLAB, 1996). O ângulo de matiz (h^*) é o ângulo do círculo, derivado dos valores de a^* e b^* . E a saturação ou cromaticidade (C^*) é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^* (BARROS, 2002).

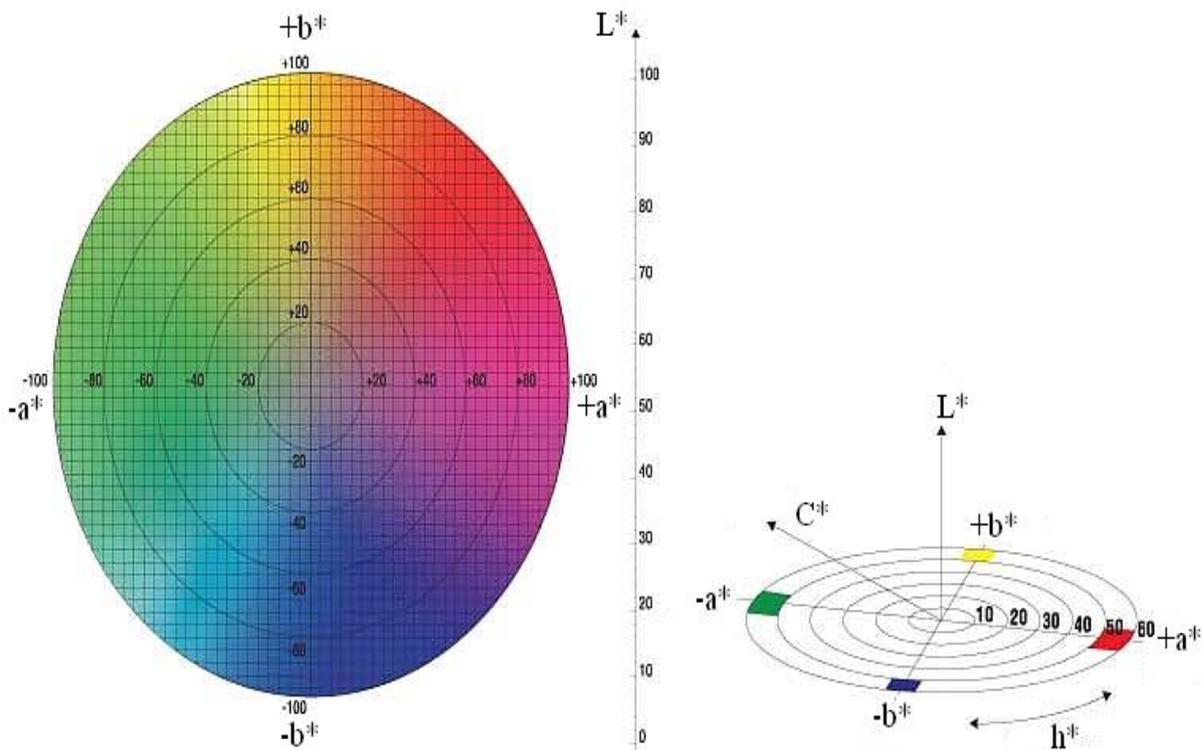


Figura 5. Escala de cor CIELab

Na carne do peixe e de outros animais vertebrados e invertebrados, a mioglobina é o principal pigmento responsável pela coloração marrom-avermelhada. A hemoglobina também presente no músculo escuro, porém em pequenas concentrações, pouco contribui para a cor da carne, exceto nos casos em que haja rupturas dos vasos sanguíneos com acúmulo de sangue nos tecidos musculares (MAIA; OGAWA, 1999).

A coloração do peixe pode alterar quando submetido ao processo de secagem (POKORNY, 1981) e durante a salga (BOBBIO; BOBBIO, 1989). Diversos fatores podem influenciar nos parâmetros de cor e na reação de escurecimento nos alimentos, como a temperatura de processamento, a atividade de água do material (TSAI et al., 1991a), o valor de pH (TANAKA et al., 1994), a presença de açúcares redutores (OMURA et al., 2007), os aminoácidos livres (TSAI et al., 1991b) e as proteínas (TANAKA et al., 1994). Outro fator importante é a oxidação de lipídeos que também leva ao escurecimento de peixe seco pela interação com as proteínas (POKORNY, 1981).

Ribeiro et al. (2007) estudaram a alteração da cor da carne de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) in natura e desidratadas osmoticamente. Os autores verificaram que as amostras sem pré-tratamento, foram as que apresentaram maior diferença total de cor, mostrando o alto nível de oxidação que as mesmas sofreram em função do tempo maior de secagem.

Ortiz et al. (2013) avaliaram a cor de salmão submetido a secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60°C e verificaram que valores na diferença de cor aumentaram significativamente ($p < 0,05$) com as temperaturas empregadas (9,27 a 40°C, 12,37 a 50°C e 19,31 a 60°C), quando comparados à amostra fresca. Os autores afirmam que os fatores externos, tais como a temperatura e o tempo de secagem influenciam os parâmetros de cor.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Matéria-prima

A CMS de tilápia (*Oreochromis niloticus*) congelada (Figura 6) foi adquirida junto a COOPERCRAMMA, Cooperativa de Cachoeiras de Macacu. As amostras foram acondicionadas em câmara a -18°C na Embrapa Agroindústria de Alimentos até o momento de sua utilização. O desenvolvimento da farinha de CMS de tilápia foi realizado na Embrapa Agroindústria de Alimentos.



Figura 6. Carne mecanicamente separada de tilápia congelada

4.2. Processamento da Farinha de CMS de Tilápia

Testes preliminares foram realizados na planta piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos para a produção de farinha de CMS de tilápia. A CMS foi descongelada e retirou-se o excesso de água. Foi colocada em bandejas removíveis com fundo telado e levada ao secador de cabine com circulação de ar, permanecendo por 24 h a 50°C . Em seguida a massa foi deixada em descanso até atingir a temperatura ambiente e triturada em um multiprocessador de alimentos da marca Britânia, e assim foi obtida a farinha de CMS de tilápia. A farinha foi embalada à vácuo em sacos plásticos revestidos de folha de alumínio (embalagem tipo “stand up pouch”) e armazenadas em dessecador à temperatura de 25°C .

Testes foram realizados na planta piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos para a produção de farinha de CMS de tilápia, na tentativa de melhorar seus aspectos sensoriais, como a coloração. Foram utilizados pré-tratamentos de lavagens e salga, conforme descritos abaixo.

Lavagem aplicada como pré-tratamentos da CMS

Primeiramente, com o objetivo de evitar a oxidação lipídica e o escurecimento da farinha, a lavagem foi realizada, seguindo os procedimentos utilizados por Motta (2013), com algumas modificações. A CMS de tilápia foi submersa em ácidos (ascórbico e cítrico), com proporção de 1 parte de CMS: 1 parte de ácido. Utilizaram-se soluções de 1% de ácido ascórbico e de 1% de ácido cítrico, variando o tempo em 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos. Após esse procedimento as amostras foram colocadas em bandejas removíveis com fundo telado e levadas ao secador de cabine, permanecendo por 24 h a 50°C .

Ainda com o objetivo de diminuir o escurecimento da farinha de CMS de tilápia, foram realizados testes com lavagens da CMS, de acordo com o procedimentos utilizados por Vidal et al. (2011), com algumas modificações.

- Lavagem com água: Utilizou-se 3 ciclos de lavagens com água a 10°C (Figura 7a), com filtragens entre os ciclos. A proporção de CMS: água utilizada foi de 1:3, com agitação por 5 minutos. Após esse procedimento as amostras foram colocadas em bandejas removíveis com fundo telado e levadas ao secador de cabine, permanecendo por 24 h a 50°C.

- Lavagem com água e etanol: Utilizou-se 3 ciclos de lavagens com água a 10°C, com filtragens entre os ciclos. A proporção de CMS: água utilizada foi de 1:3, com agitação por 5 minutos. Depois ocorreu a lavagem com etanol absoluto (Figura 7b), com proporção de CMS:etanol de 1:2, com agitação de 20 minutos e posterior filtragem. Após esse procedimento as amostras foram colocadas em bandejas removíveis com fundo telado e levadas ao secador de cabine, permanecendo por 24 h a 50°C.



Figura 7. (a) CMS de tilápia no processo de lavagem com água; (b) CMS de tilápia no processo de lavagem com etanol

Salga aplicada como pré-tratamento da CMS

O procedimento de salga teve o objetivo de diminuir a atividade de água e também desenvolver sabor e coloração mais agradável à CMS de tilápia, seguindo os procedimentos utilizados por Alves et al. (2010), com algumas modificações. A CMS foi disposta em uma bandeja formando uma camada de 1,0 cm e o sal grosso colocado sobre as mesmas sendo mantido à temperatura ambiente, durante 24 horas (Figura 8). Empregou-se uma parte de sal grosso para uma parte de CMS. Ao final, pesou-se a CMS e retirou-se o excesso de sal e de líquido originado no processo. Após esse procedimento as amostras foram colocadas em bandejas removíveis com fundo telado e levadas ao secador de cabine, permanecendo por 24 h a 50°C.



Figura 8. CMS de tilápia no processo da salga

4.3. Cinética de Secagem da Farinha de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga

A secagem da CMS salgada e sem tratamento da salga (Figura 9) foi realizada por meio de um secador de cabine (Figura 10a), às temperaturas de 40, 50 e 60°C e com velocidade de ar de 0,5 m.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 foi colocada em bandejas removíveis com fundo telado para permitir a passagem do ar através da massa do produto (Figura 10b). Durante a operação de secagem foram realizadas pesagens em intervalos de 30 minutos durante as primeiras 4 horas, porém o processo foi conduzido até que não fossem observadas variações na perda de água, atingindo o equilíbrio. Durante todo o processo, a temperatura e a umidade relativa média do ambiente foram monitoradas, utilizando o termohigrômetro Traceable® Hygrometer Thermometer Dew Point, da marca Cole-Parmer. Ao término do processo as amostras foram pesadas e acondicionadas em embalagens de alumínio-polietileno (“stand up pouch”), seladas à vácuo (seladora à vácuo da marca Selovac, modelo 200B) e mantidas em um dessecador sob vácuo à temperatura ambiente de 25°C.

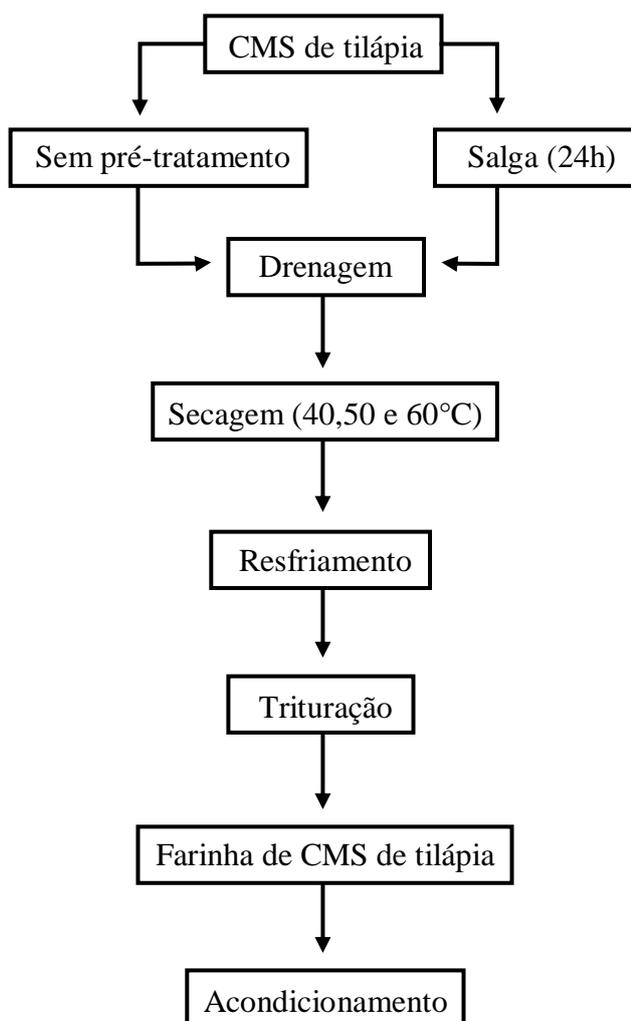


Figura 9. Fluxograma de elaboração das farinhas de CMS de tilápia



Figura 10. (a) Secador do tipo cabine com circulação de ar utilizado no experimento de secagem; (b) CMS de tilápia no secador

A umidade foi determinada ao final de cada secagem, conforme metodologia da AOAC (2005), no qual foi utilizado o método gravimétrico, através da perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa à vácuo à 70°C, pressão à 70mm de Hg, até a obtenção de peso constante do produto dessecado.

A secagem da CMS ocorreu durante 21 horas, sendo os dados de variação de massa coletados apenas nas primeiras 4 horas de processo e desta forma foi possível observar apenas o período de taxa constante de secagem. Durante o período de taxa constante de secagem a transferência de massa ocorre por difusão e desta forma foi possível estimar o coeficiente convectivo de transferência de calor (h).

No presente estudo, não foi possível observar o período de taxa de secagem decrescente e, conseqüentemente, determinar a difusividade efetiva (D_{eff}) do material. Sendo assim, na determinação da adimensional (número de Nusselt) foi utilizada a condutividade térmica (k) e a difusividade efetiva (D_{eff}) que estão apresentadas na Tabela 1 (BALABAN; PIGOTT, 1988).

Tabela 1. Parâmetros para número de Nusselt

	k (W/cm K)	D_{eff} (cm ² /s)
Peixe	1,81 x10 ⁶	5,16 x10 ⁹

4.4. Análises

4.4.1. Composição 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, no Laboratório de Minerais da Embrapa Agroindústria de Alimentos - RJ. Os resultados foram expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra. 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).

4.4.2. Composição de aminoácidos

Foram realizadas análises em duplicata dos teores de ácido aspártico, serina, glutamina, glicina, histidina, arginina, treonina, alanina, prolina, tirosina, valina, lisina, isoleucina, leucina e fenilalanina, de acordo com Liu et al. (1995) e o método 994.12 da AOAC (2000), na matéria-prima e nas farinhas desenvolvidas, no Laboratório de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência da Embrapa Agroindústria de Alimentos - RJ.

No preparo das amostras, inicialmente foram desengorduradas com hexano. Para ocorrer a liberação dos aminoácidos, as amostras foram submetidas ao processo de hidrólise ácida em ampolas de vidro com HCl 6N, seladas sob N_2 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 logo depois foi adicionada uma solução de AMQ (carbamato de 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidila), sendo que a reação foi completa com aquecimento a $55\pm 1^\circ\text{C}$ 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. O detector de fluorescência foi ajustado com os comprimentos de onda de excitação em 250nm e de emissão em 395nm. Utilizou-se uma coluna Nova-Pak® C18, $3,9 \times 150$ mm, de 4 mm (Waters, Estados Unidos da América) a 37°C . Os resultados foram expressos em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra.

4.4.3. Composição de ácidos graxos

A análise de teor de gordura saturada e insaturada foi realizada 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), no Laboratório de Óleos graxos e de Cromatografia gasosa da Embrapa Agroindústria de Alimentos - RJ.

Na hidrólise ácida, as amostras sofreram digestão com o ácido clorídrico, na presença de pirogalol, que é antioxidante, e os lipídeos foram extraídos com éter etílico e de petróleo. Na metilação, ocorreu a conversão de lipídeos em ésteres metílicos (FAME), visando obter derivados de mais baixo ponto de ebulição, que são facilmente analisados na cromatografia gasosa. Nesta 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 ($60\text{m} \times 0,32\text{mm} \times 0,25\text{m}$) e programação de temperatura conforme descrito: temperatura inicial de 100°C por 3 minutos; de 100 a 150°C com rampa de $50^\circ\text{C}/\text{minuto}$; de 150 a 180°C com rampa de $1^\circ\text{C}/\text{minuto}$; de 180 a 200°C com rampa de $25^\circ\text{C}/\text{minuto}$ e na temperatura final de 200°C por 10 min. Foi injetado $1\mu\text{L}$ 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 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de cada ácido graxo em relação ao peso de produto foi realizada com padrão interno de triglicerídeo de C11.

4.4.4. Análise microbiológica

Foram realizadas análises microbiológicas para verificação de presença dos seguintes microrganismos: *Salmonella* sp, *Staphylococcus* coagulase positiva, contagem de coliformes a 45 °C e a 35°C e contagem padrão em placas de aeróbios psicotróficas na matéria-prima e *Salmonella* sp, contagem de coliformes a 45 °C e a 35°C, contagem padrão em placas de aeróbios psicotróficas e contagem de fungos filamentosos e leveduras na farinha sem pré-tratamento a 50°C, de acordo com as metodologias descritas no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA, 2001), no Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Embrapa Agroindústria de Alimentos - RJ. Os resultados obtidos foram comparados com os critérios microbiológicos exigidos pela legislação vigente (BRASIL, 2001).

4.4.5. Isotermas de sorção

Para construção das isotermas de sorção utilizou-se o método gravimétrico estático para determinar as umidades de equilíbrio das farinhas de CMS de Tilápia com e sem pré-tratamento da salga nas temperaturas de secagem 40, 50 e 60°C, segundo metodologia descrita por Ditchfield (2000), no qual as soluções saturadas de sais foram preparadas a 25°C, no qual o sal foi colocado no fundo dos recipientes, 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.

A Tabela 2 mostra a faixa de atividade de água utilizada, 0,1130 a 0,8434, na temperatura de 25°C, de acordo com GREENSPAN (1977).

Tabela 2. Valores de atividade de água para cada sal

Sal	a_w
LiCl	0,1130
KCH ₃ COO	0,2251
MgCl ₂	0,3278
K ₂ CO ₃	0,4316
Mg (NO ₃) ₂	0,5286
NaBr	0,5757
NaCl	0,7529
KCl	0,8434

As amostras, em duplicatas, foram pesadas e colocadas em cadinhos, e em seguida armazenadas em dessecadores com as respectivas soluções de sais para cada valor de umidade relativa desejado, que foram então mantidos na temperatura de 25°C (Figura 11). 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 massa seca das amostras.



Figura 11. Dessecadores utilizados nos experimentos para determinação das isotermas de sorção

As umidades de equilíbrio (em base seca) foram calculadas de acordo com a Equação 10.

$$X_e = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (\text{Eq.10})$$

Onde: X_e = umidade no equilíbrio (g/g); m_{eq} = massa no equilíbrio (g); m_s = massa seca (g)

Os dados experimentais das amostras 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 qual o melhor ajuste, foi a combinação dos coeficientes de determinação (R^2) e o módulo do erro relativo médio (ERM) através da Equação 11.

$$ERM = \frac{100}{ne} \sum_{i=1}^{ne} \frac{|VE - VP|}{VE} \quad (\text{Eq. 11})$$

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

4.4.6. Análise de cor instrumental

A análise instrumental de cor das amostras foi realizada por reflectância no aparelho Color Quest XE (HunterLab), utilizando ângulo de observação de 10° , 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 C^* e h^* (Equações 12 e 13), onde croma 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 o ângulo de tom, indica 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). A saturação dá uma dimensão da mistura da cor com o branco e o ângulo de tom é uma propriedade qualitativa relacionada ao comprimento de onda das cores espectrais, utilizado para expressar a diferença entre as diversas cores existentes (REIS et al., 2006).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Eq. 13})$$

4.4.7. Análise estatística

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

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Microbiológica

A Tabela 3 mostra a análise microbiológica da CMS de tilápia e farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento a 50°C. De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2001), a matéria prima encontrou-se dentro dos limites exigidos para amostra indicativa de produtos de pescados refrigerados ou congelados, podendo ser utilizada para o processamento da farinha destinada ao consumo humano. A qualidade microbiológica da farinha analisada apresentou conformidade, para amostra indicativa de pescado seco e/ou salgado.

O processo de obtenção da CMS de tilápia e da farinha possibilita uma contaminação microbiana durante o processo devido à falta de higiene do pessoal da produção e a não higienização dos equipamentos e do ambiente. Recomenda-se fortemente que as Boas Práticas de Fabricação sejam respeitadas para a obtenção de CMS de pescado para que a mesma possa ser utilizada em processamentos posteriores para utilização humana ou mesmo para animais.

No caso no material utilizado nos experimentos planejados, os resultados microbiológicos indicam que os cuidados de higiene adotados durante a manipulação foram corretos (Tabela 3).

Tabela 3. Análise microbiológica da CMS de tilápia e da farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento a 50°C

Microrganismos	CMS de tilápia	Farinha sem pré-tratamento a 50°C	Legislação
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	<1,0 x 10 ¹ estimado	<1,0 x 10 ¹ estimado	<5x10 ²
Contagem padrão em placas de aeróbios psicrotróficas (UFC/g)	1,3 x 10 ⁵	<1,0 x 10 ¹ estimado	-
<i>Salmonella</i> sp. (em 25g)	ausência	ausência	ausência
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	<3	<3	<10 ²
Coliformes a 35 °C (NMP/g)	<3	<3	-
Contagem de fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)		<1,0 x 10 ¹ estimado	-

5.2. Processamento da Farinha de CMS de Tilápia

Nos testes realizados com a CMS de tilápia sem pré-tratamento submetidas à secagem convectiva na temperatura de 50°C foi observado uma coloração escura das farinhas de CMS de tilápia (Figura 12a). Visando obter uma farinha mais clara, alguns pré-tratamentos foram testados. Verificou-se que o uso do pré-tratamento com ácido ascórbico e ácido cítrico e posterior secagem da CMS de tilápia não atingiu o resultado esperado, pois as amostras ficaram visivelmente mais escuras (Figura 13).

Os resultados obtidos com o pré-tratamento de lavagens com água (Figura 12b) e com água e etanol (Figura 12c) e da salga (Figura 12d) clarearam visivelmente a farinha de CMS

de tilápia, que foram submetidas à análise de cor para comparação com a farinha sem pré-tratamento.

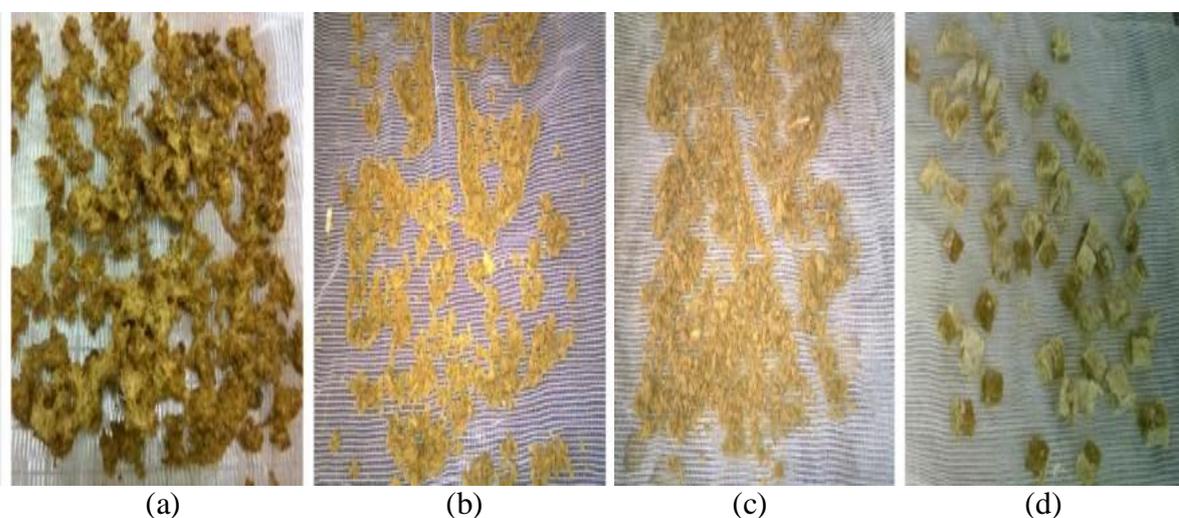


Figura 12. (a) CMS de tilápia seca a 50°C; (b) CMS de tilápia lavada com água e seca a 50°C; (c) CMS de tilápia lavada com água e etanol e seca a 50°C; (d) CMS de tilápia salgada e seca a 50°C

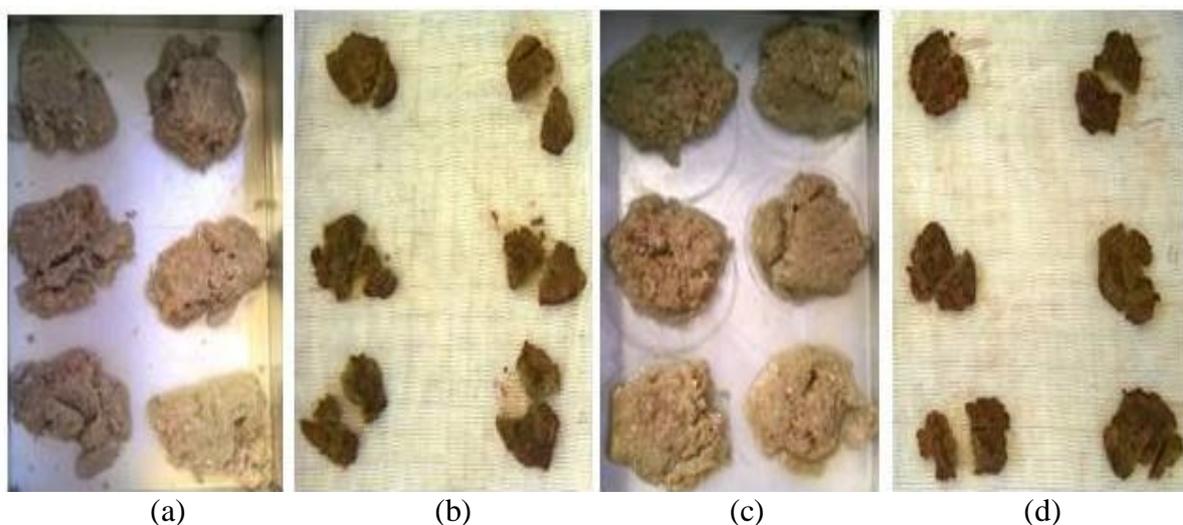


Figura 13. (a) CMS de tilápia imersa no ácido ascórbico; (b) CMS de tilápia seca com pré-tratamento de ácido ascórbico; (c) CMS de tilápia imersa no ácido cítrico; (d) CMS de tilápia seca com pré-tratamento de ácido cítrico

Os parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento, lavada com água, lavada com água e etanol e salgada, submetidas à secagem na temperatura de 50°C, estão apresentados na Tabela 4. Todas as farinhas mostraram luminosidade L* (branco), coordenada a* positivo (vermelho) e coordenada b* positivo (amarelo).

A farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento apresentou valor significativamente maior para a* ($1,65 \pm 0,32$) e menor para h* ($83,39 \pm 1,33$). Valores de a* foram significativamente menores para os pré-tratamentos de lavagens (água: $0,66 \pm 0,08$ e água e etanol: $0,06 \pm 0,15$) e de salga ($0,80 \pm 0,21$), o que indica uma redução da cor vermelha

($p < 0,05$). O valor de L^* ($59,16 \pm 2,57$) maior para o tratamento de salga indica coloração mais clara entre as farinhas (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia submetidas a diferentes tratamentos a temperatura de 50°C

	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
Sem pré-tratamento	$55,87 \pm 1,34^{a,b}$	$1,65 \pm 0,32^a$	$14,24 \pm 0,80^a$	$14,37 \pm 0,80^a$	$83,39 \pm 1,33^c$
Lavagem com água	$55,19 \pm 1,07^b$	$0,66 \pm 0,08^b$	$12,58 \pm 0,95^{a,b}$	$12,60 \pm 0,95^{a,b}$	$86,99 \pm 0,19^b$
Lavagem com água e etanol	$56,47 \pm 0,65^{a,b}$	$0,06 \pm 0,15^c$	$11,49 \pm 0,07^b$	$11,49 \pm 0,07^b$	$89,72 \pm 0,74^a$
Salgada	$59,16 \pm 2,57^a$	$0,80 \pm 0,21^b$	$12,33 \pm 1,08^b$	$12,36 \pm 1,08^b$	$86,28 \pm 0,97^b$

Dados representados por média \pm desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$); L^* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a^* varia do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*), e b^* do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*); croma C^* = expressa a saturação ou intensidade de cor (desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^*); h^* = ângulo de tom, 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).

Desta forma, a farinha salgada submetida à secagem de 50°C apresentou melhores valores de luminosidade ($L^* = 59,16$), indicando uma coloração mais clara e da coordenada a^* (0,80), indicando uma redução da cor vermelha, quando comparada à farinha sem pré-tratamento (Tabela 4). O processo de salga, então, apresentou característica interessante na coloração da farinha, além de ser um processo fácil e de baixo custo. Ribeiro et al. (2010) avaliaram sensorialmente o peixe mapará in natura e com pré-tratamento osmótico (em soluções de NaCl, de NaCl + sacarose e de NaCl + xarope de milho) antes da secagem e concluíram que as amostras tratadas com soluções osmóticas, com exceção das tratadas com solução de NaCl + xarope de milho, proporcionaram produtos com textura, sabor e aroma mais agradáveis.

Os parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas de 40°C , 50°C e 60°C estão mostrados na Tabela 5. Todas as farinhas mostraram luminosidade L^* (branco), coordenada a^* positivo (vermelho) e coordenada b^* positivo (amarelo).

Tabela 5. Parâmetros de cor das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada a temperatura de 40°C , 50°C e 60°C

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

Dados representados por média \pm desvio padrão; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$); L^* = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a^* varia do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*), e b^* do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*); croma C^* = expressa a saturação ou intensidade de cor (desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^*); h^* = ângulo de tom, 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).

Verificou-se que os valores de L^* foram menores, o de h^* foram maiores e os de a^* , b^* e C^* foram semelhantes aos apresentados por Oliveira et al. (2015), que avaliaram a secagem da CMS de um peixe (*Brachyplatystoma vaillantii*) a 60°C e obtiveram valores de L^* ($66,72 \pm 0,02$), a^* ($2,62 \pm 0,03$), b^* ($13,29 \pm 0,01$), c^* ($13,55$) e h^* ($0,19$).

A farinha de CMS de tilápia salgada a 50°C (Figura 14b) apresentou melhor resultado quando comparada as demais farinhas, no qual foi observado valor de a^* ($0,80 \pm 0,21$) significativamente menor ($p < 0,05$), mostrando uma redução da cor vermelha e valor de L^* maior ($59,16 \pm 2,57$), indicando uma cor mais clara (Tabela 5).

Entre as farinhas sem pré-tratamento, o melhor resultado apresentado foi na temperatura de 50°C (Figura 14a), no qual foi observado o valor de a^* menor ($1,65 \pm 0,32$), mostrando uma redução da cor vermelha e valor de L^* maior ($55,87 \pm 1,34$), indicando uma cor mais clara (Tabela 5).

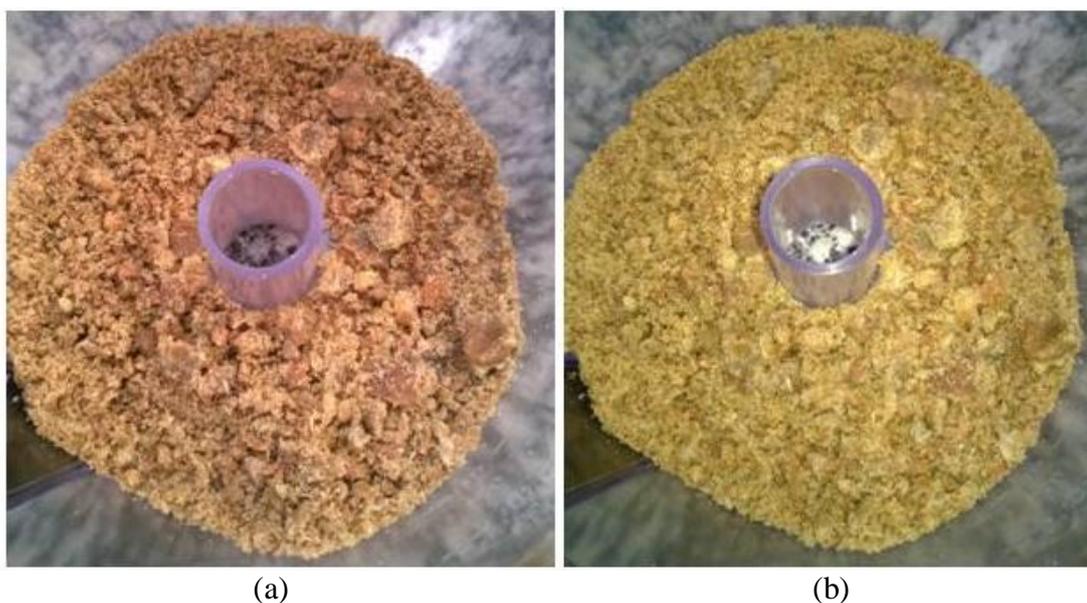


Figura 14. (a) Farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento a 50°C; (b) Farinha de CMS de tilápia salgada a 50°C

5.3. Cinética de Secagem das Farinhas de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga

As Figuras 15, 16 e 17 apresentam as curvas de secagem por convecção da CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada submetidas às temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C. De acordo com Sacilik e Elicin (2006) o aumento da temperatura do ar de secagem é o principal fator para aumentar a velocidade de secagem e, conseqüentemente o tempo para atingir a umidade de equilíbrio. Guan et al. (2013) avaliaram a secagem convectiva de filés de tilápia em diferentes temperaturas (35, 45 e 55°C) e observaram que o aumento da temperatura levou a uma velocidade de secagem mais rápida. Essa tendência também foi observada no presente estudo, no qual as temperaturas de 50 e 60°C nas farinhas sem pré-tratamento apresentaram uma redução da umidade mais rápida (Figura 16 e 17). As farinhas sem pré-tratamento apresentaram melhores coeficientes de correlação pelos valores estarem mais próximos da unidade.

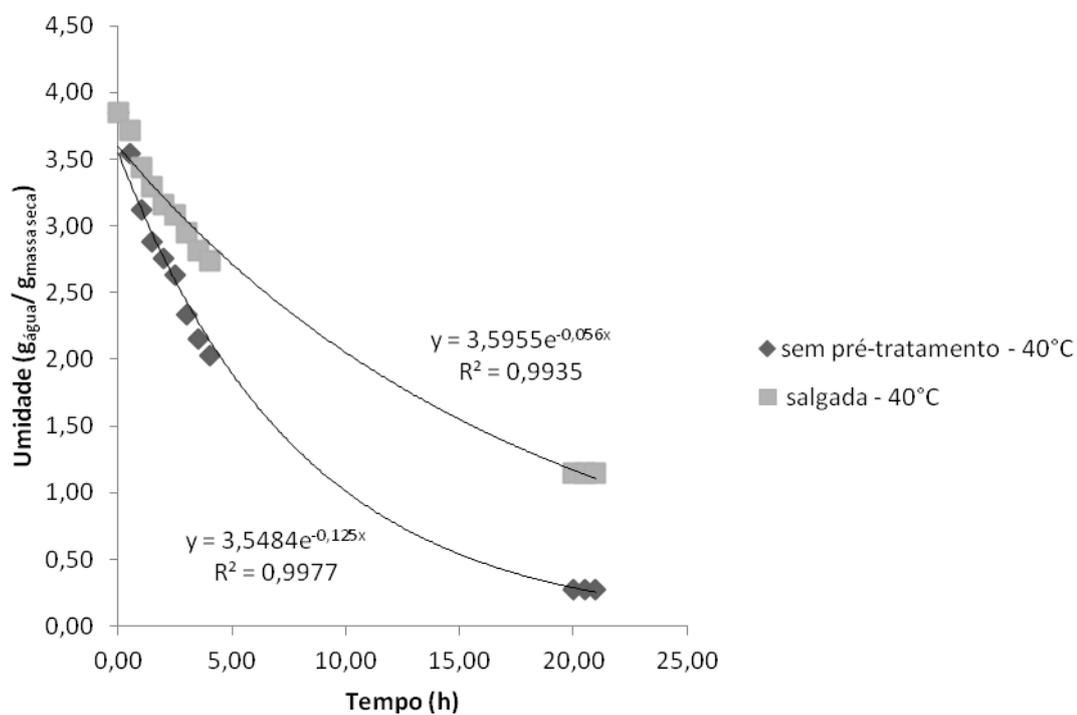


Figura 15. Curvas de secagem das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40°C

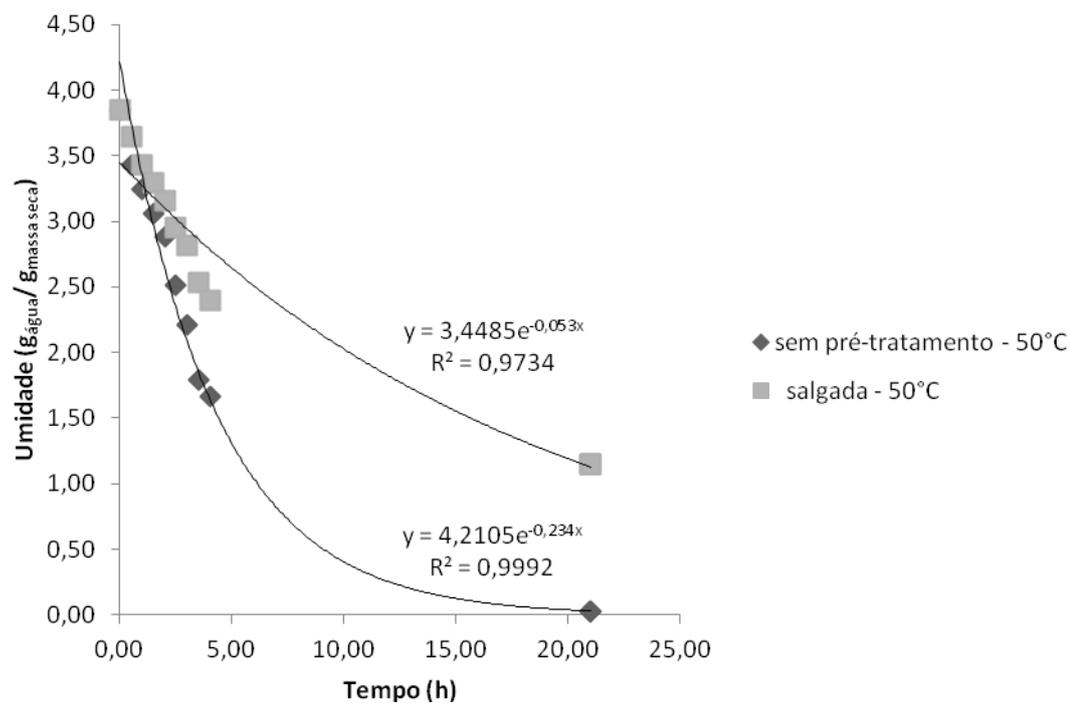


Figura 16. Curvas de secagem das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 50°C

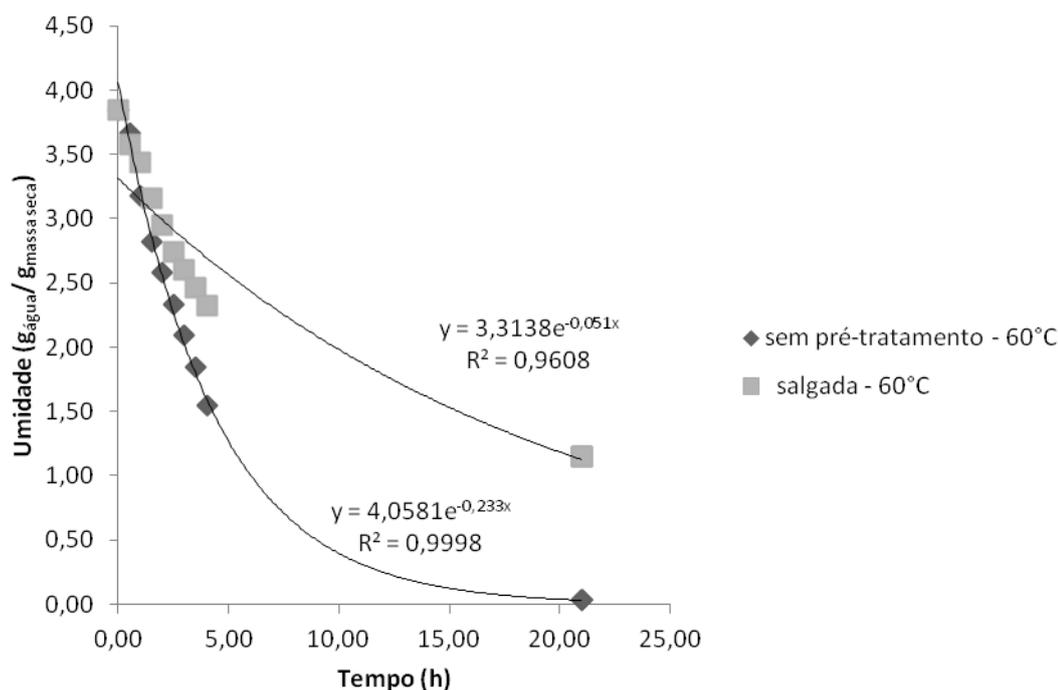


Figura 17. Curvas de secagem das farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 60°C

Segundo Vilela e Artur (2008) as informações contidas nas curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos. Pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de produtos e, com o tempo necessário para a produção, estima-se o gasto energético que refletirá no custo de processamento e, por sua vez, influenciará no preço final do produto. No dimensionamento de equipamento podem-se determinar as condições de operação para secagem e, com isto, a seleção de trocadores de calor, ventiladores e outros.

Observaram-se taxas de secagem mais baixas para as farinhas pré-tratadas com salga. Segundo Córdova (2006), durante a secagem de produtos pré-tratados osmoticamente, foi observado uma diminuição na velocidade de secagem com relação aos produtos sem este pré-tratamento, devido ao efeito da impregnação de solutos na superfície dos alimentos. Por outro lado, essa camada superficial formada, evita o encolhimento excessivo do tecido durante o processo, proporcionando uma melhor textura ao produto.

O coeficiente convectivo de transferência de calor (h), as taxas de secagem e o número de Nusselt (Nu) para as farinhas de tilápia submetidas ou não ao pré-tratamento da salga nas temperaturas de secagem de 40°C, 50°C e 60°C são apresentados na Tabela 6.

O h variou de 8,59 a 19,66 W/m²°C para as farinhas sem pré-tratamento e salgada (Tabela 6). Resultado semelhante 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. Observou-se que o valor de h diminui conforme a temperatura aumenta. De acordo esses autores, este coeficiente h diminui com a redução do conteúdo de umidade. Observou-se também que o processo com salga apresentou valores menores de h que o processo sem salga, como esperado uma vez que o sal adsorve parte da água presente na CMS. Este parâmetro, h , é importante no cálculo da taxa de secagem, uma vez que a diferença de temperatura entre o ar e o produto varia de acordo com este coeficiente (ANWAR; TIWARI, 2001).

Os valores de Nu variaram de 4,22 a 5,60 e 2,45 a 2,99 para as farinhas sem pré-tratamento e salgada, respectivamente (Tabela 6). Observou-se que os valores de Nu seguiram a mesma tendência dos valores de h, diminuindo conforme a temperatura aumenta e o processo com salga apresentando valores menores do que o processo sem salga.

O Nu é um parâmetro adimensional importante na transmissão de calor por convecção e relaciona a característica térmica do fluido e uma característica de dimensão do sistema para a transferência de calor (GERYTCH, 2015). A análise dimensional é um método de reduzir o número de variáveis, as quais não possuem dimensão física (números adimensionais), tornando possível organizar e expressar mais eficazmente os resultados.

Tabela 6. Coeficiente convectivo de transferência de calor, taxa de secagem e número de Nusselt para as farinhas de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C

	Sem pré-tratamento			Salgada		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
M_s (Kg)	0,0825	0,0825	0,0825	0,0722	0,0722	0,0722
dX/dt (g _{água} /g _{massaseca} 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	50	60	40	50	60
T_u (°C)	19	21	25	19	21	25
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

5.4. Umidade de Equilíbrio das Farinhas de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga

Os resultados da umidade de equilíbrio (X_e) para as farinhas de CMS de tilápia submetidas ou não ao pré-tratamento da salga nas temperaturas de secagem de 40°C, 50°C e 60°C estão mostrados na Tabela 7. Os valores de umidade de equilíbrio estão na faixa de 0,0042 a 0,8868 g/g de matéria seca.

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). Como todo material higroscópico, as farinhas de CMS de tilápia cedem ou absorvem água do ar que as envolve; assim, se a pressão de vapor de água na farinha for menor do que a do ar ocorre a absorção de umidade (adsorção) e, no caso inverso, a farinha cede água para o ar (dessorção). Quando a pressão de vapor de água da superfície da semente se iguala à pressão do ar ambiente, obtém-se a umidade de equilíbrio (NELLIST; HUGUES, 1973). O conteúdo de umidade de equilíbrio (X_e) aumentou com a elevação da atividade de água (Tabela 7). 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.

De acordo com Labuza (1986), a relação existente entre a água e os outros componentes de um produto, que define a sua higroscopicidade, é muito marcante nos

produtos alimentícios, e torna-se uma característica fundamental a influenciar os processos de manuseio, processamento, estocagem e consumo.

Tabela 7. Valores experimentais de umidade de equilíbrio a 25°C para farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada

a_w	X_e - sem pré-tratamento			X_e - 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

Pode ser observado na Tabela 7 que o conteúdo de umidade de equilíbrio (X_e) para a farinha decresceu com o aumento da temperatura. De acordo com Molina-Filho et al. (2006) a 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.

Comparando os dois produtos, observou-se pela Tabela 7 que os valores de X_e da farinha salgada são menores que os observados para a sem pré-tratamento, para valores de a_w de 0,1130 a 0,4316. Em valores a_w 0,5286 a 0,8434 observa-se a inversão do fenômeno, isto é, os valores de X_e da farinha salgada são maiores do que a sem pré-tratamento.

Martins et al. (2015) observaram que o pirarucu com diferentes concentrações de sal apresentou uma maior adsorção de umidade a partir da a_w 0,6. Sobukola et al. (2012) observaram valores mínimos em baixa e intermediária a_w (0,33-0,65), mas aumentou rapidamente a alta a_w (0,75-0,85) nas isotermas de sorção de peixe salgado e seco. Nas farinhas salgadas foram observados valores de X_e muito elevados em a_w 0,7529 a 0,8434 (Tabela 7). Os fenômenos de forte aumento no conteúdo de umidade em alta a_w podem ser explicados 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; GOGUS, 1997); isto é, amostras atuando como uma solução de sal saturada (SOBOKOLA et al., 2012).

Na Tabela 8, encontram-se os parâmetros dos modelos testados e ajustados para as temperaturas estudadas, os coeficientes de determinação (R^2) e o valor do erro relativo médio (ERM). O modelo de GAB forneceu valores de umidade de monocamada menores que os obtidos por BET, exceto para a farinha sem pré-tratamento a 60°C. Os coeficientes de determinação mais próximos da unidade e valores de erro relativo médio menores sugerem que o modelo de GAB descreveu com maior precisão as isotermas de sorção para atividade de água de 0,1130 a 0,8434, com valores de coeficientes de determinação variando de 0,9990 a 0,9999, observando-se os menores valores de ERM entre os dados experimentais e os preditos.

Analisando Tabela 8 pode-se concluir que o modelo de GAB foi o que apresentou o melhor ajuste das isotermas das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C, com os valores de ERM variando de 2,5989 a 4,9817. Segundo Aguerre et al. (1989) ajustes com ERM inferiores a 10% indicam um razoável ajuste dos dados aos modelos, e ainda de acordo com Lomauro (1985), o ajuste é considerado extremamente bom para valores de ERM inferiores a 5%. De acordo com esse critério, conclui-se também que o modelo de BET apresenta um bom ajuste para a farinha sem pré-tratamento nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, com valores de ERM variando de 2,1780 a 6,0703%.

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 8). Tal comportamento não é comum a todos os alimentos e pode ser explicado visto que, de acordo com Ferreira e Pena (2003) um 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, retendo mais moléculas de água na monocamada.

Tabela 8. Parâmetros de ajuste das isotermas de sorção da farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada para os diferentes modelos matemáticos

MODELO	CONSTANTE	Sem pré-tratamento			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 – umidade de monocamada; C, K – parâmetros de ajuste; R^2 – coeficiente de determinação; ERM – erro relativo médio

Como o modelo de GAB descreveu bem os dados obtidos nas temperaturas estudadas, e pela sua larga aplicação em alimentos, este foi considerado o modelo para predição do conteúdo de umidade de equilíbrio para a farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C, mostrado nas Figuras 18 e 19.

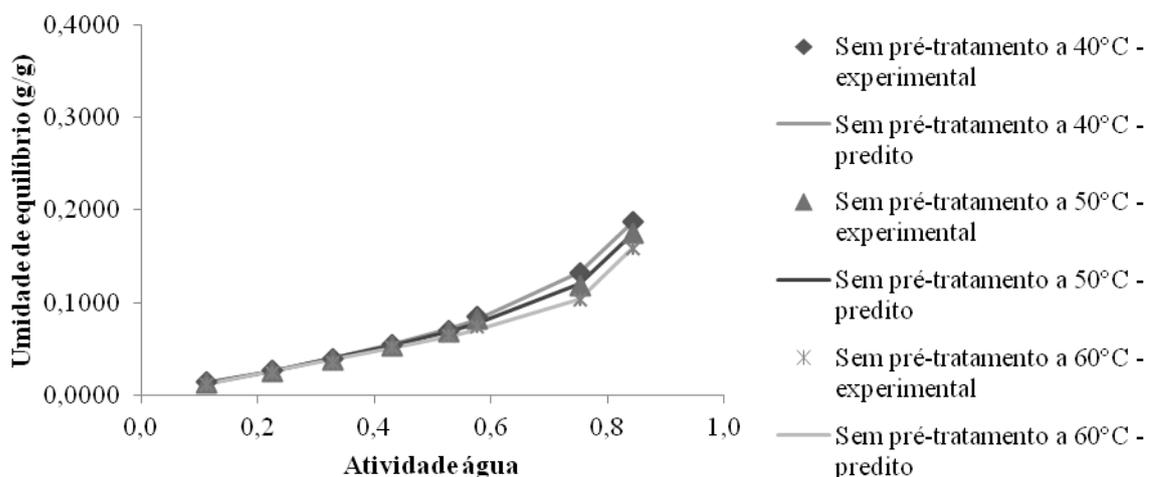


Figura 18. Isothermas de adsorção segundo modelo de GAB para a farinha de CMS de tilápia sem pré-tratamento nas temperaturas 40, 50 e 60°C

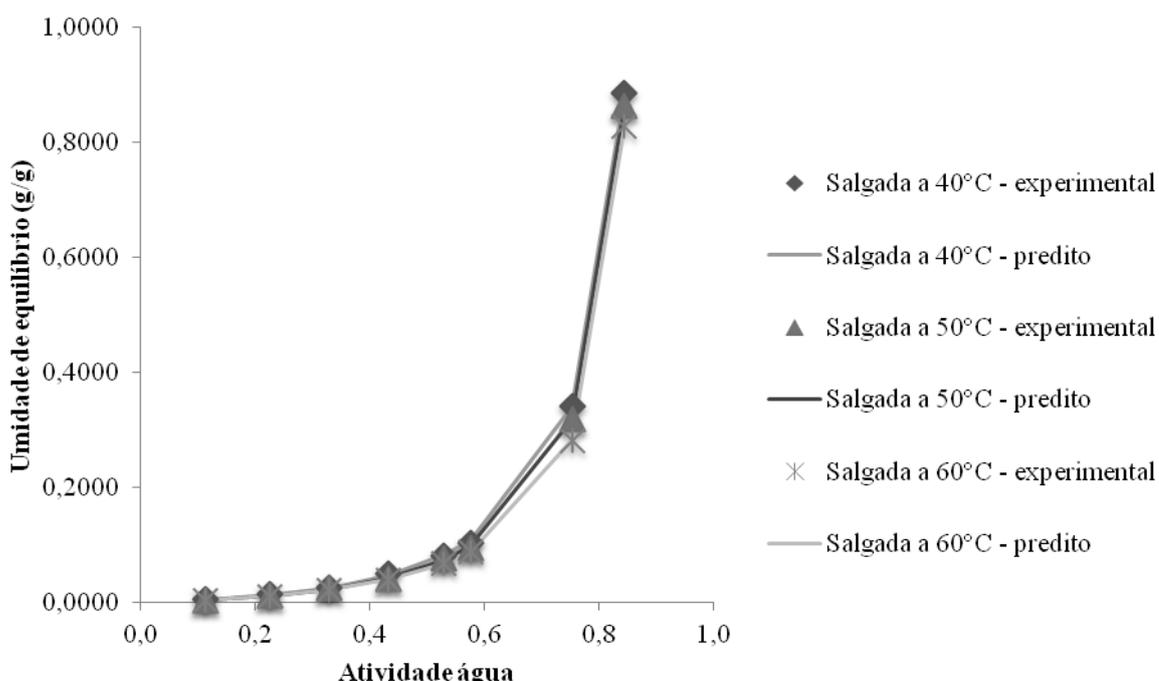


Figura 19. Isothermas de adsorção segundo modelo de GAB para a farinha de CMS de tilápia salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C

As isothermas das farinhas sem pré-tratamento apresentaram formato tipo II e nas farinhas salgadas o tipo III. Martins et al. (2015) avaliaram filés de pirarucu em secagem a 50°C e observaram que o produto in natura apresentou isoterma do tipo II (Figura 18) e com adição de sal mudou seu comportamento para o tipo III (Figura 19). Segundo os autores, as isothermas do tipo II são típicas de produtos ricos em proteína, enquanto que os produtos compostos principalmente por sólidos solúveis apresentam frequentemente isothermas de tipo III.

5.5. Farinhas de CMS de Tilápia com e sem Pré-tratamento de Salga

A composição de aminoácidos da CMS e das farinhas de tilápia submetidas ou não ao pré-tratamento da salga nas temperaturas de secagem de 40°C, 50°C e 60°C é apresentada na Tabela 9. Entre as farinhas, a sem pré-tratamento a 50°C apresentou valores significativamente mais elevados para a maioria dos aminoácidos, com exceção dos aminoácidos histidina, arginina e valina ($p < 0,05$).

Valores maiores de aminoácidos foram observados por Jónsson et al. (2007) que avaliaram a composição de aminoácidos de pedaços de peixes Haddock submetidos a secagem a temperatura de 20-30°C por 36 a 48 horas, com velocidade de ar de 3 a 4 m/s. Os autores verificaram valores de aminoácidos essenciais de 2,036 g.100g⁻¹ de histidina, 3,497 g.100g⁻¹ de treonina, 4,034 g.100g⁻¹ de valina, 8,593 g.100g⁻¹ de lisina, 4,032 g.100g⁻¹ de isoleucina, 7,704 g.100g⁻¹ de leucina e 3,457 g.100g⁻¹ de fenilalanina e de aminoácidos não essenciais de 7,998 g.100g⁻¹ de ácido aspártico, 3,534 g.100g⁻¹ de serina, 11,780 g.100g⁻¹ de glutamina, 3,384 g.100g⁻¹ de glicina, 5,318 g.100g⁻¹ de arginina, 4,531 g.100g⁻¹ de alanina, 2,671 g.100g⁻¹ de prolina e 3,304 g.100g⁻¹ de tirosina.

O conteúdo total de aminoácidos essenciais nas farinhas sem pré-tratamento variou de 3,93 a 12,11 g.100g⁻¹ e salgada, 4,51 a 5,51 g.100g⁻¹ (Tabela 9). Valores maiores foram observados por Jónsson et al. (2007) em pedaços de peixes Haddock submetidos a secagem a temperatura de 20-30°C por 36 a 48 horas, com velocidade de ar de 3 a 4 m.s⁻¹, que apresentaram 35,92 g.100g⁻¹ de aminoácidos totais essenciais. De acordo com Murueta et al. (2007) 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.

O conteúdo de aminoácidos foi significativamente menor nas farinhas, exceto para a valina e lisina, quando comparado a CMS (Tabela 9). Mardiah et al. (2012) verificaram que o tratamento de secagem em forno 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) observaram que a secagem por ar de lulas diminuiu significativamente os aminoácidos histidina, arginina, glicina e prolina.

A Tabela 10 mostra a composição de ácidos graxos da CMS e das farinhas de tilápia submetidas ou não ao pré-tratamento da salga nas temperaturas de secagem de 40°C, 50°C e 60°C. Observou-se que há um predomínio dos ácidos graxos oleico, palmítico e linoleico. A farinha sem salga na temperatura de 60°C apresentou quantidade semelhante à CMS para todos os ácidos graxos ($p < 0,05$). Nessa mesma temperatura, a farinha com salga apresentou valores significativamente menores para todos os ácidos graxos, exceto para o 20:4 e 24:0 ($p < 0,05$).

Nos ácidos graxos totais (Tabela 10), a maior parte é representada pelos ácidos graxos monoinsaturados (24,56 g.100g⁻¹ na CMS e 8,06 a 23,52 g.100g⁻¹ nas farinhas). Nos poli-insaturados, as maiores quantidades foram observadas na CMS (8,09 g.100g⁻¹) e na farinha sem pré-tratamento a 60°C (7,57 g.100g⁻¹). Analisando o teor de gorduras saturadas, verificaram-se teores variando de 9,74 a 17,40 g.100g⁻¹ nas farinhas sem pré-tratamento e 6,20 a 8,92 g.100g⁻¹ nas salgadas. Os maiores teores foram observados na CMS (17,85 g.100g⁻¹) e na farinha sem pré-tratamento a 60°C (17,40 g.100g⁻¹). Na diretriz brasileira de consumo de gorduras para a saúde cardiovascular, a orientação é para que haja consumo maior de gorduras mono/poli-insaturadas (20% e 10%, respectivamente), com reduzida quantidade de gordura saturada (até 10% do valor calórico total) (SANTOS et al., 2013).

Tabela 9. Composição de aminoácidos da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C

Aminoácidos	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**	2,81±2,74 ^a	0,62±0,06 ^a	1,63±0,11 ^a	0,50±0,07 ^a	0,69±0,07 ^a	0,57±0,01 ^a	0,68±0,08 ^a
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	94,71±1,17 ^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 Essenciais	31,54±2,20 ^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).

Tabela 10. Composição de ácidos graxos da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C ‘continua’

Ácidos graxos	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 isômeros 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 isômeros 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 isômeros 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 w6	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 w3	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 w3	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 w3	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

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

Tabela 10. Continuação

Ácidos graxos	Conteúdo* (g.100g ⁻¹)						
	CMS	Farinha sem pré-tratamento			Farinha salgada		
		40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
Σ AG saturados	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
ΣAG monoinsaturados	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 AG poliinsaturados	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 w3	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).

A recomendação de consumo de $\omega 3$ é de 2 g/dia (SANTOS et al., 2013) e está relacionado com a diminuição do risco de doenças cardiovasculares (MOZAFFARIAN et al., 2013). Os maiores teores foram observados na CMS ($0,72 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$) e na farinha sem pré-tratamento a 60°C ($0,70 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$) (Tabela 10).

A salga está associada à redução nos teores de ácidos graxos $\omega 3$. Oliveira et al. (2008) avaliaram o peixe mandim (*Arius spixii*) comercializado em Maceió – AL nas formas in natura e quando submetido ao processamento de salga seca e secagem e, observaram uma redução nos teores de ácidos graxos ômega 3 (in natura: 8,51% e salgado-seco: 6,51%). No presente estudo, foram observados valores menores para esses ácidos graxos nas farinhas salgadas ($0,28$ a $0,44 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$), quando comparada às farinhas sem pré-tratamento ($0,49$ a $0,70 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$) e à CMS ($0,72 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$).

As recomendações de EPA e DHA mostram a relação entre seu consumo e a diminuição dos riscos de doenças da artéria coronária, sendo sugerido o consumo de 250 mg de EPA + DHA por dia (EFSA, 2010). Os valores encontrados variaram de 150 a 310 mg para 100 g de amostra, sendo que a CMS ($310 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e as farinhas sem salga (260 a $300 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) apresentaram quantidade acima das recomendações diárias (Tabela 10).

As melhores condições para processamento da farinha de CMS de tilápia foram definidas utilizando temperaturas de 50 e 60°C e sem o pré-tratamento da salga, devido aos melhores resultados obtidos na composição de aminoácidos e ácidos graxos EPA e DHA. Na análise da qualidade nutricional dessas farinhas de CMS de tilápia considerou-se o atendimento às necessidades de nutrientes, determinadas de acordo com as características de estágio de vida.

De acordo com a ANVISA (2012), para um alimento ser considerado fonte de ácidos graxos ômega 3 deve possuir um mínimo de 40 mg da soma de EPA e DHA ou um mínimo de 300 mg de ácido alfa linolênico por 100g e pode ser considerado alto conteúdo se apresentar um mínimo de 80 mg da soma de EPA e DHA ou um mínimo de 600 mg de ácido alfa linolênico por 100g. Na Tabela 10, observou-se que ambas as farinhas apresentaram valores de EPA+DHA variando de 300 a $310 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ e poderiam ser consideradas como um alimento com alto conteúdo de ácidos graxos ômega 3.

Os ácidos graxos $\omega 3$ 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, do Mal de Alzheimer e de morte por doença cardíaca (SARTORI; AMANCIO, 2012).

O conteúdo de minerais da CMS e das farinhas de tilápia submetidas ou não ao pré-tratamento da salga nas temperaturas de secagem de 40°C , 50°C e 60°C é apresentado na Tabela 11. Nas farinhas com salga foram observados valores significativamente maiores de sódio e magnésio. Nas temperaturas de 40 e 50°C , as farinhas sem salga apresentaram valores maiores de potássio e fósforo e as farinhas com salga de cálcio. O conteúdo maior de ferro foi observado na farinha com salga a 50°C .

Valores semelhantes de potássio ($652,14 \pm 12,25 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e magnésio ($51,65 \pm 4,290 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e valores menores de sódio ($48,87 \pm 3,7 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) foram observados por Ali et al. (2011) em tilápia nilótica submetida a secagem solar por 48 a 72 horas. Akinneye et al. (2010) avaliaram a secagem em estufa e solar do peixe *Heterotis niloticus*, que apresentaram, respectivamente, valores semelhantes de magnésio ($125,72 \pm 0,25$ e $111,32 \pm 0,10 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$), ferro ($4,20 \pm 0,01$ e $3,44 \pm 0,02 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$), cálcio ($90,31 \pm 0,2$ e $33,21 \pm 0,23 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e sódio

Tabela 11. Composição mineral da CMS de tilápia e das farinhas sem pré-tratamento e salgada nas temperaturas 40, 50 e 60°C

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

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

(112,92±0,35 e 218,7±14,49 mg.100g⁻¹) e valores menores de potássio (215,34±0,60 e 71,31±10,32 mg.100g⁻¹).

O aumento do uso de cloreto de sódio nas indústrias de alimentos tem causado efeitos negativos nos consumidores, pela ingestão excessiva de sal (ALBARRACIN et al., 2011), que está relacionada com o surgimento de doenças, como a hipertensão (ZHAO et al., 2011). As farinhas submetidas ao processo de salga têm uma quantidade significativa de sódio (11 a 12g/100g) e deve, então, ser consumidas com moderação, em pequenas porções ou que seja realizado o processo de dessalga antes do consumo, para que não ocorra um efeito indesejável sobre a saúde. O limite máximo de sódio recomendado pela Organização Mundial da Saúde é de 2 g/dia para adultos e crianças (WHO, 2012).

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 IDR (ou DRI – “Dietary Reference Intakes”) representa os valores de referência de ingestão de nutrientes que devem ser utilizados para planejar e avaliar dietas para pessoas saudáveis. O requerimento médio estimado (EAR – “Estimated Average Requirement”) corresponde à mediana da distribuição das necessidades de um nutriente em um grupo de indivíduos saudáveis do mesmo sexo e estágio de vida; por essa razão, atende às necessidades de 50% da população. A ingestão dietética recomendada (RDA – “Recommended Dietary Allowances”) é derivada do EAR e deve atender às necessidades de um nutriente para 97% a 98% dos indivíduos saudáveis do mesmo sexo e estágio de vida. A ingestão adequada (AI – “Adequate Intake”) é o valor de consumo recomendável, baseado em levantamentos, determinações ou aproximações de dados experimentais, ou ainda de estimativas de ingestão de nutrientes para grupo(s) de pessoas sadias e que, a priori, se consideraria adequado. O limite máximo de ingestão tolerável (UL – “Tolerable Upper Intake Level”) é definido como o mais alto valor de ingestão diária prolongada de um nutriente que, aparentemente, não oferece risco de efeito adverso à saúde em quase todos os indivíduos de um estágio de vida ou sexo (PADOVANI et al., 2006).

Nem sempre o conjunto de informações sobre o nutriente é suficientemente consistente para o estabelecimento de EAR. Nesses casos, deve-se empregar o valor de AI, projetado como possivelmente superior ao valor de RDA, mas sobre o qual ainda há considerável incerteza. Assim, o valor de AI é usado quando os valores de EAR ou de RDA não podem ser determinados (PADOVANI et al., 2006), como foi o caso dos minerais cálcio, sódio e potássio. O percentual das recomendações de minerais das farinhas sem pré-tratamento a 50°C e 60°C para cada estágio de vida estão apresentados nas Figuras 20 e 21.

A farinha sem pré-tratamento a 50°C apresentou maiores percentuais da IDR para o magnésio, fósforo e potássio (Figura 20). Já a farinha a 60°C apresentou maiores percentuais para ferro, cálcio e sódio (Figura 21).

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 a 50°C e 60°C mostraram ser um alimento interessante para todos os estágios de vida.

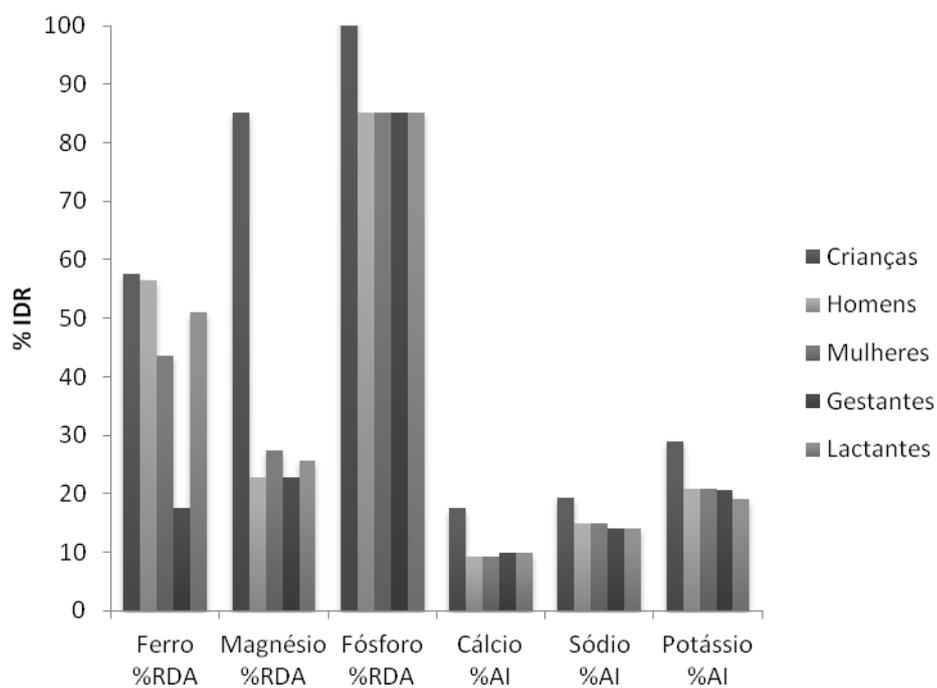


Figura 20. Percentual da IDR de minerais das farinhas sem pré-tratamento a 50°C

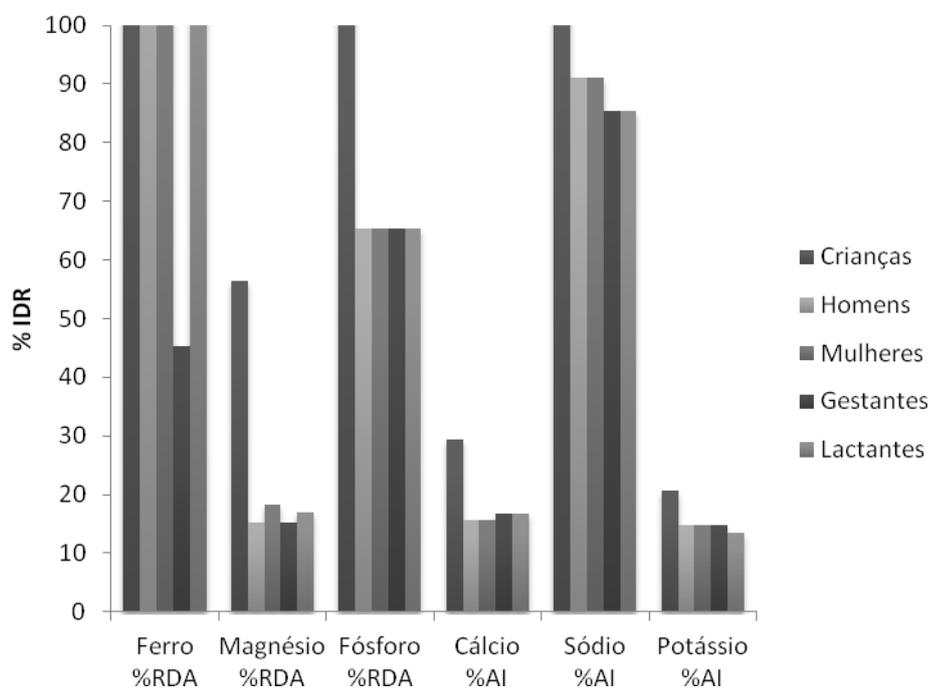


Figura 21. Percentual da IDR de minerais das farinhas sem pré-tratamento a 60°C

6. CONCLUSÕES

As melhores condições para processamento da farinha de CMS de tilápia foram definidas utilizando temperaturas de 50°C e 60°C e sem o pré-tratamento da salga, devido aos melhores resultados obtidos na composição de aminoácidos e ácidos graxos EPA e DHA.

Essas farinhas apresentaram os maiores valores totais de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. Em geral, o consumo desses ácidos graxos tem sido associado a efeitos benéficos à saúde humana.

Os valores de EPA+DHA variaram de 300 a 310 mg.100g⁻¹ e essas farinhas foram consideradas como um alimento com alto conteúdo de ácidos graxos ômega 3. O consumo de EPA e DHA está relacionado à redução do risco de acidente vascular cerebral, de mal de Alzheimer e de doenças cardíacas.

O consumo adequado de minerais é importante para a manutenção das diversas funções metabólicas do organismo. De um modo geral, a farinha sem pré-tratamento a 50°C apresentou ser fonte de ferro, magnésio e potássio e com alto conteúdo de fósforo e a de 60°C apresentou alto conteúdo de ferro, fósforo e sódio e fonte de cálcio, potássio e magnésio.

Os resultados sugerem que as farinhas obtidas da CMS de tilápia poderiam ser destinadas ao consumo humano, mostrando ser uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos desses peixes.

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.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELEKE, R.O.; ODEDEJI, J.O. Acceptability Studies on Bread Fortified with Tilapia Fish Flour. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 531-534, 2010.
- AGUERRE, R.J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P.E. New BET type multilayer sorption isotherms. Part II: Modeling water sorption in foods. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v.22, n.4, p.192-195, 1989.
- AKINNEYE, J.O.; AMOO, I.A.; BAKARE, O.O. Effect of drying methods on the chemical composition of three species of fish (*Bonga* spp., *Sardinella* spp. and *Heterotis niloticus*). **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n.28, p. 4369-4373, 2010.
- ALBARRACÍN, W.; SÁNCHEZ, I.C.; GRAU, R.; BARAT, J.M. Salt in food processing; usage and reduction: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p.1329–1336, 2011.
- ALI, A.; AHMADOU, D.; MOHAMADOU, B.A.; SAIDOU, C.; TENIN, D. Influence of traditional drying and smoke-drying on the quality of three species (*Tilapia nilotica*, *Silurus glanis* and *Arius parkii*) from Lagdo Lake, Cameroon. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.10, n.3, p. 301-306, 2011.
- ALVES, G.; ZABINE, L.; BANTLE, J.F.; RODRIGUES, L.C.S.; PASQUALI, R.; NASCIMENTO, I.A. Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) inteiras evisceradas submetidas a salga e secagem natural. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.13, n.2, p.71-75, 2010.
- ANTONIETTI, A.J.; STEMPKOWSKI, A.J.; SEGATTI, F.; SPASSIN, T.E.P.; SILVA, C.V. Determinação do coeficiente de transferência de calor numa placa plana aquecida no interior de um túnel de vento com escoamento de ar em paralelo. **Perspectiva**, v.35, n.130, p. 7-17, 2011.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, 13 de novembro de 2012, Seção 1, n.219, p. 122.
- ANWAR, S.I.; TIWARI, G.N. Evaluation of convective heat transfer coefficient in crop drying under open sun drying conditions. **Energy Conversion Management**, v.42, n.5, p.627-637, 2001.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemist. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2000.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemist. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

APHA- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676p.

ASSUNÇÃO, A.B.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarão-rosa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.4, 2007.

BALABAN, M.; PIGOTT, G. M. Mathematical model of simultaneous heat and mass transfer in food with dimensional changes and variable transport parameters. **Journal of Food Science**, v.53, n.3, p. 935–939, 1988.

BARAT, J.M.; GALLART-JORNET, L.; ANDRES, A.; AKSE, L.; CARLEHOG, M.; SKJERDAL, O.T. Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. **Journal of Food Engineering**, v.73, p.9–19, 2006.

BARAT, J.M.; S. RODRIGUEZ-BARONA, A. ANDRES, P. Fito Cod salting manufacturing analysis. **Food Research International**, v.36, p. 447–453, 2003.

BARROS, J.F.M. **Desdobro e caracterização tecnológica das madeiras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell para a indústria moveleira**. 2002. 54p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília.

BELLAGHA, S.; SAHLI, A.; FARHAT, A.; KECHAOU, N.; GLENZA, A. Studies on salting and drying of sardine (*Sardinella aurita*): Experimental kinetics and modeling. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.947–952, 2007.

BENTO, D.M.; BEMVENUTI, M.A. Os peixes de água doce da pesca artesanal no sul da Lagoa dos Patos, RS - subsídios ao ensino escolar. **Caderno de Ecologia Aquática**, v.3, n.2, p.33-41, 2008.

BERTELI, M.N. **Estudo Comparativo de Processos de Secagem de Sólidos Granulados com e Sem Assistência de Microondas**. 2005. 114p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas - SP.

BERY, C.C.S.; NUNES, M.L.; SILVA, G.F.; SANTOS, J.A.B.; BERY, C.S. Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos *Seriola Dumerlii* (Arabaiana), *Thunnus* spp. (Atum), *Scomberomorus cavala* (Cavala) e *Carcharrhinus* spp. (Cação) comercializados em Aracaju-SE para a produção de biodiesel. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias - GEINTEC**, v. 2, n. 3, p.297-306, 2012.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de Alimentos**. Cap.VI, p.191-221,1989.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Fica aprovado o novo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, 7 de julho de 1952, Seção 1, p.1.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 3 de agosto de 2010, Seção 1, p.3.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. **20 mil novas vagas são abertas para cursos de qualificação em pesca e aquicultura**. Brasília, 2014a, Publicado 17 set. 2014. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/ultimas-noticias> >. Acesso em: 28 set. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2010**. Brasília, 2012. 129p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%20C3%ADst%20MPA%202010.pdf> Acesso em: 13 fev. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2011**. Brasília, 2013a, 60p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf> Acesso em: 13 fev. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. **Consumo de pescado no Brasil aumenta 23,7% em dois anos**. Brasília, 2013b, Publicado 17 out. 2013. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/imprensa/noticias> >. Acesso em: 27 jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. **Pescado Na Alimentação Escolar**. Brasília, 2014b. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/infraestrutura-e-fomento>>. Acesso em: 29 set. 2014.

BRASIL. 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**; Poder Executivo, Brasília, DF, de 10 de janeiro de 2001.

BROD, F.P.R.; ALONSO, L.F.T.; PARK, K.J. **Secagem de produtos agrícolas**. XI SEMEAGRI – Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp. Campinas: Agrológica – Empresa Júnior de Eng. Agrícola. 1999, 122 p.

BRUNAUER, S.; EMMETT, T.H; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal American Chemical Society**, Easton, v.60, n.2, p.309-319, 1938.

CHAIJAN, M. Physicochemical changes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle during salting. **Food Chemistry**, v.129, n.3, p.1201–1210, 2011.

CHIRALT, A.; FITO, P.; BARAT, J.M. ANDRÉS, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; ESCRICHE, I.; CAMACHO, M.M. Use of vacuum impregnation in food salting process. **Journal of Food Engineering**, v.49, p.141-151, 2001.

CIE – Commission International de l’Eclairage. **Recommendations on uniform color spaces, Color difference equations, Psychometric color terms**. Suplemento nº2, Publicação nº 15, Colorimetry, Bureau central de La CIE, Paris, 1978.

CÓRDOVA, K.R.V. **Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã fuji comercial e industrial**. 2006. 167 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba – PR.

COSTA, L.M.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D.E.C. Isotermas de dessecção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.412–418, 2013.

DAS, T.; TIWARI, G.N. Heat and mass transfer of greenhouse fish drying under forced convection mode. **International Journal of Agricultural Research**, v.3, n.1, p.69-76, 2008.

DENG, Y.; LUO, Y.; WANG, Y.; ZHAO, Y. Effect of different drying methods on the myosin structure, amino acid composition, protein digestibility and volatile profile of squid fillets. **Food Chemistry**, v.171, p.168–176, 2015.

DIAS, L.G. **Estudo do Processo de Secagem em Estufa e por Microondas de Compósitos Cerâmicos de Argila e Resíduos de Esteatito**. 2013. 98p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São João Del Rei. Departamento de Ciências Térmicas e dos Fluidos e Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Mecânica, São João Del Rei - MG.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade água**. 2000. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), São Paulo, SP, Brasil: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

DOUNGORN, S.; POOMSA-AD, N.; WISET, L. Drying equations of Thai Hom Mali paddy by using hot air, carbon dioxide and nitrogen gases as drying media. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.187–198, 2012.

DRAGNES, B.T.; STORMO, S.K.; LARSEN, R.; ERNSTSEN, H.H.; ELVEVOLL, E.O. 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**, v.22, p.714–717, 2009.

EFSA, EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. EPA/DHA/DPA related health claims. **EFSA Journal**, Parma, v. 8, n.10, p. 1-32, 2010.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture 2014**. FAO Fisheries and Aquaculture Department, 223p., 2014. Disponível em: <www.fao.org/3/a-i3720e.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations; WHO - World Health Organization. **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, p.47-57, 1994.

FELTES, M.C.M.; CORREIA, J.F.G.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M., NINOW, J.L.; SPILLER, V.R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.669–677, 2010.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.251-255, 2003.

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**, v.6, n.2, p. 273-278, 2003.

FREITAS, D.G.C.; RESENDE, A.L.S.S.; FURTADO, A.A.L.; TASHIMA, L.; BECHARA, H.M. The sensory acceptability of a tilapia (*Oreochromis niloticus*) mechanically separated meat-based spread. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.2, p.166-173, 2012.

FURUYA, W.M.; NEVES, P.R.; SILVA, L.C.R.; BOTARO, D.; HAYASHI, C.; SAKAGUTI, E.S. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de reversão de sexo. **Acta Scientiarum**, vol.26, n.3, p.299-303, 2004.

GALLART-JORNET, L.; BARAT, J.M.; RUSTAD, T.; ERIKSON, U.; ESCRICHE, I.; FITO, P.A comparative study of brine salting of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Food Engineering**, v.79, p. 261–270, 2007.

GERHARDT, C.; WIEST, J.M.; GIROLOMETTO, G.; SILVA, M.A.S.; WESCHENFELDER, S. Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.11-17, 2012.

GERYTCH, J.C. Capota de máquina tissue – teoria de secagem, principais variáveis e efeito do balanço de ar na eficiência térmica. **Albany International**, n.33, p. 3-12, 2015.

GODOY, L.C.; FRANCO, M.L.R.S.; FRANCO, N.P.; SILVA, A.F.; ASSIS, M.F.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V. Análise sensorial de caldos e canjas elaborados com farinha de carcaças de peixe defumadas: aplicação na merenda escolar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30(Supl.1), p.86-89, 2010.

GOULA, A.M.; KARAPANTSIOS, T.D.; ACHILIAS, D.S.; ADAMOPOULOS, K.G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v.85, p.73-83, 2008.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of Standards A. Physics and Chemistry**, Washington, v.81, n.1, p. 89-86, 1977.

GUAN, Z.; WANG, X.; LI, M.; JIANG, X. Mathematical Modeling on Hot Air Drying of Thin Layer Fresh Tilapia Fillets. **Polish Journal Food and Nutrition Sciences**, v.63, n.1, p.25-34, 2013.

GUSTAFSON, R. J.; HALL, G. Equilibrium moisture content of shelled corn from 50 to 155°F. **Transaction of the ASAE**, St Joseph, v.17, n.1, p.120-124, 1974.

HARTMANN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practices**, v.22, n.8, p.175-176, 1973.

HIGUCHI, L.H.; FEIDEN, A.; MATSUSHITA, M.; SANTAROSA, M.; ZANQUI, A.B.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W.R. Quantificação de ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1913-1924, 2013.

HSU, K. Purification of antioxidative peptides prepared from enzymatic hydrolysates of tuna dark muscle by-product. **Food Chemistry**, v.122, n.1, p.42–48, 2010.

HUBINGER, M.D.; VIVANCO-PEZANTES, D.; KUROZAWA, L.E.; SOBRAL, P.J.A. Isotermas de desorção de filé de bonito (*Sarda sarda*) desidratado osmoticamente e defumado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.305–311, 2009.

HUNTERLAB. CIE L*a*b* color scale: applications note, v.8, n.7, 1996. Online. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/color_theory.php>. Acesso em: 03 mar. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Aquisição Alimentar Domiciliar Per Capita**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010 a.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Despesas, Rendimentos e Condições de Vida**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010b.

IGLESIAS, H.A; CHIRIFE, J. **Handbook of food isotherms: water sorption parameters for food components**. 1.ed. New York: Academic Press, 1982. 374 p.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride**. Washington (DC): National Academy Press, 1997. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. **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, 2001. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate**. Washington (DC): National Academy Press, 2005. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D**. Washington (DC): National Academy Press, 2011. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

JIMÉNEZ, A.; GUTIÉRREZ, G. Color. In: ALVARADO, J.D.; AGUILERA, J.M. **Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., p.325-346, 2001.

JÓNSSON, A.; FINNBOGADÓTTIR, G.A.; ÞORKELSSON, G.; MAGNÚSSON, H.; REYKDAL, O.; ARASON, S. Dried fish as health food. **Matis - Food Research, Innovation & Safety**, v.32, n.7, p.1-22, 2007.

- KIRSCHNIK, P. G.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Efeito da lavagem e da adição de aditivos sobre a estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante estocagem a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2009.
- KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L. Aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescados. **Panorama da Aqüicultura**, v.16, n.94, p.23-29, 2006.
- KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L. Desafios para a consolidação da tilapicultura no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, v. 15, n. 91, 2005. ISSN 1519 1141.
- KUMAR, M. Forced convection greenhouse papad drying: an experimental study. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 177 – 189, 2013.
- LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v.22, n.3, p.263-272, 1986.
- LANGMUIR, I. Adsorption of gases on glass, mica and platinum. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 46, p. 1361-1403, 1918.
- LIMONGI, B.; PFITSCHER, E.D.; SPLITTER, K. Sustentabilidade ambiental: estudo em uma indústria de pescados. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, n.1, p.135-154, 2013.
- LIU, H.J.; CHANG, B.Y.; YAN, H.W; YU, F.H; LIU, X.X. Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimide carbamate and reversed phase liquid chromatographic separation. **Journal of AOAC International**, v.78, n.3, p. 736-744, 1995.
- LOMAURO C. J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Moisture transfer properties of dry and semimoist foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n. 2 p.397-400, 1985.
- LOURENÇO, L.F.H.; SANTOS, D.C.; RIBEIRO, S.C.A.; ALMEIDA, H.; ARAUJO, E.A.F. Study of adsorption isotherm and microbiological quality of fish meal type “piracuí” of Acari-Bodo (*Liposarcus pardalis*, Castelnau, 1855). **Procedia Food Science**, v.1, p.455-462, 2011.
- MAIA, E. L.; OGAWA, M. Cor. In: Manual de pesca (Ciência e tecnologia do pescado). OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed.) São paulo: Livraria Varela, 1999, cap. 5, p.75-85.
- MARCHI, J.F. **Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de Tilápia Nilótica, *Oreochromis niloticus* L.** 1997. 85p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- MARDIAH, A.; HUDA, N.; AHMAD, R. Protein quality of stingray (*Himantura gerrardi*) fish flakes. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v.7, n.6, p.485–493, 2012.
- MARENGONI, N.G.; POZZA, M.S.S.; BRAGA, G.C.; LAZZERI, D.B.; CASTILHA, L.D.; BUENO, G.W.; PASQUETTI, T.J.; POLESE, C. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de *fishburgers* de carne de tilápia mecanicamente separada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.168-176, 2009.

MARENGONI, N.G.; SANTOS, R.S. Rendimento e composição de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e piavuçu (*Leporinus macrocephalus*) cultivados em pesque-pagues. **Archivos de Zootecnia**, vol. 55, n. 211, p. 227-238, 2006.

MAROULIS, Z.B.; TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D.; SARAVACOS, G.D. Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v.7, p.63-78, 1988.

MARTINAZZO, A.P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf**. 2006. 156p. Tese (doutorado). Viçosa, MG.

MARTINS, M.G.; MARTINS, D.E.G.; PENA, R.S. Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima gigas*) fillet with different salt contents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 144-151, 2015.

MASKAN, M.; GOGUS, F. The fitting of various models to water sorption isotherms of pistachio nut paste. **Journal of Food Engineering**, v.33, p.227- 237, 1997.

MÉLO, H.M.G.; MOREIRA, R.T.; DÁLMAS, P.S; MACIEL, M.I.S.; BARBOSA, J.M.; MENDES, E.S. Viabilidade da utilização da carne mecanicamente separada (cms) de tilápia do nilo na elaboração de um produto tipo “mortadela”. **ARS Veterinaria**, v.27, n.1, p.022-029, 2011.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M. Lipídeos na Alimentação de Alevinos Revertidos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.31, n.2, p. 566-573, 2002.

MINOZZO, M.G.; HARACEMIV, S.M.C.; WASZCZYNSKJI, N. Perfil dos consumidores de pescado nas cidades de São Paulo (SP), Toledo (PR) e Curitiba (PR) no Brasil. **Revista Alimentação Humana**, v.14, n.3, p.133-40, 2008.

MOLINA-FILHO, L.; PEDRO, M.A.M.; TELIS-ROMERO, J.; BARBOZA, S.H. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.2, 2006.

MORALES-ULLOA, D.F.; OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, 1997.

MOTTA, E.S. **Adição de ácido lático e ácido cítrico como conservante da carne mecanicamente separada**. 2013. 45p. Tese de conclusão de curso de graduação de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Paraná.

MOURA, R. S. F.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SOUSA, A. G.; SILVA, M. M.; OLIVEIRA, A. M. V. Modelagem matemática para isotermas em polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, p.32-40, 2004.

MOZAFFARIAN, D.; LEMAITRE, R.N.; KING, I.B.; SONG, X.; HUANG, H.; SACKS, F.M.; RIMM, E.B.; WANG, M.; SISCOVICK, D.S. Plasma phospholipid long-chain ω -3

fatty acids and total and cause-specific mortality in older adults: a cohort study. **Annals of Internal Medicine**, v.158, n.7, p.515-25, 2013.

MURUETA, J.H.C.; TORO, M.A.N.; CARRENÑO, F.G. Concentrates of fish protein from bycatch species produced by various drying processes. **Food Chemistry**, v. 100, p. 705–711, 2007.

NELLIST, M.E.; HUGUES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n.3, p.613-643, 1973.

NGUYEN, M.V.; THORARINSDOTTIR, K.A.; GUDMUNSDOTTIR, A.; THORKELSSON, G.; ARASON, S. The effects of salt concentration on conformational changes in cod (*Gadus morhua*) proteins during brine salting. **Food Chemistry**, v.125, p.1013–1019, 2011.

NOGUEIRA, R.I. **Processo de obtenção de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) em pó**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2002. 149p.

NUNES, R.; VIANA, A.; SON, C.; BRUM, L.; OLIVEIRA, L.; COSTA, H. Aproveitamento de Resíduos de Pescado na Região dos Lagos: Uma Questão Ambiental. **Revista Saúde, Corpo, Ambiente & Cuidado**, 2013.

OLIVEIRA, A.L.T.; SALES, R.O.; FREITAS, J.B.S.; LOPES, J.E.L. Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 7, n.1, p. 1 -8, 2013.

OLIVEIRA, I.S.; LOURENÇO, L.F.H.; SOUSA, C.L.; JOELE, M.R.S.P.; RIBEIRO, S.C.A. Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour. **Food Control**, v. 50, p.38-44, 2015.

OLIVEIRA, M.C.; CRUZ, G.R.B.; ALMEIDA, N.M. Características Microbiológicas, Físico-Químicas e Sensoriais de “Almôndegas” à Base de Polpa de Tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 1, p. 37-44, 2012.

OLIVEIRA, N.M.S.; OLIVEIRA, W.R.M.; NASCIMENTO, L.C.S.; VICENTE, J.M.S.F; FIORINI, E.; EVANGELISTA, J.; BRESSAN, M.C. Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à sanitização. **Food Science and Technology**, Campinas, v.28, n.1, p.83-89, 2008.

OMURA, Y.; YAMAZAWA, M.; YAMASHITA, Y.; OKAZAKI, E.; WATABE, S. Relationship between postmortem changes and browning of boiled, dried, and seasoned product made from Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) mantle muscle. **Journal of Food Science**, v.72, n.1, p.44–49, 2007.

ORTIZ, J.; LEMUS-MONDACA, R.; VEGA-GALVEZ, A.; AH-HEN, K.; PUENTE-DIAZ, L.; ZURA-BRAVO, L.; AUBOURG, S. Influence of air-drying temperature on drying kinetics, colour, firmness and biochemical characteristics of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fillets. **Food Chemistry**, v.139, p.162–169, 2013.

PADOVANI, R.M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F.A.B.; DOMENE, S.M.A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, v.19, n.6, p.741-760, 2006.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus sp.*) Com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001b.

PARK, K.J.; YADO, M.K.M. ; BROD, F.P.R. Estudo de secagem de Pêra Bartlett (*pyrus sp.*) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.3, p.288-292, 2001a.

PARKERT, E.D.T.; FINZER, J.R.D. Determinação dos coeficientes convectivos de transferência de calor no processamento de folhas de nim durante a inativação enzimática e secagem. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 53-82, 2009.

PERRY, R.H; GREEN, D.W. **Peery's Chemical Engineers Handbook**. Seventh Edition. USA: McGraw- Hill, 1999.

PETENUCCI, M.E.; STEVANATO, F.B.; MORAIS, D.R.; SANTOS, L.P.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilapia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1279-1284, 2010.

PIRES C.V.; OLIVEIRA M.G.A.; ROSA J.C.; COSTA, N.M.B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.179-187, 2006.

PIRES, D.R.; MORAIS, A.C.N.; COSTA, J.F.; GÓES, L.C.D.S.A. Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v 9, n. 5 , p. 34 - 46, 2014.

POKORNY, J. Browning from lipid-protein interactions. **Progress in Food Nutrition Science**, v.5, p.421-428, 1981.

REIS, F.R.; MASSON, M.L.; WASZCZYNSKYJ, N. Efeitos da secagem convectiva e a vácuo sobre parâmetros de qualidade de fatias de berinjela. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.8, n.2, p.163-169, 2006.

REZENDE, D.R.; FINZER, J.R.D. Adimensionais na secagem de frutos de café em secador de bandejas vibradas. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 5, p.73-78, 2008.

RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K.J.; HUBINGER, M.D.; RIBEIRO, C.F.A.; ARAUJO, E.A.F.; TOBINAGA, S. Análise sensorial de músculo de mapará com e sem tratamento osmótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30(Supl.1), p. 24-32, 2010.

RIBEIRO, S.C.A.; RIBEIRO, C.F.A.; PARK, K.J.; ARAUJO, E.A.F.; TOBINAGA, S. Alteração da cor da carne de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) desidratada osmoticamente e seca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.2, p.125-135, 2007.

ROCHA, J.B.S.; SILVEIRA, C.S.; LEDO, C.A.S.; BARRETO, N.S.E. Composição e estabilidade de farinha de tilápia (*Oreochromis niloticus*) produzida artesanalmente para o consumo humano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 4, p. 215-220, 2011.

RUXTON, C.H.S. The benefits of fish consumption. **Nutrition Bulletin**, v.36, n.1, p.6–19, 2011.

SACILIK, K.; ELICIN, A.K. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. **Journal of Food Engineering**, v.73, n.3, n.4, p.281-289, 2006.

SANTOS, R.A.R.; NETA, T.M.S.L.; SANTOS, R.M.; AQUINO, L.C.L.; NUNES, M.L. Avaliação dos Parâmetros Físico-Químicos e Sensoriais de Ceviche de Tilápia em Função do Tempo de Estocagem Refrigerada. **Scientia Plena**, v.7, n.1, p.1-5, 2011.

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M.; XAVIER, H.T.; MAGNONI, C.D.; CASSANI, R.; LOTTENBERG, A.M.; CASELLA FILHO, A.; ARAÚJO, D.B.; CESENA, F.Y.; ALVES, R.J.; FENELON, G.; NISHIOKA, S.A.D.; FALUDI, A.A.; GELONEZE, B.; SCHERR, C.; KOVACS, C.; TOMAZZELA, C.; CARLA, C.; BARRERA-ARELLANO, D.; CINTRA, D.; QUINTÃO, E.; NAKANDAKARE, E.R.; FONSECA, F.A.H.; PIMENTEL, I.; SANTOS, J.E.; BERTOLAMI, M.C.; ROGERO, M.; IZAR, M.C.O.; NAKASATO, M.; DAMASCENO, N.R.T.; MARANHÃO, R.; CASSANI, R.S.L.; PERIM, R.; RAMOS, S. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.100, n.1, Supl.3, p.1-40, 2013.

SARTORI, A.G.O.; AMANCIO, R.D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.19, n.2, p. 83-93, 2012.

SARY, C.; FRANCISCO, J.G.P.; DALLABONA, B.R.; MACEDO, R.E.F.; GANECO, L.N.; KIRSCHNIK, P.G. Influência da lavagem da carne mecanicamente separada de tilápia sobre a composição e aceitação de seus produtos. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 423-432, 2009.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JUNIOR, A.J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Agroindústria BNDES Setorial** 35, p.421–463, 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3512.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2015.

SIMÕES, M.R.; RIBEIRO, C.F.A.; RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K.J.; MURR, F.E.X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.3, p. 608-613, 2007.

SOBUKOLA, O.; POPOOLA, I.; MUNOZ, L. Experimental and Mathematical Description of Sorption Isotherms and Thermodynamic Properties of Salted and Dried African Catfish (*Clarias gariepinus*). **International Journal of Food Engineering**, v.8, n.2, p.1-23, 2012.

SOUZA, A.F.L.; INHAMUNS, A.J. Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 41, n.2, p.289 – 296, 2011.

SOUZA, F.C.A.; JESUS, R.S.; DUNCAN, W.L.P.; AGUIAR, J.P.L. Efeito do congelamento na composição química e perfil de aminoácidos da carne mecanicamente separada de peixes amazônicos. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, vol. 4, n.1, p.57-61, 2013.

SOUZA, M.L.R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p.1076-1084, 2002.

SPILLERE, L.C.; BEAUMORD, A.C. Formulação de uma hipótese global de situação de impacto para o parque industrial pesqueiro instalado em Itajaí e Navegantes-SC. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n., p.380-384, 2006.

STEVANATO, F.B.; ALMEIDA, V.V.; MATSUSHITA, M.; OLIVEIRA, C.C.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Fatty acids and nutrients in the flour made from tilapia (*Oreochromis niloticus*) heads. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.440-443, 2008.

STEVANATO, F.B.; PETENUCCI, M.E.; MATSUSHITA, M.; MESOMO, M.C.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.E.L.; ALMEIDA, V.V.; VISENTAINER, J.V. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.567-571, 2007.

TANAKA, M.; CHIBA, N.; ISHIZAKI, S.; TAKAI, R.; TAGUCHI, T. Influence of water activity and Maillard reaction on the polymerization of myosin heavy chain in freeze-dried squid (*Todarodes pacificus*) meat. **Fisheries Science**, v.60, p.607–611, 1994.

TOUJANI, M.; HASSINI, L.; AZZOUZ, S.; BELGHITH, A. Experimental study and mathematical modeling of silverside fish convective drying. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.37, p. 930–938, 2013.

TREYBAL, R. E. Drying. In: TREYBAL, R. E. **Mass transfer operations**.3. ed. New York: McGraw-Hill, 1963. p.569-575.

TSAI, C.H.; KONG, M.S.; PAN, B.S. Water activity and temperature effects on nonenzymic browning of amino acids in dried squid and simulated model system. **Journal of Food Science**, v.56, n.3, p. 665–670, 1991a.

TSAI, C.H.; PAN, B.S.; KONG, M.S. Browning behavior of taurine and proline in model and dried squid systems. **Journal of Food Biochemistry**, v.15, n.1, p.67–77, 1991b.

van der BERG, C. Description of water activity of foods for engineering purposes. In: MCKENNA, B. M. (ed.), **Engineering and food**. 1.ed. London: Elsevier Applied Science, v.1, p.311-321, 1984.

VASCONCELOS, M.A.S; MELO FILHO, A.B. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. 130p. Disponível em: <http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prod_alim/tec_alim/181012_con_alim.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2014.

VEIT, J. C.; FREITAS, M. B.; REIS, E. S.; MOORE, O. Q.; FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Desenvolvimento e caracterização de bolos de chocolate e de cenoura

com filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 427-433, 2012.

VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, G.; SALAS MARTINS, I.; CERVATO, A.M.; FORNÉS, N.S.; MARUCCI, M.F.N. Consumo alimentar de vitaminas e minerais em adultos residentes em área metropolitana de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.31, n.2, p. 157-162, 1997.

VIDAL, J.M.A.; RODRIGUES, M.C.P.; ZAPATA, J.F.F.; VIEIRA, J.M.M. Concentrado protéico de resíduos da filetagem de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização físico-química e aceitação sensorial. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 92-99, 2011.

VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Instituto de Pesca**, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2014.

VILA NOVA, C.M.V.M.; GODOY, H.T.; ALDRIGUE, M.L. Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídios totais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pargo (*Lutjanus purpureus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.25, n.3, p. 430-436, 2005.

VILELA, C.A.A.; ARTUR, P.O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 387-394, 2008.

WENDT, S.C. **Análise da Mudança de Cor em Concretos Submetidos a Altas Temperaturas como Indicativo de Temperaturas Alcançadas e da Degradação Térmica**. 2006. 183p. Dissertação (Mestrado) Porto Alegre: PPGEC/UFRGS.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guideline: Sodium intake for adults and children**. World Health Organization, Geneva, 2012. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

YARNPAKDEE, S.; BENJAKUL, S.; PENJAMRAS, P.; KRISTINSSON, H.G. Chemical compositions and muddy flavour/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. **Food Chemistry**, v. 142, p. 210–216, 2014.

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