



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL

CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ELOIZA MUZZOLON

**ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DO CONGELAMENTO DE
ALMÔNDEGA E FISHBURGUER À BASE DE POLPA DE TILÁPIA EM FREEZER
CONVENCIONAL COM FUNÇÃO DE CONGELAMENTO RÁPIDO**

LARANJEIRAS DO SUL

2015

ELOIZA MUZZOLON

**ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DO CONGELAMENTO DE
ALMÔNDEGA E FISHBURGUER À BASE DE POLPA DE TILÁPIA EM FREEZER
CONVENCIONAL COM FUNÇÃO DE CONGELAMENTO RÁPIDO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para a obtenção
de grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eduarda Molardi Bainy

LARANJEIRAS DO SUL

2015

Muzzolon, Eloiza

Elaboração, Caracterização e Estudo do Congelamento de Almôndega e Fishburguer à Base de Polpa de Tilápia em Freezer Convencional Com Função de Congelamento Rápido/ Eloiza Muzzolon. -- 2015.

52 f.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eduarda Molardi Bainy.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia de Alimentos , Laranjeiras do Sul, PR, 2015.

1. Elaboração de Almôndega e Fishburger. I. Bainy,
Prof.^a Dr.^a Eduarda Molardi, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

ELOIZA MUZZOLON

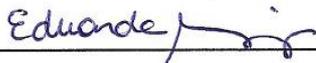
**ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DO CONGELAMENTO
DE ALMÔNDEGA E FISHBURGUER À BASE DE POLPA DE TILÁPIA EM
FREEZER CONVENCIONAL COM FUNÇÃO DE CONGELAMENTO
RÁPIDO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

Orientador: Professor Dr^a. Eduarda Molardi Bainy

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 07 / 12 / 2015

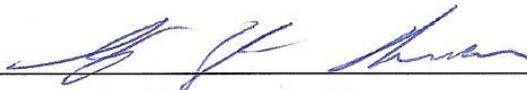
BANCA EXAMINADORA



Prof. Eduarda Molardi Bainy



Prof. Ernesto Quast



Prof. Thiago Bergler Bitencourt

RESUMO

O presente trabalho objetivou elaborar, almôndega e fishburguer à base de polpa de tilápia (*Oreochromis* sp.), caracterizar físico-quimicamente as matérias-primas e a formulação final, obter o perfil e os parâmetros do processo de congelamento e avaliar o *shelf life* do fishburguer. Primeiramente foi elaborada uma formulação de fishburguer e almôndega utilizando subprodutos da filetagem da tilápia, como a polpa e a carne mecanicamente separada (CMS). Realizou-se a composição centesimal, análises de pH e atividade de água (A_w) e análises microbiológicas das matérias-primas (polpa e CMS de tilápia) e da formulação. Adicionalmente, realizou-se a análise de perda de peso na cocção (PPC) do fishburguer no início do estudo. Utilizou-se um freezer convencional com função de congelamento rápido para a obtenção das curvas de congelamento. Determinou-se a temperatura inicial de congelamento, os tempos e as velocidades de congelamento para a zona crítica (0 à -5°C) e para o congelamento completo (0 à -18°C). Por fim, realizou-se o estudo de *shelf life* do fishburguer durante nove semanas de armazenamento congelado a -18°C . Para isso, foram realizadas análises de pH, A_w , perda de água por centrifugação (EW), análises de cor do fishburguer cru e grelhado, e ainda análise sensorial para os atributos odor e sabor a peixe, utilizando um painel treinado. A polpa de tilápia apresentou maior teor de proteínas (14,5%) e menor percentual (4%) de lipídios do que a CMS. As matérias-primas e a formulação final tiveram alta A_w e pH próximo da neutralidade. Os resultados das análises microbiológicas estavam de acordo com o estabelecido pelas especificações vigentes. O uso de termopares e do sistema de aquisição de dados mostrou-se um método eficiente e de fácil execução para a obtenção dos perfis de congelamento e dos parâmetros de processos para os produtos finais. A temperatura média do freezer foi de aproximadamente -30°C . Observou-se que o tempo de congelamento do fishburguer foi maior do que para a almôndega, permanecendo pelo dobro do tempo na zona crítica. As velocidades de congelamento entre os dois produtos diferiram, sendo maior para a almôndega, contribuindo assim para a redução no tempo de congelamento. A PPC do fishburguer foi de aproximadamente 20% devido à baixa capacidade de retenção de água (alto EW) da formulação. Não ocorreram alterações significativas nos parâmetros de qualidade analisados durante o armazenamento congelado por 9 semanas, exceto para a coloração do fishburguer cru, que se tornou mais amarelada e menos avermelhada, a partir da sexta semana.

Palavras-chave: *Oreochromis* sp.. Composição. Curvas de congelamento. *Shelf life*.

ABSTRACT

The present study aimed to produce meatball and fish burger made from tilapia (*Oreochromis* sp.) pulp. Besides this, the physicochemical analyses, the freezing process and shelf life were evaluated. First, a formulation using by-products from tilapia filleting, such as pulp and mechanically separated meat (CMS) was produced. The proximate composition, pH, water activity (A_w) and microbiological analysis of the raw materials (tilapia pulp and CMS) and formulation were conducted. Additionally, the weight loss during cooking (PPC) was determined for the fish burger. A conventional freezer with a quick freezing function was used for obtaining the freezing curves. It was determined the initial freezing temperature (T_f), the times and rates to freeze the product in the critical zone (0 to -5°C) and to complete freezing (0 to -18°C). Finally, we carried out the study of the fish burger shelf life for nine weeks in frozen storage at -18°C . Analyses of pH, A_w , expressible water (EW), color of the crude and grilled fish burger, and sensory were performed. Tilapia pulp showed higher protein content (14.5%) and lowest percentage (4%) of lipids than CMS. The raw materials and the formulation had high A_w and pH near the neutrality. The microbiological results showed that they were in agreement with the current specifications. The use of thermocouples and a data acquisition system proved to be an efficient and easily performed method for obtaining the freezing curves and process parameters for the final products. The average freezer temperature was approximately -30°C . The fishburger freezing time was longer than for the meatball, as it remained twice the time in the critical zone. Freezing rates between the two products differed, being higher for the meatball, thereby contributing to the reduction in freezing time. The fish burger PPC was approximately 20%, due to the low water holding capacity (high EW). There were no significant changes in the quality parameters evaluated during the frozen storage for 9 weeks, except for the color of the raw fish burger. It became more yellow and less red after the 6th week.

Keywords: *Oreochromis* sp.. Composition. Freezing curves. Shelf life.

AGRADECIMENTO

A minha orientadora, Profª Drª Eduarda Molardi Bainy, pela orientação, por sua paciência, compreensão e apoio as atividades realizadas no decorrer do TCC.

Aos professores membros da banca, por terem aceito o convite para ler e avaliar meu trabalho de conclusão de curso.

Aos professores que de alguma forma colaboraram com minha formação acadêmica, e ajudas no TCC.

Aos colegas de graduação, pela amizade, apoio e incentivo, que facilitaram a vivencia acadêmica.

Aos meus amigos e ao meu namorado que me incentivaram e acreditaram sempre em mim e que tornaram meus dias mais fáceis e felizes.

Aos meus pais, Zeni e Jayme, a minha irmã Rafaeli, por toda a compreensão, apoio, amor, carinho, força e atenção.

Aos meus padrinhos Angela e Olinto, aos meus avós Lili e João, pelo incentivo e pela compreensão e carinho.

A Deus que sem ele nada seria possível.

*"Que os vossos esforços desafiem as
impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes
coisas do homem foram conquistadas do que
parecia impossível."*

Charles Chaplin

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.1.1	Objetivos específicos	12
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
2.1	TILÁPIA.....	13
2.2	SUBPRODUTOS DA FILETAGEM DA TILÁPIA.....	14
2.3	ALMÔNDEGA E FISHBURGUER DE TILÁPIA.....	16
2.4	CONGELAMENTO DE ALIMENTOS	17
2.4.1	Curvas de congelamento	18
2.4.2	Temperatura inicial de congelamento	20
2.4.3	Tempo de congelamento	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1	MATERIAL	22
3.2	ELABORAÇÃO DO FISHBURGUER E DA ALMÔNDEGA.....	23
3.3	CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DA FORMULAÇÃO	24
3.3.1	Composição centesimal	24
3.3.2	Determinação do pH e da atividade de água (Aw)	24
3.3.3	Perda de peso por cocção	24
3.4	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	25
3.5	OBTENÇÃO DAS CURVAS DE CONGELAMENTO	25
3.5.1	Determinação da temperatura inicial de congelamento	26
3.5.2	Determinação do tempo de congelamento	27
3.5.3	Determinação da velocidade de congelamento	27
3.6	<i>SHELF LIFE</i> do fishburguer	28
3.6.1	Perda de água por centrifugação (EW)	28
3.6.2	Preparo das amostras	29
3.6.3	Análise da cor	29
3.6.4	Análise sensorial	30
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DA FORMULAÇÃO	32
4.1.1	Composição centesimal	32
4.1.2	Análises de pH e atividade de água	34
4.1.3	Perda de peso por cocção	35
4.2	QUALIDADE MICROBIOLÓGICA.....	36

4.3 CURVAS DE CONGELAMENTO DO FISHBURGUER E ALMÔNDEGA	37
4.4 ESTUDO DO SHELF LIFE DO FISHBURGUER	41
4.4.1 Análises físico-químicas	41
4.4.2 Análises de cor	42
5. CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis sp*). é uma das espécies de peixe mais popular no mundo sendo esta espécie de pescado a mais cultivada no Brasil com uma produção de 253.824,1 toneladas em 2011, representando 47% da produção nacional de pescado proveniente da aquicultura continental. (BRASIL, 2011).

Essa espécie possui uma excelente fonte de nutrientes, com elevados teores de proteína, aminoácidos essenciais para a alimentação humana, ácidos graxos poli-insaturados e quando comparado a outras espécies de peixes, a tilápia possui carne magra, ou seja, um alimento de baixo teor calórico. (MINOZZO, 2005).

Os consumidores atuais estão preocupados em obter uma alimentação saudável e buscam por alimentos com elevado teor nutritivo ao mesmo tempo em que sejam semi-prontos, de fácil preparo, custo acessível e seguros. (MONTEIRO, 2013). Assim a procura por produtos à base de pescado tem aumentado e novos produtos têm surgido para que possam suprir essa demanda.

No mercado brasileiro, já se encontram produtos congelados à base de tilápia como hambúrguer, bolinhos de peixe, almôndegas e empanados. Esses produtos podem ser produzidos a partir de aparas da filetagem e da carne mecanicamente separada (CMS), que são subprodutos da filetagem de pescado. A CMS pode ser utilizada na formulação de produtos de pescado, com intuito de minimizar custos e aproveitar resíduos que seriam descartados ou utilizados na alimentação animal. (KIRSCHNIK, 2007).

Adicionalmente, há incentivo do governo federal para a inserção de produtos à base de pescado na merenda escolar brasileira, através do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento das crianças em idade escolar. (BRASIL, 2013). Por este motivo, abatedouros de tilápia do Paraná têm buscado diversificar a produção e atender essa demanda, realizando a produção de produtos congelados, a partir do aproveitamento dos subprodutos da filetagem.

Com o surgimento desses produtos, uma preocupação que se tem é quanto aos métodos de conservação que podem ser empregados. Um dos métodos de conservação mais empregados para essa categoria de produtos é o congelamento. Esse método tem sido muito utilizado na indústria de carnes, devido à perecibilidade

das matérias-primas e pela distância entre os locais de produção e centros urbanos exigindo assim períodos de armazenamento mais prolongados para garantir a distribuição de alimentos seguros durante todo o ano. (SILVA, 2000).

O congelamento baseia-se na redução da temperatura do alimento a temperaturas inferiores ao ponto de congelamento, ocorrendo a mudança de fase da água do estado líquido para estado sólido na forma de cristais de gelo. (FELLOWS, 2006). A grande vantagem do congelamento é que esse método mantém as principais características do produto, ao mesmo tempo em que prolonga a vida de prateleira dos produtos cárneos em geral, além de evitar o crescimento de microrganismos e reduzir alterações físico-químicas.

1.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar, caracterizar e estudar o congelamento de almôndega e fishburguer à base de polpa de tilápia em freezer convencional com função de congelamento rápido (*Oreochromis* sp.).

1.1.1 Objetivos específicos

- Produção de almôndega e fishburguer à base de polpa de tilápia (*Oreochromis* sp.);
- Caracterização físico-química e microbiológica das matérias-primas e da formulação final;
- Obtenção das curvas de congelamento utilizando um freezer horizontal com a opção de congelamento rápido;
- Determinação da temperatura inicial de congelamento, dos tempos e das velocidades de congelamento, com o uso do método da curva de congelamento;
- Avaliação físico-química, sensorial e microbiológica do fishburguer durante armazenamento congelado a -18°C.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 TILÁPIA

A espécie de pescado mais cultivada no Brasil é a tilápia que possuiu uma produção de 253.824,1 toneladas em 2011, isto é, representou cerca de 47% da produção nacional de pescado proveniente da aquicultura continental (BRASIL, 2011), com um crescimento médio anual em torno de 17% (BRASIL, 2013). Segundo Pérez (2013), esta produção destina-se a frigoríficos, supermercados, pesque-pague ou estabelecimentos com a finalidade de engorda.

Outro fator importante é o consumo aparente de pescados no Brasil que em 2010 foi de 9,75 kg/capita/ano (BRASIL, 2012), valor abaixo da média mundial de 17 kg/capita/ano (OECD/FAO, 2011) e inferior ao recomendado (12 kg/capita/ano) pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2007).

De acordo com Marengoni et al. (2009), o Brasil possui baixo índice de consumo de pescado e isto deve-se ao fato dos fatores culturais, falta de hábito dos consumidores brasileiros, níveis de renda e baixa disponibilidade de produtos de conveniência, de fácil preparo, como produtos congelados à base de pescado. Produtos elaborados a partir de tilápia podem apresentar elevado potencial de comercialização e credibilidade mercadológica, devido à inserção nos contextos de funcionalidade, saudabilidade e sustentabilidade. (MONTEIRO, 2013).

O pescado é uma fonte de nutrientes indispensáveis e pode ser considerado como um alimento que reduz a incidência de doenças crônicas. (MENEGASSI, 2011). De acordo com Monteiro (2013), os consumidores a cada dia se preocupam mais com a saúde, e com uma alimentação rica em pescado, essa demanda dos consumidores pode ser suprida como a inserção de produtos que são preparados a base de pescado. Novos produtos estão surgindo principalmente os congelados, e desta forma já se pode encontrar produtos como hambúrguer, almôndegas, *steak*, bolinhos de peixes e *nuggets*.

Segundo Oetterer (2006), os nutrientes encontrados nos pescados como a proteína, são em geral encontradas em grande quantidade possuindo em torno de 15 a 25 %. As proteínas do pescado possuem propriedades funcionais importantes, como a geleificação, emulsificação, e capacidade de retenção de água. Tais propriedades possuem grande relevância no desenvolvimento de produtos, que são

elaborados a base de polpa de peixe, como as almôndegas e fishburguer de peixes. Além de conter todos os aminoácidos essenciais e possuir boa digestibilidade.

Segundo Minozzo (2005) a tilápia, possui uma carne magra, com excelentes fontes de nutrientes. Através de estudos com filé de tilápia, esta afirmação pode ser verificada, de acordo com o estudo de Dallabona (2011), onde ele testou filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), os teores de umidade foram de 78,9%, proteína 16,4%, lipídio 3,3 e cinzas 1,0%.

O conteúdo médio de lipídios no pescado é baixo, variando de acordo com a espécie, idade, região do corpo, ciclo sexual e alimentação. Grande parte desta gordura é composta por ácidos graxos poliinsaturados, dentre os quais destacam-se os da série ômega-3, devido ao seu comprovado efeito benéfico na redução do risco de doenças cardiovasculares, câncer e artrite. (KIRSCHNIK, 2007).

A tilápia não possui naturalmente ácidos graxos como o ômega-3 mais pode-se incorporar na alimentação. Segundo Costa et al. (2012), a inclusão de 16% de silagem ácida de cabeça de camarão como fonte alternativa de ácidos graxos essenciais em dietas para tilápia aumentou os níveis de EPA e DHA no seu filé, ou seja, através da alimentação da tilápia, esta pode vir a ganhar esses ácidos graxos que são benéficos a saúde do consumidor. Dessa forma, fica evidente a importância de se investir em produtos de pescado que visem um maior aproveitamento da carne de pescado e de seus nutrientes além de possuírem todas as exigências atuais relacionadas à praticidade com produtos semi-prontos e de qualidade (NEIVA, 2006).

2.2 SUBPRODUTOS DA FILETAGEM DA TILÁPIA

Resíduos da filetagem têm sido tradicionalmente utilizados na alimentação animal, ou simplesmente descartados, tornando-se um problema ambiental, acarretando perdas econômicas, pois os resíduos são considerados no cálculo econômicos do filé, e sociais pelos danos causados ao meio ambiente. (KIRSCHNIK, 2007). No entanto, parte destes resíduos poderia ser utilizado na alimentação humana, pois ainda retém músculos de boa qualidade na carcaça após a filetagem (KIRSCHNIK, 2007), além do aproveitamento das aparas (recortes) da filetagem.

No Brasil a forma de beneficiamento que prevalece são os filés de tilápia congelados, e grande quantidade de resíduos é gerado pelo baixo rendimento em filés (30 a 33%), sendo, portanto, a CMS de tilápia uma forma de redução desse desperdício. (OETTERER, 2002 *apud* KIRSCHNIK, 2007). De acordo com Kirschnik (2007), uma alternativa para a recuperação da carne de peixe que fica da filetagem é o processo de extração de Carne Mecanicamente Separada (CMS) com a utilização de equipamentos como “despolpadores”, que separa mecanicamente, o músculo das demais estruturas do peixe tais como espinhas e pele.

A CMS de pescado pode ser definida como: “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 isenta de ossos, vísceras, escamas e pele”. (FAO/WHO, 1994).

A utilização da CMS de pescado tem como principais vantagens a maior viabilidade econômica, por apresentar recuperação adicional de carne entre 10 a 20%. (KIRSCHNIK, 2007). A legislação vigente, Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000 para identidade e qualidade de almôndegas e também para hambúrgueres determina um limite máximo de 30% de adição de Carne Mecanicamente Separada, em almôndega e hambúrgueres cozidos. (BRASIL, 2000).

A Tabela 2.1 compara valores obtidos de uma mesma espécie de, (*Oreochromis niloticus*) pode-se perceber que mesmo sendo a mesma espécie estudada, há variações nos valores encontrados, e isto deve-se ao fato de fatores ambientais, ou seja, a composição centesimal da CMS pode estar relacionada com as características de criação, alimentação, condições ambientais, em que estas foram criadas. (COSTA et al., 2012).

Tabela 2.1: Composição Centesimal da carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Matérias-primas	Umidade [%m/m]	Proteína [%m/m]	Lipídio [%m/m]	Cinzas [%m/m]	Fonte
CMS de Tilápia	73,90	14,63	10,07	0,73	Resende (2010)
CMS de Tilápia	75,47	12,76	10,54	1,14	Filho (2009)
CMS de Tilápia	74,70	10,75	12,99	1,00	Sary et al. (2009)

[%m/m]:porcentagem em massa

2.3 ALMÔNDEGA E FISHBURGUER DE TILÁPIA

No Brasil, os produtos de origem animal devem seguir o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) elaborado e aprovado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através do Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952. (BRASIL, 1952). O artigo 428, que define pescado de forma genérica como os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbio, quelônios e mamíferos de água doce e salgada, que são utilizados na alimentação humana. O artigo 446 deste regulamento, estabelece que derivados de pescado são estabelecidos como produtos e subprodutos, comestíveis ou não, que seja elaborado todo com pescado, ou em partes.

Seguindo as regulamentações estabelecidas para produtos e subprodutos elaborados a partir de pescado como a almôndega e hambúrguer (fishburger), e que podem ser definidos pela Instrução Normativa Nº 20, de 31 de julho de 2000, do MAPA (BRASIL, 2000), que regulamenta a identidade e as características mínimas de qualidade da almôndega e hambúrguer, porém não faz referência a carne de pescado, somente para carne de diferentes espécies de animais de açougue (suínas, ovinas, bovinas e de aves), ou seja, não se tem uma legislação específica para fishburger e almôndega de tilápia no Brasil.

A mesma normativa (BRASIL, 2000) define a almôndega com sendo um produto cárneo industrializado, obtido a partir da carne moída de uma ou mais espécies de animais de açougue, moldada na forma arredondada, adicionada de ingredientes e submetido ao processo tecnológico adequado. Já o termo fishburger é uma denominação atribuída ao hambúrguer de peixe pela similaridade de preparo com o hambúrguer bovino. A expressão “hambúrguer” é a definição para bifés pequenos, redondos, feitos com carne bovina moída temperada com condimentos,

originado na região de Hamburgo, Alemanha, sendo assim, seu nome é derivado do bife hamburguês. (BARROS, 2009).

Pela definição de almôndega e fishburguer e os nutrientes presentes nos mesmos, e considerando-se a mudança no perfil nutricional da população e a oferta de produtos de pescado de qualidade, no mercado interno, podem direcionar o consumo, em especial pela oferta de novas formas de apresentação deste alimento perecível que não a tradicional forma enlatada, (MINOZZO, 2005), como produtos semi-prontos, de fácil preparo, com elevado valor nutritivo, custo acessível e higienicamente seguros, além da maior preocupação com a saúde (MONTEIRO, 2013).

O fishburguer e a almôndega, mesmo passando por processos tecnológicos como o congelamento, ainda possuem excelentes características nutricionais. De acordo com Filho (2009) os produtos de pescado devido ao seu alto valor nutritivo caracterizam-se como uma fonte de cálcio, ácidos graxos, vitaminas e importante fonte de proteína para a alimentação humana. Além disso, são produtos com boa aceitação para diferentes faixas etárias e podem ser uma opção tecnológica para oferta do pescado. (MINOZZO, 2005).

2.4 CONGELAMENTO DE ALIMENTOS

De acordo com Fellows (2006), o congelamento, trata-se de uma operação unitária, em que a temperatura do alimento é reduzida abaixo de seu ponto de congelamento, ou seja, certa parte de sua água vai sofrer mudança de estado e formará cristais de gelo, ocorrendo-se a imobilização da água, concentração de solutos e diminuindo a atividade de água.

O congelamento é uma das melhores maneiras de se manter as características de um produto e evitar alterações. Sendo que a maior eficiência no armazenamento de carnes congeladas, no tempo de duração e na qualidade, depende de fatores, como o método de congelamento, o grau de contaminação, a espécie animal, a proporção e a composição da gordura, o tipo de produto quanto ao volume e sua integridade, a temperatura de manutenção e sua constância, além da presença de embalagens protetoras e da incidência de luz. (FELLOWS, 2006).

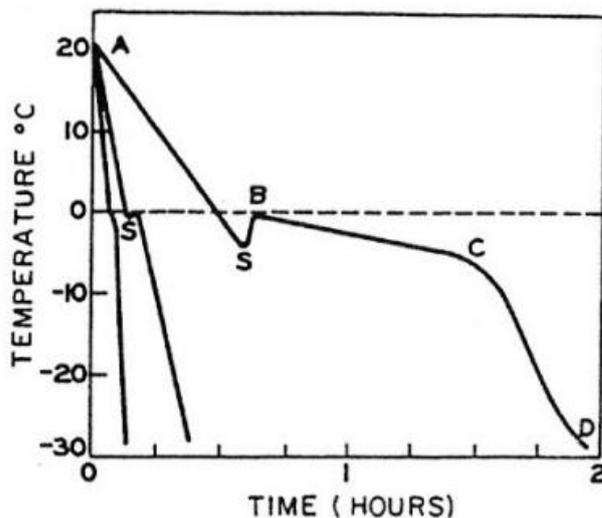
Alimentos como as carnes, peixes, frutos do mar, representam um dos maiores grupos de alimentos congelados comercialmente. Segundo Ordóñez et al. (2005), o congelamento auxilia na conservação e no aumento da vida de prateleira de peixes e de seus derivados.

2.4.1 Curvas de congelamento

No congelamento, primeiramente remove-se o calor sensível para diminuir a temperatura do alimento até o ponto de congelamento. Os alimentos possuem grandes proporções de água, e isso faz com que se tenha um alto calor específico e calor latente, necessitando-se de grande quantidade de energia para remover estes calores do alimento até o centro geométrico, formar os cristais de gelo e para só então congelar o alimento. (FELLOWS, 2006).

Percebe-se que monitorando a temperatura do centro térmico do alimento, obtém-se uma curva característica quando remove-se o calor, e de acordo com a Figura 2.1, como vê-se a seguir:

Figura 2.1: Curvas de tempo–temperatura típicas do congelamento de alimentos.



FONTE: KAREL (1975).

Segundo Fellows (2006), a curva divide-se em quatro componentes: AS, onde o alimento é resfriado até abaixo do ponto de congelamento, nesta etapa S a água permanece líquida, e este fenômeno é conhecido como super-resfriamento. SB, a temperatura vai aumentar rapidamente até atingir o ponto de congelamento, é onde os primeiros cristais de gelo começam a se formar, e o calor latente de cristalização

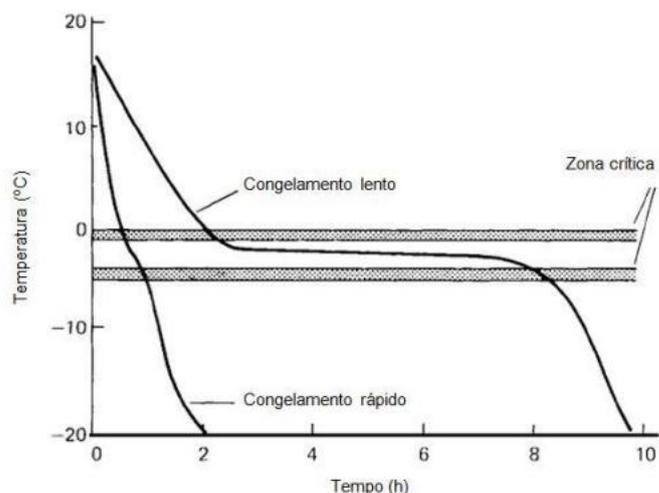
é liberado. BC, o calor latente está sendo removido e o gelo está se formando, e nesta fase a temperatura permanece quase que constante, é onde o ponto de congelamento diminui gradativamente devido ao aumento da concentração de solutos, é nessa etapa que a maior parte do gelo se forma. CD, nesta fase continua-se a cristalização da água e dos solutos. A temperatura do alimento vai cair até a temperatura do congelador, mas ainda há certa quantidade de água que vai continuar líquida, e isto depende do tipo e da composição do alimento. (FELLOWS, 2006).

O congelamento pode se dar de duas formas, o congelamento lento onde cristais de gelo maiores se formam nos espaços intracelulares devido à velocidade de formação do gelo ser menor que a migração de água no interior das fibras musculares, e o congelamento rápido onde os cristais de gelo formado são menores, uniformemente distribuídos nas fibras musculares. (FELLOWS, 2006).

As curvas de congelamento podem ser utilizadas para caracterizar o congelamento, como rápido ou lento, dependendo do perfil obtido com a curva, ilustrado na Figura 2.2. A curva de congelamento lento passa pelas etapas descritas anteriormente, permanecendo por mais tempo dentro de uma faixa chamada de zona crítica (0 a -5 °C). (CHEN E PAN, 1997).

No caso do congelamento rápido, no ponto próximo da zona crítica, ocorre um declínio brusco da temperatura, verificando-se que as etapas adicionais que são observadas no congelamento lento não ocorrem. (CHEN E PAN, 1997). Segundo Fellows (2006), o tempo que vai levar para um alimento que está sendo congelado passar pela zona crítica vai determina o número e o tamanho dos cristais que se formam e em consequência o tipo de congelamento que se obtém. A velocidade de congelamento vai afetar o tipo e as proporções de gelo que serão formados no interior da carne. (PEREIRA, 2003).

Figura 2.2 – Curvas de congelamento em função da temperatura e tempo, típicas de congelamento rápido e congelamento lento.



FONTE: FELLOWS (2006).

Com as curvas de congelamento pode-se determinar, a temperatura inicial de congelamento, as velocidades e os tempos de congelamento.

2.4.2 Temperatura inicial de congelamento

Antes do congelamento, o calor sensível é removido para diminuir a temperatura do alimento até a temperatura inicial de congelamento, abaixo do ponto de congelamento da água pura, devido às substâncias dissolvidas nas soluções que formam o alimento. Essa etapa consiste na redução da temperatura abaixo do ponto de congelamento da água sem mudança de fase. (COLLA, L.; HERNÁNDEZ, C., 2003).

Segundo Fellows (2006), a temperatura de congelamento da água dá-se em 0°C e a de outros alimentos abaixo de 0°C, este fato é decorrente do congelamento, em que os sólidos solúveis que estão disponíveis na fase líquida da água vão se concentrar, acarretando a diminuição gradativa da temperatura de congelamento, variando-se com o tempo. A temperatura inicial de congelamento (T_f) pode ser definida como sendo a temperatura na qual os primeiros cristais de gelo vão começar a se formar, ou seja, ambas as fases existem em equilíbrio - os cristais de gelo (fase sólida) existem em equilíbrio com a água (fase líquida) em um alimento. (FELLOWS, 2006).

De acordo com Rahman et al. (2009), os alimentos crus que possuem um teor de umidade alta, o ponto de congelamento vai se dar de 0 e $-3,9^{\circ}\text{C}$, e com baixos teores, vão possuir temperaturas de congelamento inferiores devido aos teores de sólidos, sendo que produtos cárneos variam de $-0,1$ a $-5,0^{\circ}\text{C}$.

Ordóñez et al. (2005) mostra que o pescado possui um conteúdo de água de aproximadamente de 53 a 80% de seu total e que a maior parte da água do pescado é convertida em gelo durante o congelamento, contando ainda com presença de proteínas e lipídios em sua composição. E sabendo-se que a água pura congela a 0°C , o pescado devido à sua composição começa congelar a partir de -1°C , e a medida que a temperatura cai, a água começa a congelar e os solutos se concentram.

Na determinação de processos de congelamento, a temperatura de congelamento é essencial, pois trata-se da etapa onde ocorre a maior remoção do calor latente do alimento.

2.4.3 Tempo de congelamento

Segundo Ibarz e Barbosa-Cánovas (2003) e Heldman e Lund (2007), o tempo de congelamento pode ser definido como o tempo necessário para reduzir a temperatura do centro geométrico do alimento de uma temperatura inicial até uma temperatura final pré-estabelecida.

Segundo Singh e Heldman, (2001), a utilização de medidas experimentais do tempo de congelamento é muitas vezes realizada para verificar os modelos matemáticos que são utilizados ou ainda quando os cálculos são complexos. Sendo que o experimento precisa ser planejado a fim de simular precisamente as condições do processo em que deseja-se estudar, e o perfil de congelamento deve ser realizado para pelo menos um ponto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

A formulação base consistiu de recortes (aparas) da filetagem e de carne mecanicamente separada (CMS) lavada da carcaça, denominadas nesse trabalho de polpa e CMS, respectivamente. A polpa e a CMS de tilápia utilizados na formulação foram obtidos por doação na forma de blocos congelados de 2 kg de um frigorífico da região centro-oeste do Paraná.

O descongelamento das matérias-primas ocorreu em temperatura de 4°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) até atingirem a temperatura de 9°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), ponto desejado para pesagem das mesmas para o desenvolvimento da formulação, em que foram elaboradas seis bateladas de 1 kg, conforme a formulação apresentada na Tabela 3.1. Utilizou-se a mesma formulação para produção de fishburguer e almôndega, diferindo apenas no formato e na massa do produto final.

Tabela 3.1: Formulação do fishburguer e da almôndega

Ingredientes	%
Polpa de tilápia	67,3
CMS de tilápia	26,7
Sal	1
Alho desidratado em pó	0,5
Pimenta do reino em pó	0,2
Cebola desidratada em pó	1
Orégano	0,3
Amido de milho	3
Gelo*	2,5

*Com base na porcentagem total da massa de carne de tilápia.

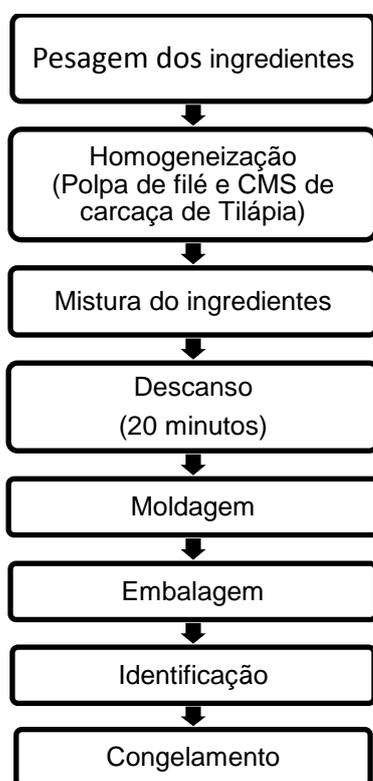
FONTE: Messias et al. (2015) (EPEA)

Os reagentes utilizados foram, ácido sulfúrico P.A. (96% de pureza), solução de hidróxido de sódio 40%, catalisadores sulfato de cobre e sulfato de potássio (99% de pureza), solução vermelho de metila 1,0%. Ácido sulfúrico a 0,1M foi preparado a partir do ácido sulfúrico concentrado. Para a determinação de lipídios, foram usados álcool metílico P.A. (99,8% pureza) e clorofórmio P.A. (99,8% pureza).

3.2 ELABORAÇÃO DO FISHBURGUER E DA ALMÔNDEGA

Para a elaboração do fishburguer e da almôndega, seguiu-se o fluxograma apresentado na Figura 3.1. Primeiramente, os ingredientes tiveram suas massas aferidas conforme descrito na Tabela 3.1, na sequência fez-se a homogeneização do peixe (polpa de filé e CMS), adicionou-se os outros ingredientes e condimentos, e foi homogeneizado até a obtenção de uma massa, deixou-se descansar por um tempo de 20 minutos em temperatura de refrigeração, para que os ingredientes incorporassem sabores, aromas e melhorar a emulsão para a etapa de moldagem.

Figura 3.1 – Fluxograma para elaboração dos produtos à base de polpa de tilápia



FONTE: Elaborado pelo autor.

Em seguida, modelou-se manualmente as almôndegas em formatos arredondados com massa de 25g, e para o fishburguer fez-se a modelagem em forma própria para moldar hambúrguer com 9,0 cm de diâmetro e massa de 120g. Os produtos foram recobertos com embalagens de polietileno de baixa densidade, identificados e então levados ao congelamento em freezer horizontal (H500, Eletrolux, Curitiba-PR), com função de congelamento rápido.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DA FORMULAÇÃO

3.3.1 Composição centesimal

A composição centesimal foi realizada para a formulação crua utilizada para a elaboração de almôndega e fishburguer, e ainda para as matérias-primas, a CMS e a polpa de tilápia. Foram realizadas a determinação do teor de umidade, proteínas e cinzas pelos métodos da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). O teor de umidade foi medido pelo método gravimétrico por secagem da amostra em estufa a 105°C por 12 horas. As proteínas foram determinadas pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$). As cinzas foram determinadas pelo resíduo depois de incinerado em mufla a 550°C por aproximadamente 18h. O teor de lipídios foi determinado de acordo com Bligh e Dyer (1959) e Ramalhosa et al. (2012), conforme recomendado pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os carboidratos totais foram determinados por diferença (100-umidade-cinzas-proteínas-lipídios). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.3.2 Determinação do pH e da atividade de água (A_w)

O pH foi medido numa suspensão resultante da homogeneização de 10 g de amostra com 100 mL de água destilada por 2 minutos, conforme descrito pelo método n. 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) usando um medidor de pH de bancada (HANNA instruments, HI2221, Calibration Check pH/ORP Meter, Tamboré - SP) previamente calibrado. A atividade de água (A_w) foi medida a 25°C utilizando um analisador de A_w (CH8863, Novasina AG Lanchem Lab Master, Suíça) de leitura direta. As medidas de pH e A_w foram realizadas para as amostras cruas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.3.3 Perda de peso por cocção

Para a determinação de perda de peso por cocção (PPC) o fishburguer teve sua massa aferida ainda congelado e depois foi submetido ao grelhamento por 5 minutos de um lado e 3 do outro, e após resfriados aferiu-se novamente sua massa.

A PPC foi calculada a partir da equação 3.1.

$$\%PPC = \left(\frac{\text{massa amostra congelada (g)} - \text{massa amostra grelhada (g)}}{\text{massa amostra congelada (g)}} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram realizadas as análises de contagem de bactérias mesófilas (meio PCA, 30°C, 48h) e contagem de enterobactérias (meio VRBG, 37°C, 24 a 28h) para as matérias-primas (polpa e CMS de tilápia) e formulação final, a fim de avaliar a qualidade higiênico-sanitária das mesmas. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da UFFS.

Para os fishburgueres crus que seriam avaliados pelo painel treinado no estudo do *shelf life*, realizou-se ainda as análises microbiológicas exigidas pela resolução RDC Nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2001), para produtos à base de pescado refrigerados ou congelados, como no caso de hambúrgueres e similares. Foram realizadas as análises de contagem de coliformes a 45°C (AFNOR 01/2-09/89C), *Estafilococos* coagulase positiva (APHA – 2001) e *Salmonella* sp. (ISO - 6579: 2002). Essas análises foram realizadas pelo Laboratório Lanali, que é credenciado pelo MAPA. Escolheu-se seis hambúrgueres crus congelados, de forma aleatória, sendo um hambúrguer de cada batelada, que foram homogeneizados e todas as análises foram realizadas em duplicata.

3.5 OBTENÇÃO DAS CURVAS DE CONGELAMENTO

As curvas de congelamento da almôndega e do fishburguer foram obtidas utilizando um freezer horizontal (H500, Eletrolux, Curitiba - PR), com função de congelamento rápido (*fast freeze*), com o objetivo de obter o perfil de congelamento para os produtos estudados, assim como os parâmetros do processo e a temperatura inicial de congelamento.

O freezer H500 possui capacidade de armazenamento de 477 litros e capacidade de congelamento de 22 kg/24h, e utiliza gás refrigerante R134a. Antes dos experimentos, o freezer foi equilibrado em sua opção de congelamento rápido

no controle de temperatura por no mínimo 1h. Quando a função de congelamento rápido está acionada, o freezer funciona sem interrupção e a temperatura do freezer diminui rapidamente. As amostras utilizadas para o congelamento foram elaboradas no dia e congeladas na mesma seção do freezer. A porta do refrigerador permaneceu fechada durante o experimento, para não haver entrada de ar.

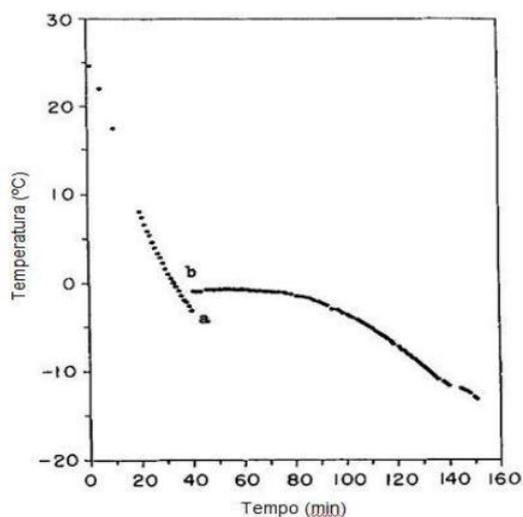
Cada amostra testada foi colocada no freezer individualmente, envolta em uma embalagem de polietileno de baixa densidade e dois termopares foram utilizados. Um termopar foi inserido no centro geométrico da almôndega e do fishburguer e um segundo termopar foi usado para medir a temperatura do ar do compartimento do freezer durante os experimentos e colocado a aproximadamente 5 cm da amostra.

Cada amostra foi colocada no degrau existente no compartimento interno do freezer horizontal. Foram usados termopares tipo T (Novus, Porto Alegre-RS) conectados a um sistema de aquisição/registo de dados (FieldLogger, Novus, Porto Alegre-RS) conectado a um computador. Os dados de temperatura foram registrados a cada 5 segundos de processo durante os testes. As recomendações seguidas nesse trabalho foram descritas por Anderson et al. (2004). Os experimentos foram repetidos 5 vezes com amostras diferentes (uma amostra por repetição). As curvas de congelamento (temperatura X tempo) foram analisadas para obtenção da temperatura inicial de congelamento (T_f), do tempo requerido para cada produto congelar na faixa de temperatura entre 0 a -5°C (zona crítica) e de 0 a -18°C (congelamento completo), e foram calculadas as velocidades de congelamento, para os respectivos tempos citados. As temperaturas média, mínima e máxima do freezer durante os experimentos, foram determinadas.

3.5.1 Determinação da temperatura inicial de congelamento

A temperatura inicial de congelamento (T_f) foi obtida pelo método da curva de congelamento, conforme descrito por Rahman e Driscoll (1994). Uma curva de congelamento típica obtida para pescados com alto teor de umidade está apresentada na Figura 3.2.

Figura 3.2 – Curva de congelamento de carne de lula, representando os pontos (a) temperatura de cristalização do gelo (super-resfriamento) e (b) temperatura inicial de congelamento.



FONTE: RAHMAN e DRISCOLL (2003).

A maior temperatura na curva de congelamento (ponto “b”) representa a temperatura inicial de congelamento, devido à liberação do calor de cristalização com a formação dos primeiros cristais de gelo. Nesse ponto, a inclinação (dT/dt) é igual a zero (RAHMAN et al., 2002).

3.5.2 Determinação do tempo de congelamento

Os tempos de congelamento foram obtidos através das curvas de congelamento e foi estabelecido como o tempo para a temperatura do centro geométrico do fishburger e da almôndega diminuir de 0 até -5°C e de 0 até -18°C . De acordo com Chen e Pan (1997), a faixa de temperatura de 0 à -5°C corresponde à zona de maior formação de cristais (zona crítica) e de 0 à -18°C ao congelamento completo.

3.5.3 Determinação da velocidade de congelamento

As velocidades de congelamento foram calculadas como sendo a metade da espessura do produto (cm) dividido pelo tempo de congelamento (h), conforme descrito por Chen e Pan (1997). Para o fishburger e a almôndega produzidas, as espessuras medidas por um paquímetro digital foram $(0,40 \pm 0,04)$ cm e $(1,80 \pm$

0,01) cm, respectivamente. Foram obtidas as velocidades de congelamento para a temperatura central do fishburger e da almôndega reduzir de 0 até -5°C (zona crítica) e 0 até -18°C (congelamento completo), segundo Chen e Pan (1997).

3.6 *SHELF LIFE* do fishburger

O estudo do *shelf life* (vida de prateleira) foi realizado somente para o fishburger, por ter sido elaborada somente uma formulação para os dois produtos. Os hambúrgueres foram congelados em freezer horizontal (H500, Eletrolux, Curitiba-PR) com a função de congelamento rápido acionada obtendo uma temperatura média de -30°C. Após o congelamento, a função foi desativada e as amostras foram mantidas a -18°C. As análises foram realizadas nas semanas 1, 3, 6 e 9 de armazenamento congelado.

No início do estudo (semana 1), foram realizadas as análises microbiológicas das matérias-primas e das bateladas de fishburgueres produzidas, conforme já descrito anteriormente. Os resultados das contagens microbianas estavam de acordo com a legislação vigente, com isso conclui-se que os produtos possuíam boa qualidade microbiológica no início do armazenamento congelado. É conhecido que o congelamento paralisa o crescimento de microrganismos e as reações químicas são reduzidas. (FELLOWS, 2006).

Foram realizadas as análises de pH, Aw, perda de água por centrifugação (EW), análise de cor do fishburger cru e grelhado, e análise sensorial dos atributos odor e sabor a peixe com painel treinado. Foram previamente selecionados os atributos sensoriais, odor a peixe e sabor a peixe, para avaliar possíveis alterações químicas devido à oxidação lipídica.

Para as análises de pH e Aw, seguiu-se a mesma metodologia descrita anteriormente. As demais análises foram descritas abaixo.

3.6.1 Perda de água por centrifugação (EW)

A perda de água por centrifugação (do termo em inglês, *expressible water*) foi considerada inversamente proporcional à capacidade de retenção de água, ou seja, quanto menor a porcentagem de água extraída por centrifugação, maior a capacidade de retenção de água (RAMIREZ et al., 2002). Foi pesado 2g de amostra

crua e colocadas em duas camadas de papel filtro. As amostras foram colocadas no fundo de tubos de centrífuga de 50 ml e centrifugadas por 1500 x g por 5 minutos (Centrifuga refrigerada, Z36HK, HERMLE, procedência Alemã, Uberlândia – Minas Gerais). Depois da centrifugação, as amostras foram pesadas novamente e a quantidade de EW% foi determinada pela equação 3.2.

$$EW\% = \frac{\text{massa inicial da amostra (g)} - \text{massa final da amostra(g)}}{\text{massa inicial da amostra(g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

Para essa análise, três hambúrgueres foram escolhidos de forma aleatória, descongelados em água corrente por 30 min e homogeneizados manualmente. Realizou-se seis repetições para cada tempo avaliado.

3.6.2 Preparo das amostras

Para as análises sensorial e de cor das amostras, os hambúrgueres foram submetidos ao grelhamento por 5 minutos de um lado e 3 do outro, utilizando uma chapa antiaderente de aço inox e fogão convencional (mod. chef inox 52Sx, Eletrolux, Curitiba). Após as amostras foram esfriadas em temperatura ambiente (aproximadamente 30 min). As análises foram realizadas imediatamente após atingir a temperatura ambiente.

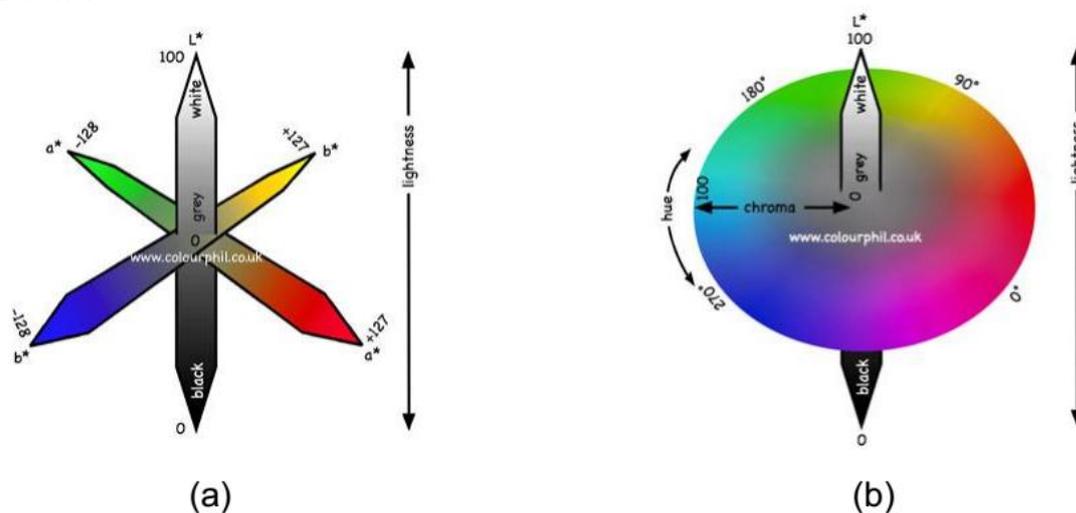
3.6.3 Análise da cor

A cor da superfície das amostras de fishburger de tilápia cru (após descongelamento em água corrente por 30 min) e grelhado, foram obtidas utilizando um colorímetro portátil (Chroma Meter CR-400/410, Konica Minolta Optics, Inc., Japão), que foi calibrado utilizando placa de porcelana branca. Três hambúrgueres foram escolhidos de forma aleatória e as medidas de cor foram realizadas na superfície de cada fishburger em quatro localizações aleatoriamente selecionadas, conforme descrito por Ganhão, Ganhão Morcuende e Estévez (2010), totalizando 12 medidas para cada tempo estudado e cada tratamento (amostra crua e grelhada).

A Figura 3.3 (a) apresenta o diagrama de espaço de cores CIE L*a*b*, também conhecido como CIELAB, sendo que L* representa a luminosidade (L* = 0

preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* são as coordenadas de cores responsáveis pela cromaticidade: ($+a^*$ é o vermelho e $-a^*$ é o verde, $+b^*$ é o amarelo e $-b^*$ é o azul). (HUNTERLAB, 1996). A escala CIE L^*C^*h , representada na Figura 3.3 (b), consiste no mesmo componente L^* , o croma e o ângulo de tom ou “*hue*” ($0^\circ \leq h_o \leq 360^\circ$). O parâmetro croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$) e ângulo *hue* [$h_o = \arctg(b^*/a^*)$] foram calculados automaticamente pelo colorímetro, a partir dos resultados dos atributos a^* e b^* . O croma é uma expressão da intensidade e claridade da cor que varia na direção radial, representando a pureza de uma cor com relação ao cinza. O ângulo *hue* é a cor observável que varia na direção angular representando as diferentes cores existentes.

Figura 3.3 Diagrama representando o espaço de cor (a) CIE ($L^*a^*b^*$) e (b) CIE $L^*C^*h^*$.



FONTE: PHIL CRUSE (1997).

3.6.4 Análise sensorial

A análise sensorial do fishburguer foi realizada para avaliar os atributos odor a peixe e sabor a peixe utilizando um painel treinado. O projeto foi inicialmente aprovado (CAAE: 36033314.6.0000.5564) pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/SH.

O treinamento para caracterização do perfil sensorial do fishburguer de tilápia utilizando o método descritivo (DUTCOSKY, 2013) foi relatado por Messias et al. (2015), assim como o desempenho do painel sensorial. Segundo Messias et al. (2015) que avaliou o desempenho do painel treinado, todos os provadores

apresentaram bom poder de repetibilidade ($p > 0,05$) e bom poder discriminatório ($p < 0,05$), pois perceberam a diferença entre as amostras.

Indivíduos foram recrutados junto aos técnicos da Universidade Federal da Fronteira Sul campus Laranjeiras do Sul – PR, que demonstraram possuir disponibilidade e interesse em participar dos testes sensoriais, foram entrevistados com base ao hábito de consumo de peixes e derivados, consumo de hambúrguer, hábito de fumar e o comprometimento com as seções de treinamento. Sendo selecionados 6 candidatos previamente treinados para que as suas percepções nos atributos de odor a peixe e sabor a peixe tivessem como referência apenas a tilápia. Foi utilizado uma escala estruturada mista de 7 (sete) pontos. As extremidades da escala foram nomeadas da seguinte forma: 1 (um) – Extremamente Fraco, e 7 (sete) – Extremamente Intenso. (MESSIAS et al., 2015). Os avaliadores avaliaram o fishburguer quanto aos atributos treinados durante o armazenamento congelado.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram reportados nas tabelas de resultados como média \pm desvio padrão. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas com 95 % de significância ($p < 0,05$). A comparação de médias foi realizada usando o Teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$. Os dados foram analisados usando o software *Assitat* (ASSISTAT versão 7.7 beta(pt), UFCG, Campina Grande - PB).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DA FORMULAÇÃO

4.1.1 Composição centesimal

A composição centesimal (em base seca e base úmida) das matérias-primas (polpa e CMS de tilápia) e da formulação final utilizada para elaboração do fishburguer e da almôndega, está apresentada na Tabela 4.1.

A composição centesimal da polpa de tilápia apresentou 79,34% de umidade, 4,01% de lipídios, 14,50% de proteína e 0,92% de cinzas, como está mostrado na Tabela 4.1, sendo valores semelhantes aos relatados por Simões et al. (2007), que encontrou valores de 77,13%, 2,6%, 19,36% e 1,09%, de umidade, lipídios, proteína e de cinzas, respectivamente.

Tabela 4.1 – Composição centesimal [%m/m] da polpa de tilápia, CMS de tilápia e da formulação final para fishburguer e almôndega.

	Umidade [% m/m]	Lipídios [% m/m]	Proteína [% m/m]	Cinzas [% m/m]	Carboidratos [% m/m]
(Base úmida)					
Polpa	79,34 ± 0,14 ^a	4,01 ± 0,28 ^c	14,50 ± 0,36 ^a	0,92±0,04 ^b	1,23 ± 0,41 ^b
CMS	73,41 ± 0,88 ^b	16,22 ± 0,95 ^a	8,27 ± 0,38 ^b	0,93±0,03 ^b	1,16 ± 2,04 ^b
Formulação	73,33 ± 0,17 ^b	6,72 ± 0,50 ^b	13,72 ± 0,17 ^a	1,93±0,17 ^a	4,35 ± 0,23 ^a
(Base seca)					
Polpa		19,40 ± 1,24 ^b	70,20 ± 1,74 ^a	4,41 ± 0,19 ^b	
CMS		61,10 ± 5,36 ^a	31,12 ± 1,44 ^c	3,51 ± 0,13 ^c	
Formulação		25,20 ± 0,58 ^b	51,46 ± 0,66 ^b	7,22 ± 0,18 ^a	

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 3). n = número de repetições.

Base úmida: razão entre a massa do componente (proteína, lipídios, etc) presente na amostra e a massa total de amostra.

Base seca: razão entre a massa do componente presente na amostra e a massa de matéria seca.

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

A CMS de carcaça com relação a sua composição centesimal em base úmida pode-se observar os valores de 73,41% de umidade, 16,22% de lipídios, 8,27% de proteína e 0,93% de cinzas. Comparando os resultados com Sary et al. (2009), que em seus estudos obteve 74,70% de umidade, 10,75% de lipídios, 12,99% de

proteína e 1% de cinzas, sendo estes valores semelhantes a CMS utilizada no presente trabalho.

Comparando a polpa de tilápia com a CMS de carcaça, fica evidente no caso do teor de lipídios, que a quantidade de lipídios presente no CMS de carcaça é muito maior que o obtido na polpa e em relação ao fishburguer o valor ficou intermediário devido a adição de 30% de CMS de carcaça e 67% de polpa. Com relação a quantidade de proteína presente na CMS de carcaça, essa foi menor se comparado a polpa e ao fishburguer. Segundo Kirschnik (2007), este fato pode ter ocorrido devido a remoção de proteínas solúveis sarcoplasmáticas que podem ocorrer quando a CMS passa pelo seu processamento na etapa de lavagem.

Os valores encontrados para a composição centesimal da formulação final em base úmida, mostrados na Tabela 4.1, foram de 73,33% de umidade, 6,72% de lipídios, 13,72% de proteína e 1,93% de cinzas. O teor de proteína pode ter sido menor que os encontrados por outros autores devido a formulação não ser adicionada de outra fonte proteica, como proteína texturizada de soja, comumente utilizada para elaboração de hambúrgueres e similares.

Filho (2009) obteve 73,9% de umidade, 17,8% de proteína, 2,1% de lipídios, 2,6% de cinzas para fishburguer de tilápia. Já Bainy (2014) obteve 72% de umidade, 5,2% de lipídios, 14% de proteína e 2,2% de cinzas para uma formulação de fishburguer utilizando filé de tilápia. Com isso pode-se verificar que existem variações na composição centesimal para as formulações obtidas por diferentes autores, mas ainda assim os valores foram similares. Este fato pode ter relação com o tipo de formulação utilizada na produção do fishburguer, que pode ter acarretado variações na composição, ainda outros fatores podem ter interferido na composição das matérias-primas, e com isso pode-se obter variações no produto final.

Pode-se ainda verificar os valores com relação a composição em base seca na Tabela 4.1. Se compararmos com os valores obtidos por Bainy (2014) para o fishburguer de filé de tilápia em base seca, tem-se 18,6% de lipídio, 49,9% de proteína e 7,7% de cinzas, sendo estes valores bastante semelhantes aos mostrado na Tabela 4.1 que foram de 25,21% de lipídio, 51,46% de proteína e 7,22% de cinzas. A composição do presente estudo apresentou maior teor de lipídios, pois foi utilizada CMS na formulação.

Para a formulação, obteve-se 4,35% de carboidratos totais, devido a adição de amido e ingredientes. Filho (2009) em seus estudos em elaboração de fishburguer de tilápia com adição de farinha de trigo observou um valor de 3,7% de carboidratos totais, similar ao presente estudo. Já no caso da CMS de carcaça e da polpa, observou-se um valor de 1,16% e 1,23%, respectivamente, de carboidratos totais. A quantidade de carboidrato presente na polpa e no CMS do peixe é considerada insignificante na literatura e geralmente não reportada, sendo esse proveniente do glicogênio que os peixes utilizam como reserva energética.

4.1.2 Análises de pH e atividade de água

As análises de pH e atividade de água (A_w) foram realizadas para as matérias-primas e para a formulação, como pode ser verificado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Atividade de água (A_w) e pH

	A_w	pH
Polpa de tilápia	0,980 ± 0,003 ^a	6,60±0,03 ^c
CMS de tilápia	0,980 ± 0,001 ^a	6,88±0,08 ^a
Formulação	0,972 ± 0,002 ^b	6,75±0,02 ^b

Resultados são expressos como média ± desvio padrão da média (n = 3). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

O pH observado na polpa, no CMS de carcaça e no fishburguer foram respectivamente de 6,60, 6,88 e 6,75. Filho (2009) obteve valores de pH em torno de 6,5 para fishburguer. Bairy (2014) observou um valor de pH de 6,1 para o fishburguer. Kirschnik (2007), encontrou um valor de pH para o CMS de carcaça de tilápia de 6,4. Sendo que os valores de pH diferem para o fishburguer com relação as matérias-primas, mas ambos os casos os valores de pH foram próximos à neutralidade, o que pode favorecer o crescimento microbiano. A legislação estabelece valores de pH para carnes externas e internas de pescado, com valores inferiores a 6,8 e 6,5 (BRASIL, 1952). E ainda estabelece que para carne de pescado com adição de ingredientes homogeneizados, o pH apresenta diferença com relação as matérias-primas utilizadas.

Outro fator importante no desenvolvimento de microrganismos é a atividade de água que neste trabalho foram de 0,98 para polpa e CMS de tilápia, e de 0,97 para o fishburguer. Pode-se perceber que não houve diferença significativa em relação a atividade de água das matérias-primas (Tabela 4.3). Filho (2009) também obteve um valor de 0,97 para atividade de água do fishburguer. Fogaça (2008) obteve 0,99 para A_w de filé. A atividade de água aliada ao pH próximo a neutralidade favorece o crescimento de microrganismos, por este fato deve-se ter muito cuidado na manipulação de produtos elaborados a base de pescado.

4.1.3 Perda de peso por cocção

A perda de peso por cocção (PPC) foi obtida da diferença de peso do fishburguer congelado e grelhado, apresentado na Tabela 4.3 e como pode ser visto na Figura 4.1. O valor de PPC encontrado foi de 19,07%. Bainy (2014) apresentou um valor de 15,3% para fishburguer de filé de tilápia congelado por dois meses. O congelamento de produtos cárneos, como no caso do fishburguer, pode diminuir seu rendimento após cocção. Isso ocorre devido a diminuição da capacidade de retenção, que leva a uma maior perda de água durante a cocção, e com isso pode aumentar a PPC.

Tabela 4.3 – Perda de peso por cocção (PPC)

	Massa (g)
Fishburguer congelado	119,75 ± 1,78
Fishburguer grelhado	96,91 ± 2,14
PPC (%)	19,07 ± 1,27

Figura 4.1 (A) Fishburguer grelhado e (B) Fishburguer congelado



FONTE: Elaborado pelo autor (2015).

4.2 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA

Inicialmente realizou-se as análises microbiológicas por contagem de bactérias mesófilas e de enterobactérias, conforme apresentadas na Tabela 4.4, para verificar a qualidade microbiológicas das matérias-primas utilizadas na formulação.

Tabela 4.4 – Análises microbiológicas das matérias-primas (polpa e CMS de tilápia)

Análises	Polpa de tilápia	CMS de tilápia	Legislação Internacional (ICMSF, 1986)	Conclusão
Bactérias mesófilas (meio PCA)	1,15x10 ⁵ UFC/g	1,00x10 ⁵ UFC/g	Contagem máxima 5 x10 ⁵	Conforme
Enterobactérias (meio VRBG)	6,25x10 ² UFC/g	2,9x10 ³ UFC/g	Contagem máxima 10 ⁵	Conforme

As contagens de bactérias mesófilas obtidas para polpa e CMS de tilápia, foram inferiores ao valor permitido de 5 x 10⁵ pela especificação internacional estabelecido pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (ICMSF) (ICMSF, 1986). Os valores obtidos para contagem de enterobactérias, também foram inferiores, de no máximo 10⁵ (ICMSF, 1986).

As análises microbiológicas do fishburguer cru para verificar a qualidade microbiológica do fishburguer conforme exigido pela legislação brasileira vigente (BRASIL, 2001) estão apresentadas na Tabela 4.5. Ainda foram realizadas contagem de bactérias mesófilas e contagem de Enterobactérias.

Os valores encontrados foram inferiores aos estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001) e pela Comissão Internacional (ICMSF, 1986), conforme pode-se observar na Tabela 4.5. A contagem de bactérias mesófilas e Enterobactérias, foram de 1,25 x 10⁴ UFC/g e 1,0 x 10³ /25g, respectivamente. Estas contagens não são exigidas pela legislação brasileira, para produtos à base de pescado, mas fornecem resultados indicativos da qualidade higiênico-sanitária dos produtos elaborados.

Verifica-se que o hambúrguer e as matérias-primas foram processadas, seguindo as boas práticas de fabricação (BPF), e com boas condições higiênico-sanitárias, pois todas as contagens verificadas foram inferiores aos valores máximos estabelecidos.

Tabela 4.5 – Análises microbiológica realizada no fishburguer cru

Análises	Resultados	Legislação Brasileira (BRASIL, 2001)	Legislação Internacional (ICMSF, 1986)	Conclusão
Contagem de Coliformes a 45°C	< 1,0 x 10 ¹ UFC/g	Contagem máxima 10 ³	Limite por grama: 500	Conforme
Estafilococos coagulasse positiva	< 1,0 x 10 ² UFC/g	Contagem máxima 10 ³	Limite por grama 10 ⁴	Conforme
Salmonella sp	Ausente	Ausência	Ausência	Conforme
Bactérias mesófilas (meio PCA)	1,25 x 10 ⁴ UFC/g	Não exigida	Contagem máxima 5 x 10 ⁵	Conforme
Enterobactérias (meio VRBG)	1,0 x 10 ³ /25g	Não exigida	Contagem máxima 10 ⁵	Conforme

4.3 CURVAS DE CONGELAMENTO DO FISHBURGUER E ALMÔNDEGA

As temperaturas médias, máximas e mínimas do freezer horizontal utilizado com a função de congelamento rápido acionada, para os experimentos de congelamento de almôndega e fishburguer à base de polpa de tilápia, estão apresentadas na Tabela 4.6. Pode-se verificar que o freezer utilizado no presente trabalho foi bastante eficiente na manutenção e equilíbrio da temperatura, após o acionamento do congelamento rápido, conforme observa-se na Tabela 4.6. A temperatura média foi de -30°C nos experimentos.

Tabela 4.6 – Temperatura média, máxima e mínima do freezer durante congelamento do fishburguer e da almôndega à base de polpa de tilápia

Amostra	T _{média} (°C)	T _{mínimo} (°C)	T _{máximo} (°C)
Fishburguer	-29,13 ± 1,23 ^a	-30,86 ± 0,65 ^a	-22,73 ± 4,07 ^b
Almôndega	-30,59 ± 1,24 ^a	-31,62 ± 1,22 ^a	-28,25 ± 1,56 ^a

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 5). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Os parâmetros do processo, como o tempo de congelamento na faixa entre 0 à -5°C (zona crítica) e de 0 à -18°C (congelamento completo), e ainda as velocidades de congelamento para os respectivos tempos estão apresentadas na

Tabela 4.7. A faixa de temperatura entre 0 à -5°C é chamada de zona crítica, pois quanto maior o tempo que o alimento permanece nessa região durante o congelamento, maior será a formação de cristais de gelo. (FELLOWS, 2006).

Tabela 4.7 – Tempo e velocidade de congelamento do fishburguer e da almôndega de tilápia, realizado em freezer com função de congelamento rápido, entre 0 à -5°C (zona crítica) e de 0 à -18°C (congelamento completo).

Amostra	Tempo de Congelamento (min)			Velocidade de Congelamento (cm h ⁻¹)	
	(0 à -5)°C	(0 à -18)°C	Total*	(0 à -5)°C	(0 à -18)°C
Fishburguer	73,7 ± 4,2 ^a	101,3 ± 4,9 ^a	110,5 ± 3,2 ^a	0,30 ± 0,04 ^b	0,22 ± 0,02 ^b
Almôndega	33,5 ± 3,2 ^b	73,0 ± 5,9 ^b	79,8 ± 6,2 ^b	3,29 ± 0,34 ^a	1,50 ± 0,12 ^a

* Tempo total representa o tempo desde o início do experimento, para amostra com temperatura inicial de ~10°C atingir a temperatura final estabelecida (-18°C).

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 5). n = número de repetições.

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

O tempo e a velocidade para as duas faixas de temperaturas aferidas foram significativamente diferentes. Portanto no presente trabalho o fishburguer com espessura média de 0,8 cm levou 1h14min (73,7min) para que a temperatura atingisse -5°C, e no caso da almôndega que possuía espessura média de 3,6cm o tempo foi menor, levando cerca de meia hora (33,5min) para atingir a mesma temperatura. No trabalho de Bainy (2014), o fishburguer também levou cerca de 1h para atingir a temperatura de -5°C em freezer convencional com compartimento de congelamento rápido.

O tempo aferido para o congelamento de 0 à -18°C, refere-se ao tempo de congelamento completo do produto. No caso do fishburguer levou cerca de 1h40min (101,3min) para atingir a temperatura. Bainy (2014) obteve 96min para congelar o fishburguer de 0 a -18°C. E no caso da almôndega foi mais rápido demorando cerca de 1h13minutos (73min) para atingir -18°C. E em relação ao tempo total de congelamento para o fishburguer levou cerca de 2h e para almôndega aproximadamente 1h25min. E como pode ser verificado a almôndega congelou mais rápido que o fishburguer, com maior velocidade de congelamento e uma série de fatores podem ter contribuído, como a massa aferida menor e maior superfície de contato gerando maior exposição ao frio dentro do freezer pela amostra.

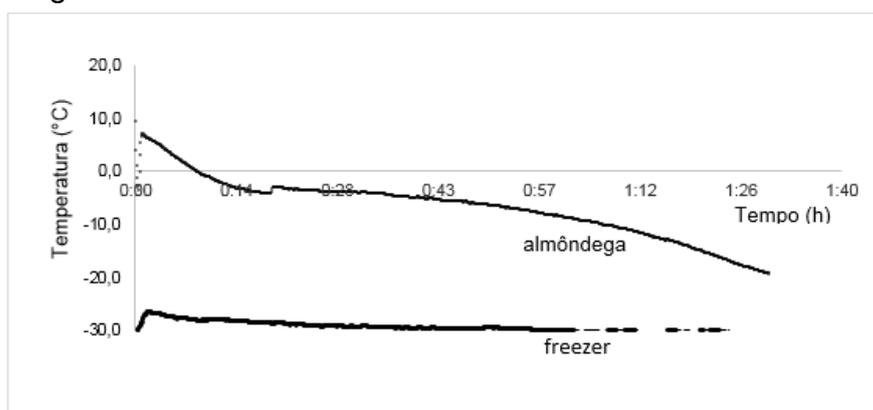
Com relação à velocidade de congelamento para o fishburguer e para a almôndega o que se observou foi que na faixa de temperatura de 0 à -5°C foi mais

rápida do que na faixa de 0 à -18°C para ambos os casos. Estes resultados estão de acordo com os resultados encontrados por Bainy (2014). Segundo Fellows (2006), ele considera congelamento lento os congeladores que operam em velocidades de congelamento de 0,2cm/h e rápidos os que operam com velocidades de 0,3 a 0,5cm/h.

Conseqüentemente, com os valores obtidos experimentalmente, pode-se dizer que o freezer opera como rápido, devido a sua função de *fast freeze* que simula o congelamento rápido utilizado industrialmente. O congelamento rápido ocorre com velocidade de formação de cristais maior e assim cristais menores são formados diminuindo a deformação das fibras musculares, acarretando em menores danos ao alimento congelado. (FELLOWS, 2006). Para o congelamento lento, ocorre a formação de cristais grandes de gelo devido a velocidade de formação de gelo ser menor. (FELLOWS, 2006).

Uma curva de congelamento (temperatura x tempo) obtida para a almôndega está ilustrada na Figura 4.2, a qual foi muito semelhante ao perfil de congelamento do fishburguer, o que diferiu foi os tempos de congelamento como discutido na Tabela 4.7. Pode-se perceber que o perfil de congelamento obtido foi semelhante a curva de congelamento de carne de lula com 82% de umidade obtida por Rahman e Driscoll (1994).

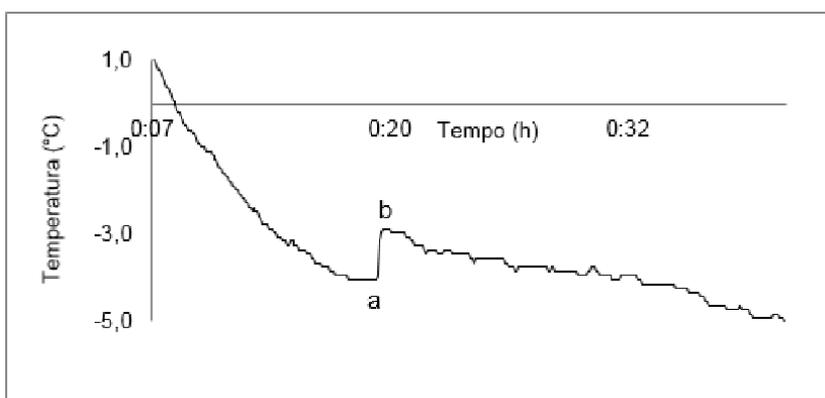
Figura 4.2 – Curva de congelamento temperatura (°C) versus tempo (h), ilustrando o perfil de congelamento da almôndega e a temperatura do freezer durante o congelamento.



FONTE: Elaborado pelo autor.

Como pode-se observar na Figura 4.2, o congelamento reduz a temperatura do alimento, abaixo do seu ponto de congelamento, em que uma certa quantidade de água vai sofrer mudança de estado e formará cristais de gelo. (FELLOWS, 2006).

A Figura 4.3 que é uma aproximação entre as temperaturas de 1 e -5°C da Figura 4.2, ilustra a temperatura de super-resfriamento e a temperatura inicial de congelamento que são indicados pelos pontos “a” e “b”, respectivamente. No ponto “a”, a água continua líquida, apesar da temperatura estar abaixo do ponto de congelamento, este fato é uma ocorrência típica em curvas de congelamento em temperaturas de cristalização do gelo (super-resfriamento), chegando-se neste ponto a temperatura tem um súbito aumento até o ponto “b”, também conhecido com temperatura inicial de congelamento (T_f), pois os primeiros cristais de gelo começaram a se formar e o calor latente de cristalização foi liberado, como mostra a Figura 4.3 Curva de congelamento da almôndega, com aproximação na faixa de temperatura entre $1,0$ a $-5,0^{\circ}\text{C}$, identificando o ponto “a”, temperatura de cristalização do gelo, e o ponto “b”, temperatura inicial de congelamento.



FONTE: Elaborado pelo autor (2015).

O tempo para atingir a temperatura de congelamento (T_f) (ponto “b”) e a T_f para os fishburger e almôndega congelados, com teor de umidade de 73.3%, estão apresentados na Tabela 4.8. O tempo para atingir a T_f não diferiu significativamente entre os dois produtos, levando aproximadamente 20min.

A T_f pelo método da curva de congelamento foi de $-2,2^{\circ}\text{C}$ e para a almôndega foi de $-2,7^{\circ}\text{C}$. Apesar das temperaturas obtidas serem próximas, houve diferença da T_f para os dois produtos. A T_f trata-se de uma propriedade do material (MARINI et al., 2014) e não varia com o formato ou a velocidade de congelamento. Essa diferença pode ter sido ocasionada devido à heterogeneidade das matérias-primas utilizadas e conseqüentemente dos produtos elaborados, considerando que a temperatura foi medida somente em um ponto (no centro geométrico) do alimento.

Tabela 4.8 - Tempo para atingir a temperatura inicial de congelamento (T_f) e a temperatura T_f para fishburger e almôndega em freezer com congelamento rápido.

Amostra	Tempo Tf (min)	Tf (°C)
Fishburger	20,7 ± 6,6 ^a	-2,2 ± 0,2 ^b
Almôndega	17,1 ± 3,2 ^a	-2,7 ± 0,2 ^a

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 5). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

4.4 ESTUDO DO SHELF LIFE DO FISHBURGUER

O *shelf life* ou a vida de prateleira pode ser definido como o tempo em que não há alterações relevantes e as contagens microbianas permanecem abaixo do permitido. (BAI, WILSON, GLATZ, 1998). Como apresentado anteriormente, as matérias-primas e o fishburger apresentaram as contagens microbianas abaixo das especificações brasileira e internacional, logo pode-se dizer que foram produzidas seguindo as boas práticas de manipulação de alimentos e possuem boa qualidade higiênico-sanitária. Com o congelamento, o crescimento microbiano é paralisado e as reações químicas são reduzidas.

Nessa parte do trabalho, foram realizadas as análises de atividade de água (Aw), pH, perda de água por centrifugação (EW), análise sensorial da amostra crua e grelhada e avaliação sensorial dos atributos odor e sabor de peixe utilizando um painel treinado, durante o armazenamento do fishburger sob congelamento a -18°C na primeira, terceira, sexta e nona semanas, de acordo com as Tabelas de resultados a seguir.

4.4.1 Análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas de Aw, pH e EW no período de 9 semanas estão expostos na Tabela 4.9.

Tabela 4.9– Atividade de água (Aw), pH e perda de água por centrifugação (EW%) do fishburger cru, durante 9 semanas de armazenamento congelado a -18°C.

Semanas	Aw	pH	EW (%)
1	0,972 ± 0,002 ^a	6,75 ± 0,02 ^a	23,88 ± 4,15 ^a
3	0,973 ± 0,001 ^a	6,69 ± 0,05 ^a	34,18 ± 6,49 ^a
6	0,975 ± 0,002 ^a	6,72 ± 0,04 ^a	32,01 ± 4,10 ^a
9	0,975 ± 0,007 ^a	6,59 ± 0,00 ^b	30,73 ± 9,83 ^a

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 6). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

A atividade de água obtida neste trabalho para o fishburguer variou de 0,972 a 0,975, sendo um produto considerado de alta Aw. Pode-se verificar que este valor encontrado é muito semelhante ao encontrado para as matérias-primas, embora tenha sido adicionado de outros ingredientes na formulação. Na literatura (FILHO, 2009; BAINY, 2014), os valores encontrados se assemelham a estes.

De acordo com Gonçalves, (2011), o pescado é considerado um alimento de baixa acidez, com pH maior que 4,5, no presente trabalho o pH avaliado no decorrer do tempo de congelamento variou de 6,75 à 6,59 e pelo que pode-se verificar na última semana avaliada houve diferença no valor de pH que diminuiu. Porém, esta variação foi muito pequena e ainda os valores estão dentro dos limites estabelecidos pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA, 1952).

A perda de água por centrifugação (EW%) é representado pelo inverso da capacidade de retenção (CRA), sendo a maior quantidade de água extraída pelo uso da centrífuga, representa a menor CRA. Muitas das propriedades físicas de um alimento são regidas pela CRA, segundo Ordóñez et al. (2005), como a cor, a textura e a dureza, que dependem da CRA. Os valores obtidos de EW% variaram de 23,88% a 34,18%, como mostra na Tabela 4.9, sem diferenças significativas. E assim pode-se dizer que o tempo de armazenamento congelado de 9 semanas, não afetou a capacidade de retenção de água do fishburguer.

4.4.2 Análises de cor

As Tabelas 4.10 e 4.11 apresentam as medidas de cor para os fishburgueres crus (após descongelamento) e grelhado, respectivamente durante o tempo estudado.

Tabela 4.10 – Medidas de cor do fishburguer cru, durante 9 semanas de armazenamento congelado a -18°C.

Semanas	L*	a*	b*	Ângulo hue	Croma
1	57,27 ± 1,88 ^a	3,48 ± 0,60 ^a	12,94 ± 0,83 ^b	74,94 ± 2,45 ^c	13,41 ± 0,85 ^c
3	57,77 ± 1,79 ^a	2,80 ± 0,37 ^b	13,35 ± 0,59 ^b	78,14 ± 1,54 ^b	13,65 ± 0,60 ^{bc}
6	57,38 ± 1,10 ^a	2,04 ± 0,56 ^c	14,61 ± 0,63 ^a	82,08 ± 1,98 ^a	14,76 ± 0,66 ^a
9	57,49 ± 1,49 ^a	1,58 ± 0,32 ^c	14,27 ± 0,65 ^a	83,70 ± 1,18 ^a	14,36 ± 0,67 ^{ab}

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 12). n = número de repetições. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Os valores aferidos por Bainy (2014) para o fishburgueres crus obteve valores de L* sendo 69,1, a* de 4,1, b* de 17,5, croma de 18 e ângulo hue de 77. Os valores observados na Tabela 4.10 nos mostram que o valor de L* foi menor, isto significa que os fishburguer possuem uma coloração mais escura comparada aos de Bainy (2014) que foram produzidos com filé de tilápia moído.

A partir da sexta semana, a coloração do fishburguer cru tornou-se mais amarelada, como pode-se observar pelo aumento significativo dos parâmetros de cor b* e o ângulo hue. Os valores encontrados para a* na Tabela 4.10, nos mostram que o fishburguer possuía uma tendência para o vermelho fraco no início do armazenamento congelado, e com o passar das semanas o valor foi diminuindo (menor a*), significando que o fishburguer foi perdendo cor avermelhada e se tornando mais amarelado (aumento do b*). E o croma nos indica uma coloração levemente acinzentada que também foi tendo seu valor aumentado no decorrer das 9 semanas analisadas.

Os valores obtidos por Bainy (2014) para fishburguer grelhado foram de L* de 63,9, a* de 4,1, b* de 21,6, croma de 22 e ângulo hue de 79,3. Os valores na Tabela 4.11 nos mostram valores de L* menores (41 a 45), ou seja, os hambúrgueres produzidos com os subprodutos da filetagem têm coloração mais escura do que os elaborados com filé de tilápia.

Tabela 4.11 - Medidas de cor do fishburguer grelhado, durante 9 semanas de armazenamento congelado a -18°C.

Semanas	L*	a*	b*	Ângulo hue	Croma
1	45,37 ± 4,30 ^a	7,24 ± 2,07 ^a	22,49 ± 2,17 ^a	72,34 ± 3,72 ^a	23,67 ± 2,55 ^a
3	42,36 ± 3,23 ^a	7,55 ± 2,13 ^a	20,50 ± 1,17 ^a	70,02 ± 4,40 ^a	21,91 ± 1,70 ^a
6	45,35 ± 2,62 ^a	6,06 ± 1,35 ^a	21,87 ± 1,29 ^a	74,61 ± 2,95 ^a	22,55 ± 1,42 ^a
9	41,43 ± 6,89 ^a	8,20 ± 3,31 ^a	21,29 ± 2,57 ^a	69,42 ± 7,87 ^a	22,99 ± 2,94 ^a

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 12). n = número de repetições.

Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

No processo de cocção são desenvolvidos sabor e aroma devido a caramelização e formação de compostos coloridos que são obtidos da reação de Maillard que ocorre na superfície do fishburguer, devido a presença de açúcares redutores. O efeito da cocção foi significativo na cor do fishburguer grelhado, pois a coloração do fishburguer cru foi modificada. É possível observar nas Tabelas 4.10 e

4.11, que o fishburguer cru era mais claro (valor de L* mais alto) e menos intenso (croma mais baixo). O valor de a* para grelhado foi maior isso significa que está mais próximo ao vermelho, ainda o ângulo *hue* para fishburguer cru foi maior (mais amarelado) do que os valores observados para o fishburguer grelhado.

4.4.3 Análise sensorial com painel treinado

A análise sensorial, foi utilizada para avaliar o odor e o sabor a peixe no decorrer das 9 semanas, conforme apresentado na Tabela 4.12, para verificar se não ocorreram alterações por oxidação lipídica durante o armazenamento congelado. Avaliando os resultados obtidos, pode-se verificar na Tabela 4.12, que o painel sensorial não observou diferença significativa quanto ao odor e sabor a peixe durante o tempo estudado.

Tabela 4.12 – Avaliação sensorial dos atributos odor a peixe e sabor a peixe pelo painel treinado para o fishburguer durante 9 semanas de armazenamento congelado a -18°C.

Semanas	Odor a peixe	Sabor a peixe
1	2,40 ± 1,14 ^a	3,00 ± 1,00 ^a
3	3,50 ± 1,29 ^a	4,00 ± 0,82 ^a
6	2,50 ± 0,58 ^a	3,25 ± 1,26 ^a
9	3,00 ± 1,22 ^a	3,00 ± 1,22 ^a

Resultados são expressos como média ± desvio padrão (n = 5). n = número de repetições.
Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05)

5. CONCLUSÕES

Os subprodutos gerados pela filetagem, a CMS de carcaça e a polpa de tilápia, possuem distinta composição centesimal. A polpa de tilápia possui menor teor de lipídios e maior teor de proteína do que a CMS.

As matérias-primas e a formulação final foram produzidas sob boas condições de higiênico-sanitárias, ficando dentro das especificações microbiológicas exigidas pela legislação brasileira e internacional.

O uso de termopares e do sistema de aquisição de dados mostrou-se um método eficiente de simples execução, para a obtenção dos perfis de congelamento de alimentos e dos parâmetros do processo. Foi observado que o fishburguer levou o dobro do tempo para congelar do que a almôndega. Adicionalmente, o fishburguer permaneceu na zona crítica entre 0 e -5°C , por um tempo maior do que a almôndega. Com isso, a velocidade de congelamento observada para as faixas de temperatura de 0 à -5°C (zona crítica) e de 0 à -18°C (congelamento completo), entre os dois produtos foram diferentes, sendo maior para a almôndega. A temperatura inicial de congelamento para os produtos ficou em torno de 2,2 e $2,7^{\circ}\text{C}$.

Os atributos sensoriais e os parâmetros de qualidade avaliados não obtiveram alterações significativas durante o período estudado (9 semanas), exceto para a coloração do fishburguer cru e leve diminuição do pH. A coloração ficou mais amarelada (maior b^* e ângulo hue), menos avermelhada (menor a^*) e mais acinzentada (maior C), a partir da sexta semana avaliada.

REFERÊNCIAS

AFNOR Certificate Number 3M 01/2-09/89C.

ANDERSON, B. A.; SUN, S.; ERDOGDU, F; SINGH, R. P. Thawing and freezing of selected meat products in household refrigerators. **International Journal of Refrigeration**, 27: 63-72, 2004.

APHA American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Examination of Foods**. 4ª ed. Washington, DC, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**. 17 ed. Washington: AOAC, 2000

BAI, Y.; WILSON, A.; GLATZ, B. A. **Quality of Commercial Shelf-Stable Soymilk Products**, *Journal of Food Protection*, Vol. 61, No.9, , Pages 1161-1164, 1998.

BARROS, S. A. A. **Avaliação sensorial de fishburguer de polpa de tilápia (*Oreochromis sp*) em diferentes concentrações de sal**. Teresina. Dissertação (Mestrado em Qualidade de produtos de Origem Animal), Universidade Federal do Piauí. 2009.

BARTOLOMEU, D.A.F.S. **Desenvolvimento e avaliação de embutido defumado "tipo mortadela" elaborado com CMS de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e fibra de trigo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, 2011.

BAINY, E.M. **Processamento de fishburguer: Estudo teórico e experimental do congelamento e cocção**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Química, Programa de pós-graduação em Engenharia de alimentos. Curitiba, 2014.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Decreto Nº 30691, de 29 de março de 1952** – Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília, D.F., 23 de março de 1952.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 20 de 31 de julho de 2000** – Anexo IV Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. Brasília, D.F., 31 de julho de 2000.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da pesca e aquicultura 2011**. Brasília, D.F., 2011. Disponível em: <www.mpa.gov.br/>. Acessado em: 15/10/2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010**. Brasília, D.F., fevereiro de 2012. 128 p. Disponível em: <www.mpa.gov.br/>. Acessado em: 15/10/2014

BRASIL. Ministério da Educação. Nota Técnica nº 004/2013 – Coordenação Geral do Programa de Alimentação Escolar – CGPAE/ Fundo Nacional de

Desenvolvimento da Educação – FNDE / Diretoria de Ações Educacionais – DIRAE. **Inclusão de pescado na alimentação escolar**. Brasília, D.F., 11 julho de 2013. Disponível em: <www.mec.gov.br/>. Acessado em: 15/10/2014

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Balanco 2013**. Brasília, D.F., 2013. Disponível em: <www.mpa.gov.br/>. Acessado em: 17/10/2014.

ICMSF, Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos, 1986.

CHEN, Y-L.; PAN, B.S. Morphological changes in tilapia muscle following freezing by airblast and liquid nitrogen methods. **International Journal of Food Science and Technology**; 32, 159–168, 1997.

COELHO, N. A. E; BARROS, V.G; SALES, G.V. P; **Produção de hambúrguer de carne de peixe**. IFTO, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Tocantins. Campus de Paraíso do Tocantins – TO.

COLLA, L. M.; HERNÁNDEZ, C. P., **Congelamento e Descongelação – Sua Influência Sobre os Alimentos**. FURG, Vetor, Rio Grande, 13: 53-66, 2003. Disponível em: <http://www.seer.furg.br/vetor/article/viewFile/428/109>. Acesso em: 06/03/2015.

COSTA, C.; SILVA, J.; MELO, F.; HISANO, H.; DRUZIAN, J.; PORTZ, L.; **Incorporação de ômega-3 no tecido muscular da Tilápia do Nilo alimentada com dietas contendo silagem de cabeça de camarão**. Cienc. Rural vol.42 no.1 Santa Maria 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000100028. Acesso em: 15/05/2015.

DALLABONA, B.R. **Desenvolvimento e estabilidade de linguiça elaborada a partir de resíduos de filetagem de tilápia do Nilo**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Pontifícia Universidade Católica do Paraná. São José dos Pinhais, 2011.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 4 ed., Curitiba: Editora: Champagnat/Pucpress 2013.

FAO/WHO. **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 18 Commission, Report of the 21st Session the Codex Committee on Fish and Fishery Products. Roma, p. 47-57, 1994.

FELLOWS, P.J. Freezing. In:_____. **Food Processing Technology: Principles and Practices**. 2ª. ed. London: Woodhead Publishing Ltd., p. 418-439, 2000b.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2ª ed. Porto Alegre : Artmed, 2006. 602 p.

FILHO, D. U. C. **Avaliação da Qualidade de Fishburger de Tilápia (Oreochromis) em Diferentes Concentrações de Farinha de Trigo**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, 2009.

FILHO, P. R. C. O. **Elaboração de embutido cozido tipo salsicha com carne mecanicamente separada de resíduos de filetagem de tilápias do Nilo.** UNESP. Jaboticabal – SP. 2009. Disponível em: http://www.caunesp.unesp.br/publicacoes/dissertacoes_teses/teses/Tese%20Paulo%20Roberto%20Campagnoli%20de%20Oliveira%20Filho.pdf. Acessado em 26 de maio de 2015.

FOGAÇA, F. H. S. **Caracterização do surimi de tilápia do Nilo: morfologia e propriedades físicas, químicas e microbiológicas.** 75 f. Tese (Doutorado em 42 Aquicultura)-Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GANHÃO, R.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. **Meat Science**, 85(3):402-409, 2010.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação.** São Paulo: Editora Atheneu, 2011. 608 p.

HELDMAN, D. R.; LUND, D. B. Food Freezing. In: HELDMAN, D.R. **Handbook of Food Engineering.** 2ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 427-469.

HUNTERLAB. CIE L*a*b* color scale. **Applications Note**, v.8, n.7, p.1-4, 1996.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Food Preservation by Cooling. In: **Unit Operations in Food Engineering.** 1ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2003. p. 535-549.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 4ª ed., 1ª Ed. Digital, São Paulo: 2008.

ISO 6579:2002 - **Microbiology of food and animal feeding stuffs** - Horizontal method for the detection of Salmonella spp. 2002.

KAREL, M. **Principles of Food Science: Physical principles of food preservation.** Madison CRC Press, 1975.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura da UNESP. Jaboticabal, 2007.

MENEGASSI, M. Aspectos Nutricionais do Pescado. IN: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação.** São Paulo: Editora Atheneu, p. 43-60, 2011.

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.

MARINI, G. A. **Análise do congelamento e descongelamento de salsicha, mortadela e CMS de frango em processo industrial**. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Integrada do Alto Uruguai e Missões, Erechim, 2008.

MESSIAS, C. R.; KONOPKA, D. N.; BITENCOURT, T. B.; QUAST, E.; BAINY, E. M.; SCOPEL, F. H. P. **Treinamento Sensorial para o Desenvolvimento de Fishburguer do Tipo Caseiro para a Inserção em Merenda Escolar**. V Encontro Paranaense de Engenharia de Alimentos, Guarapuava – PR, 2015.

MINOZZO, M. G.. **Elaboração de Patê Cremoso a Partir de Filé de Tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) e sua Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Sensorial**. Curitiba – PR, UFPR, 2005.

MINOZZO, M. G. **Patê de Pescado: Alternativa Para Incremento da Produção nas Indústrias Pesqueiras**. Curitiba – PR, UFPR, 2010.

MONTEIRO, Maria Lúcia Guerra. **Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado**. Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal)— Universidade Federal Fluminense, 2013.

NEIVA, Cristiane Rodrigues Pinheiro. **Aplicação da Tecnologia de Carne Mecanicamente Separada - CMS na Indústria de Pescado**. Laboratório de Tecnologia do Pescado - Instituto de Pesca – APTA – SAA. 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppeca/Isimcope/palestra_cristiane_neiva.pdf>. Acesso em: 01/11/2014.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba-RS- Brasil. p. 200, 2002.

OETTERER, M. **Tecnologia do Pescado**. Notas de aula. Universidade Estadual de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 12 p. 2013. Disponível em: <www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Tecnologia%20do%20Pescado.pdf>. Acesso em: 02/02/2015.

OETTERER, M. Proteínas do pescado – Processamento com intervenção na fração proteica. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, SP: Manole. 2006. p. 99-134.

OLIVEIRA FILHO, Paulo Roberto Campagnoli de. **Elaboração de embutido cozido tipo salsicha com carne mecanicamente separada de resíduos de filetagem de tilápias do Nilo**. 2009. viii, 115 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100241>>.

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*)**. UNOPAR, Cient Ciênc Biol Saúde,

2012. Disponível em: <http://www.pgss.com.br/revistacientifica/index.php/biologicas/article/view/398/386>. Acesso em: 25/02/2015.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUES, M.; ALVAREZ, L.; SANZ, M.; MINGUILLÓN G.; PERALES, L.; CORTECERO, M.; **Tecnología de alimentos – Alimentos de Origen Animal**, Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2005, 279p.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Protein and aminoacid requirements in human nutrition. **Report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation**, United Nations University. Technical Report Series, 935. WHO; 2007.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD) E ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO) (OECD/FAO). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020**. Chapter 8: Fish, 2011. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/2/35/414313.pdf> >. Acesso em: 12/01/2015.

PEREIRA, A. S. C. **Efeito do congelamento e da maturação na qualidade da carne bovina. Qualidade da Carne**. Revista Beef Point. Pirassununga – SP, 2003.

PÉREZ, A.C.A. de. Recursos Pesqueiros: Pesca e Aquicultura. **Revista Higiene Alimentar**. Edição temática nº 3. v. 27, 2013.

PHIL CRUSE. **Introduction to Colour Spaces - CIE Lab & LCH**, 1997. Disponível em <http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.html>. Acesso em: 23 de novembro de 2015.

RAHMAN, M. S.; DRISCOLL, R. H. Freezing points of selected seafoods (invertebrates). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 57, p. 321-326, 2003.

RAHMAN, M.S.; MACHADO-VELASCO, K.M.; SOSA-MORALES, M.E., VELEZRUIZ, J.F. Freezing Point: Measurement, Data and Prediction. In: RAHMAN, M.S. **Food properties handbook**. 2ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 154-192.

RAMALHOSA, M.J.; PAÍGA, P.; MORAIS, S.; ALVES, M.R.; DELERUE-MATOS, C.; OLIVEIRA, M.B.P.P. Lipid content of frozen fish: Comparison of different extraction 117 methods and variability during freezing storage. **Food Chemistry**, 131, 328–336, 2012.

RAMÍREZ, J.; URESTI, R.; TÉLLEZ, S.; VÁSQUEZ, M. Using Salt and Microbial Transglutaminase as Binding Agents in Restructured Fish Products Resembling Hams. **Journal of Food Science**, 67, 1778-1784, 2002.

RESENDE, A. L. S. S.. **Viabilidade Técnica, Qualidade Nutricional e Sensorial de Produtos à Base de Carne de Tilápia (Oreochromis niloticus)**. Instit. de Tecnol. Prog. Pós-Grad. Em Ciênc. E Tecnol. de Alim. UFRRJ. 2010. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27109/1/TS-0793.pdf>. Acessado em: 26 de maio de 2015.

RIBERO, G. G.; RUBIOLO, A.C.; ZORRILA, S. E. Initial freezing point of mozzarella cheese. **Journal of Food Engineering**, v.81, p. 157-161, 2007.

SARY, C.; FRANCISCO, J. G.; DALLABONA, B. R.; MACEDO, R. E. F.; GANECO, L. G.; KIRSCHNIK, P. G.. **Influência da Lavagem da Carne Mecanicamente Separada de Tilápia Sobre a Composição e Aceitação de Seus Produtos**. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba - PR , v. 7, n. 4, p. 423-432, out./dez. 2009.

SILVA, J. A. Tópicos da Tecnologia de Alimentos. In:_____. **Conservação de alimentos pelo frio**. São Paulo: Varela, p. 153-159, 2000.

SIMÕES, M. R.; RIBEIRO, E. F. A.; RIBEIRO, S.C.A.; PARK, K. S.; MURR, F. E. X. **Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*)**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas – SP. 608-613, jul.-set. 2007.

SINGH, R.P.; HELDMAN, D.R. Food Freezing. In: **Introduction to Food Engineering**, 3ª ed. New York: Academic Press, p. 341-371, 2001.