

# Processamento de fishburger utilizando subprodutos da filetagem de tilápia: Caracterização físico-química, análise do congelamento e avaliação da vida de prateleira

## RESUMO

### Eloiza Muzzolon

[luiza\\_muzz@hotmail.com](mailto:luiza_muzz@hotmail.com)

Colegiado de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Federal da Fronteira Sul,  
Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

### Deise Caroline Biassi

[deisebiassi@hotmail.com](mailto:deisebiassi@hotmail.com)

Colegiado de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Federal da Fronteira Sul,  
Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

### Danieli Natali Konopka

[danielikonopka@hotmail.com](mailto:danielikonopka@hotmail.com)

Colegiado de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Federal da Fronteira Sul,  
Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

### Jaqueline de Oliveira

[jaquelineoliveira1995@hotmail.com](mailto:jaquelineoliveira1995@hotmail.com)

Colegiado de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Federal da Fronteira Sul,  
Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

### Fábio Henrique Polisel Scovel

[fapelor@gmail.com](mailto:fapelor@gmail.com)

Departamento Acadêmico de Alimentos,  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

### Eduarda Molardi Bainy

[eduarda.bainy@uffs.edu.br](mailto:eduarda.bainy@uffs.edu.br)

Colegiado de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Federal da Fronteira Sul,  
Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

O presente estudo objetivou elaborar e caracterizar fishburger elaborado com subprodutos da filetagem da tilápia (*Oreochromis niloticus*), bem como analisar o processo de congelamento e avaliar a vida de prateleira do produto. Assim, elaborou-se fishburger utilizando carne mecanicamente separada de carcaça e das aparas do corte em “V”. Realizaram-se análises de composição centesimal, rendimento na cocção (%RC), textura instrumental, das curvas de congelamento, e avaliação da vida de prateleira por um período de 15 semanas de armazenamento congelado. O fishburger teve umidade ( $73,3 \pm 0,2$ ) %, proteínas ( $13,7 \pm 0,2$ ) % e baixo teor de lipídios ( $6,7 \pm 0,5$ ) %. O produto apresentou %RC de  $80,9 \pm 1,3$  % e parâmetros de textura similar ao de fishburger de filé de tilápia, exceto a maior dureza ( $\sim 40$  N) que se assemelhou a de hambúrguer suíno. O congelamento ocorreu de forma lenta e alcançou as temperaturas de  $-5$  °C e  $-18$  °C em  $1,23 \pm 0,03$  h e  $1,69 \pm 0,04$  h, respectivamente. Não ocorreram alterações físico-químicas e sensoriais no armazenamento congelado, exceto para redução da contagem de bactérias mesófilas e enterobactérias, assim como a mudança da cor instrumental do fishburger cru que se tornou mais amarelado e menos vermelho a partir da sexta semana. O odor e sabor a peixe se mantiveram aceitáveis pelo painel sensorial no período avaliado.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Oreochromis niloticus*; carne mecanicamente separada; composição centesimal; curvas de congelamento; armazenamento congelado.

## INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies de peixe mais popular no mundo, e de maior cultivo a nível de Brasil, com uma produção de aproximadamente 254 mil toneladas em 2011 (BRASIL, 2011). A principal forma de beneficiamento de tilápia no Brasil é na forma de filés congelados, porém o processo de filetagem tem baixo rendimento (32 %), gerando um grande volume de resíduos (BOSCOLO; FEIDEN, 2007), como a carcaça e as aparas do filé. As aparas são provenientes de um corte em “V” realizado para remover as espinhas próximo à linha lateral do filé (BORDIGNON *et al.*, 2010).

O processo de separação mecânica da carne de tilápia e sua estrutura óssea, e pele, é realizada por meio de equipamentos denominados despoldadores, obtendo a carne mecanicamente separada (CMS) ou polpa (KIRSCHNIK, 2007) resultante da carcaça e das aparas do filé. Esses subprodutos da filetagem são uma excelente fonte de nutrientes, com elevados conteúdos de proteína, minerais, como cálcio e fósforo, bem como vitaminas A, D e do complexo B (MINOZZO *et al.*, 2008; MARENGONI *et al.*, 2009).

Uma alternativa tecnológica para agregar valor a esses resíduos, reduzir custos de produção e ofertar novas formas de apresentação de pescado seria a elaboração de produtos semiprontos, como fishburguer, almondegas, linguiça e empanados. Além disso, são produtos de fácil preparo, possuem elevado valor nutritivo, custo acessível e boa aceitação para diferentes faixas etárias (MONTEIRO, 2013; FOGAÇA *et al.*, 2015; MESSIAS *et al.*, 2016).

O congelamento é o método de conservação mais utilizado para essa linha de produtos processados, o qual viabiliza o armazenamento e transporte de matérias-primas perecíveis. O congelamento atua na redução da temperatura do alimento a temperaturas inferiores ao ponto de congelamento, com mudança de fase da água do estado líquido para estado sólido na forma de cristais de gelo (FELLOWS, 2000), reduzindo a atividade de água e estendendo a vida de prateleira dos alimentos (SOUZA *et al.*, 2013). O emprego de baixas temperaturas (-18 °C) inibe o crescimento de microrganismos e retarda as principais alterações físico-químicas e bioquímicas de deterioração de alimentos (FELLOWS, 2000; SOUZA *et al.*, 2013).

Os objetivos principais do presente estudo visaram a elaboração e caracterização de fishburguer elaborado com subprodutos da filetagem da tilápia. Adicionalmente, o congelamento e a vida de prateleira do produto final foram estudados, com avaliações físico-químicas, sensoriais e microbiológicas durante armazenamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### MATERIAL

A formulação base consistiu de carne mecanicamente separada (CMS) da carcaça (CMS-C) e CMS das aparas do corte em “V” provenientes da filetagem da tilápia (CMS-V). Ambas matérias-primas cárneas foram obtidas por doação na forma de blocos congelados de 2 kg de um frigorífico da região oeste do Paraná. O

descongelamento da CMS ocorreu em temperatura de refrigeração a 5 °C por 12 h com posterior produção do fishburger.

### ELABORAÇÃO DO FISHBURGUER

Realizou-se a elaboração de seis bateladas de 1 kg de fishburger baseada no estudo de Messias *et al.* (2016). A formulação consistiu de CMS-V (65,7 %), CMS-C (26,0 %), sal (1,0 %), condimentos (2,0 %), amido de milho (2,9 %) e gelo moído (2,4 %). Os ingredientes foram homogeneizados manualmente até a obtenção de uma massa homogênea, com posterior repouso de 20 minutos em temperatura de refrigeração a 5 °C. Na sequência, os fishburgueres foram moldados em fôrma própria com 9,0 cm de diâmetro e 120 g. Os produtos foram embalados com embalagens de polietileno de baixa densidade, identificados e levados ao congelamento em freezer horizontal (Electrolux, Modelo H500, Curitiba, PR), com a função de congelamento rápido acionada. Após o congelamento, a função foi desativada e as amostras foram mantidas a -18 °C. As análises do estudo de vida de prateleira foram realizadas por um período de 1, 3, 6, 9, 12 e 15 de armazenamento congelado.

Já para as análises de rendimento na cocção, textura, cor e avaliação sensorial, os hambúrgueres foram submetidos ao grelhamento por um período de 5 min (2 min de um lado e 3 min do outro), utilizando uma chapa antiaderente de aço inox e fogão convencional (Electrolux, Modelo Chef inox 52Sx, Curitiba, PR), e após 30 min de resfriamento a temperatura ambiente, as amostras foram analisadas.

### CARACTERIZAÇÃO DO FISHBURGUER

#### COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal foi determinada para o fishburger cru após descongelamento por 30 min em água corrente e realizadas conforme metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de umidade foi medido pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C, proteínas foram determinadas pelo método de Kjeldahl ( $N \times 6,25$ ), cinzas foram determinadas pelo resíduo após incineração em mufla a 550 °C e teor de lipídios foi determinado pelo método Bligh e Dyer (1959). Os carboidratos totais foram determinados por diferença. Todas as análises foram realizadas em triplicata, com valores expressos em porcentagem massa/massa (%m/m).

#### RENDIMENTO NA COCÇÃO

As amostras ( $n = 3$ ) foram pesadas quando congeladas e depois da etapa de grelhamento. A %RC foi calculada a partir da equação 1.

$$\%RC = \left( \frac{\text{massa amostra grelhada (g)}}{\text{massa amostra congelada (g)}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

## ANÁLISES DE TEXTURA

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada utilizando texturômetro (Brookfield, Modelo Texture Analyser CT3, Middleboro, Estados Unidos) a fim de obter os parâmetros dureza (N), elasticidade (cm) e mastigabilidade (J), utilizando três amostras cilíndricas com dimensões específicas de 2,5 cm de diâmetro para cada fishburguer (n = 3) os quais foram submetidos a teste de compressão de dois ciclos a 40% da altura original com um probe cilíndrico (TA25/1000) de dimensões 50,8 mm de diâmetro e uma velocidade de teste de 5 mm/s (GANHÃO; MORCUENDE; ESTÉVEZ, 2010). Para o teste de cisalhamento utilizando a lâmina de Warner-Bratzler e velocidade de 4 mm/s (TROY *et al.*, 1999), duas amostras cilíndricas de 2,5 cm de diâmetro foram retiradas de cada fishburguer (n = 3).

## ANÁLISE DO CONGELAMENTO DO FISHBURGUER

### OBTENÇÃO DAS CURVAS DE CONGELAMENTO

Para obter o perfil das curvas de congelamento (temperatura x tempo), utilizou-se um freezer horizontal (Electrolux, Modelo H500, Curitiba, PR) com opção de congelamento rápido. Com as curvas, obteve-se a temperatura inicial de congelamento, velocidades e tempos de congelamento para a zona crítica e congelamento completo. Previamente, o freezer permaneceu por uma hora sem amostras e fechado para equilíbrio da temperatura com a função de congelamento rápido acionada.

Cada amostra testada foi colocada no freezer individualmente no degrau existente no compartimento interno, envolta por uma camada de embalagem de polietileno de baixa densidade. O monitoramento da temperatura foi realizado por dois termopares do tipo T, um inserido no centro geométrico do fishburguer e o outro disposto a aproximadamente 5 cm da amostra, usado para medir a temperatura do ar do compartimento do freezer. Os termopares foram conectados a um sistema de aquisição e registro de dados (Novus, Modelo FieldLogger, Porto Alegre, RS). Os dados de temperatura foram registrados a cada 5 segundos e repetidos 5 vezes com amostras diferentes (uma amostra por repetição), das quais avaliou-se as temperaturas média, mínima e máxima do freezer durante os experimentos.

### DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA INICIAL DE CONGELAMENTO (T<sub>f</sub>) E DOS PARÂMETROS DO PROCESSO

A T<sub>f</sub> foi estabelecida como o ponto no qual a inclinação (dT/dt) é igual a zero (RAHMAN *et al.*, 2002), conforme descrito no método da curva de congelamento (RAHMAN; DRISCOLL, 1994). Os tempos de congelamento foram definidos como o tempo necessário para a temperatura do centro geométrico do fishburguer diminuir de 0 até -5 °C, correspondente a zona crítica, e valores de 0 até -18 °C, quando a amostra atinge o congelamento completo (CHEN; PAN, 1997). As velocidades de congelamento foram calculadas a partir da metade da espessura do produto (cm) dividido pelo tempo de congelamento (h) (CHEN; PAN, 1997). Com os tempos de congelamento determinados pelo método acima, determinaram-se

as velocidades de congelamento (zona crítica e congelamento completo) para o fishburger com  $0,80 \pm 0,04$  cm de espessura, aferida em triplicata com paquímetro digital.

## VIDA DE PRATELEIRA DO FISHBURGUER

### ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises de contagem de bactérias mesófilas (meio PCA, 30 °C, 48 h) e contagem de enterobactérias (meio VRBG, 37 °C, 24 h) foram realizadas conforme American Public Health Association (APHA) descritas por Silva et al. (2010). As análises para o fishburger cru foram realizadas no início (semana 1) e no final (semana 15) do armazenamento congelado. Assim, foram escolhidos seis fishburgueres de forma aleatória, no qual (1) uma amostra de cada batelada. Os produtos foram descongelados em água corrente por 30 min e as análises foram realizadas em duplicata.

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

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, Modelo HI2221, Tamboré, SP), calibrado. A atividade de água ( $A_w$ ) foi medida a 25 °C utilizando um analisador de  $A_w$  (NOVASINA, Modelo CH8863, Suíça) de leitura direta. As medidas de pH e  $A_w$  foram realizadas para as amostras cruas e em triplicata.

A perda de água por centrifugação, *expressible water* (EW), foi considerada inversamente proporcional à capacidade de retenção de água (RAMIREZ *et al.*, 2002). Assim, determinou-se o procedimento com 2 g de amostra crua dispostas em duas camadas de papel filtro e acomodadas no fundo de tubos de centrifuga de 50 mL e centrifugadas (HERMLE, Modelo Z36HK, Uberlândia, MG) a 1500 x g por um período de 5 min a temperatura ambiente. Após a centrifugação, as amostras foram pesadas novamente e a quantidade de %EW foi determinada pela equação 2.

$$\%EW = \left( \frac{\text{massa inicial da amostra (g)} - \text{massa final da amostra (g)}}{\text{massa inicial da amostra (g)}} \times 100 \right) \quad (\text{Equação 2})$$

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

## ANÁLISE SENSORIAL POR PAINEL TREINADO

A análise sensorial do fishburguer grelhado foi empregada para verificar possíveis alterações sensoriais, ocorridas pela ação da oxidação lipídica durante o armazenamento por congelamento do produto no período de 15 semanas. Essa pesquisa foi inicialmente aprovada (Número do CAAE: 36033314.6.0000.5564) pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/SH da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

A avaliação ocorreu no Laboratório de Análise Sensorial em cabines individuais adequadas para a realização de testes sensoriais. Um painel de seis avaliadores previamente treinado avaliou odor a peixe e sabor a peixe, lotados como atributos sensoriais associados a alteração lipídica. Foi utilizada uma escala estruturada mista de 7 (sete) pontos, sendo as extremidades da escala nomeadas como 1 (um) – Extremamente Fraco, e 7 (sete) – Extremamente Intenso (MESSIAS *et al.*, 2016). A avaliação da amostra foi realizada de forma monádica a cada tempo estipulado (1, 3, 6, 9, 12 e 15 semanas de armazenamento congelado). As amostras (20 g) foram dispostas em pratos descartáveis de cor branca e servidas em temperatura ambiente juntamente com a ficha de avaliação sensorial.

## ANÁLISE DE COR

A cor da superfície das amostras de fishburguer cru (após descongelamento em água corrente por 30 min) e grelhado, foram determinadas utilizando um colorímetro portátil (KONICA MINOLTA, Modelo CR-400/410, Japão). Utilizaram-se os espaços de cores CIE  $L^*a^*b^*$  e CIE  $L^*C^*h$ , sendo  $L^*$  a luminosidade,  $a^*$  (vermelho-verde) e  $b^*$  (amarelo-azul) (HUNTERLAB, 1996). A escala CIE  $L^*C^*h$  consiste no mesmo componente  $L^*$ , o croma e o ângulo *hue* ( $0^\circ \leq h^\circ \leq 360^\circ$ ). As medidas de cor foram realizadas na superfície de cada fishburguer ( $n = 3$ ) em quatro localizações aleatoriamente selecionadas, totalizando 12 medidas para cada tempo estudado e cada tratamento (amostra crua e grelhada).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças significativas com 95 % de significância ( $p < 0,05$ ). A comparação das médias foi realizada usando o Teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando  $p < 0,05$ . Para as análises microbiológicas, foi realizada Teste t-Student com 95 % de significância ( $p < 0,05$ ). Os dados foram analisados usando o *software* ASSISTAT (v. 7.7 beta(pt), UFCG, Campina Grande - PB).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### CARACTERIZAÇÃO DO FISHBURGUER

A composição centesimal do fishburguer elaborado com subprodutos da filetagem de tilápia foi de  $73,3 \pm 0,2$  % de umidade,  $6,7 \pm 0,5$  % de lipídios,

13,7 ± 0,2 % de proteína, 1,9 ± 0,2 % de cinzas e 4,4 ± 0,2 % de carboidratos totais. Estes resultados foram similares aos obtidos por Bainy *et al.* (2015a) que elaborou fishburger de filé de tilápia moído. Já Marengoni *et al.* (2009) caracterizou fishburger à base de CMS de tilápia e obteve 75,1 % de umidade, 16,0 % de proteínas, 3,9 % lipídios e 2,4 % de cinzas. As variações na composição centesimal podem estar associadas aos ingredientes e matérias-primas utilizadas na produção das formulações de fishburger.

Adicionalmente, em comparação com produtos convencionais similares, Borba *et al.* (2013) obtiveram 18,3 % e 11,9 % de lipídios para hambúrgueres de carne bovina e de frango, respectivamente, valores superiores ao obtido no presente estudo. Os teores de proteínas encontrados por esses autores, também foram maiores, em torno de 14,6 %, para ambos produtos. Mansour e Khalil (1997) também encontraram conteúdos mais elevados de lipídios (17,1 %) e proteínas (19,6 %) para hambúrguer bovino. Similarmente, López-Vargas *et al.* (2014) obtiveram 26,4 % de lipídios e 15,6 % de proteínas para hambúrguer suíno.

A Tabela 1 apresenta os resultados de rendimento na cocção e das análises de perfil de textura (TPA) e do teste de cisalhamento utilizando lâmina de Warner-Bratzler.

**Tabela 1.** Rendimento na cocção e parâmetros de textura obtidos para fishburger à base de subprodutos da filetagem de tilápia.

Parâmetros avaliados	Resultados
Rendimento na cocção (%)	80,9 ± 1,3
Dureza (N)	40,4 ± 3,2
Elasticidade (cm)	0,29 ± 0,03
Mastigabilidade (J)	0,06 ± 0,01
Força de cisalhamento (N)	4,60 ± 0,20
Trabalho de cisalhamento (J)	0,09 ± 0,01

NOTA : Resultados são expressos como média ± desvio padrão.

O rendimento na cocção (%RC) do fishburger à base de CMS de tilápia submetido ao grelhamento resultou em 80,9 ± 1,3 %. Em outras palavras, os fishburguers apresentaram perda de peso na cocção de 20 %, o que pode estar associado à perda de água por evaporação e de lipídios no processo de cozimento.

Em estudo anterior, Bainy *et al.* (2015a) obtiveram %RC similar de 85,3 % para fishburger de filé de tilápia grelhado. Oliveira, Cruz e Almeida (2012) apresentaram resultados de %RC entre 77,5 a 86,1 % para almondegas à base de polpa de tilápia com diferentes concentrações de proteína texturizada de soja (PTS), a qual auxiliou na redução da perda de peso na cocção, ou seja, proporcionando maior rendimento do produto. O resultado de %RC do presente estudo teve valor mais próximo à formulação de almondega sem PTS. Já Bochi *et al.* (2008) encontraram valores inferiores ao presente estudo, entre 65,9 a 74,9 %, para fishburgueres grelhados elaborados com diferentes concentrações de subprodutos da filetagem de jundiá.

A %RC do fishburger desenvolvido nesse trabalho foi similar aos obtidos por Borba *et al.* (2013) e Mansour e Khalil (1997) que encontraram valores de 80 % e 73 % para hambúrgueres de carne bovina grelhados. López-Vargas *et al.* (2014)

obteve um valor inferior (65 %) para hambúrguer suíno assado. Já Rodríguez-Carpina *et al.* (2011) encontraram um rendimento de 79 % para hambúrguer suíno assado, valor próximo do observado nessa pesquisa.

De acordo com os parâmetros do perfil de textura apresentados na Tabela 1, o resultado para dureza indica a força máxima requerida para comprimir a amostra (BOURNE, 1978). Isso quer dizer que para romper a estrutura da amostra foi necessária força de compressão de  $40,4 \pm 3,2$  N. Este resultado foi complementado pelo teste de cisalhamento por Warner-Bratzler, o qual indica a força máxima necessária para cortar a amostra (força de cisalhamento de  $4,60 \pm 0,20$  N) e o trabalho necessário para mover a lâmina pela amostra (trabalho de cisalhamento de  $0,09 \pm 0,01$  J), conforme descrito por Das *et al.* (2008). A elasticidade é a habilidade da amostra recuperar a forma original depois que a força de deformação é removida (BOURNE, 1978). Em base ao resultado encontrado, observa-se que devida a estrutura do produto, rica em proteínas, a capacidade do fishburger em recuperar o formato original foi baixa, de  $0,29 \pm 0,03$  cm. Por fim, a mastigabilidade representa o trabalho necessário para mastigar a amostra ao ponto de ser engolida (BOURNE, 1978) e de acordo com o resultado encontrado ( $0,06 \pm 0,01$  J), o produto avaliado apresentou um valor considerado baixo.

Os resultados para todos os parâmetros de textura apresentados na Tabela 1, foram similares aos encontrados por Bainy *et al.* (2015b) para fishburger de filé de tilápia, exceto para a dureza. Os autores encontraram valores para dureza inferiores, entre 23 e 35 N para produto com conteúdo de umidade e proteína similares ao presente estudo. A dureza foi comparável ao obtido por RODRÍGUEZ-CARPINA *et al.* (2011), com valores entre 40 e 50 N para hambúrguer de carne suína.

Esse resultado deve-se ao menor %RC (80,9 %) obtido para o fishburger com subprodutos da filetagem do que aquele obtido para fishburger de filé de tilápia (88,6 %) reportado por Bainy *et al.* (2015b). Youssef e Barbut (2011) concluiu que a perda de água em produtos cárneos aumenta a dureza, pois a água oferece menor resistência para compressão.

Portanto, o produto desenvolvido à base de CMS de tilápia apresentou textura instrumental similar ao encontrado por Bainy *et al.* (2015b) para fishburger elaborado com filé de tilápia, exceto para a dureza que foi semelhante à de hambúrguer suíno.

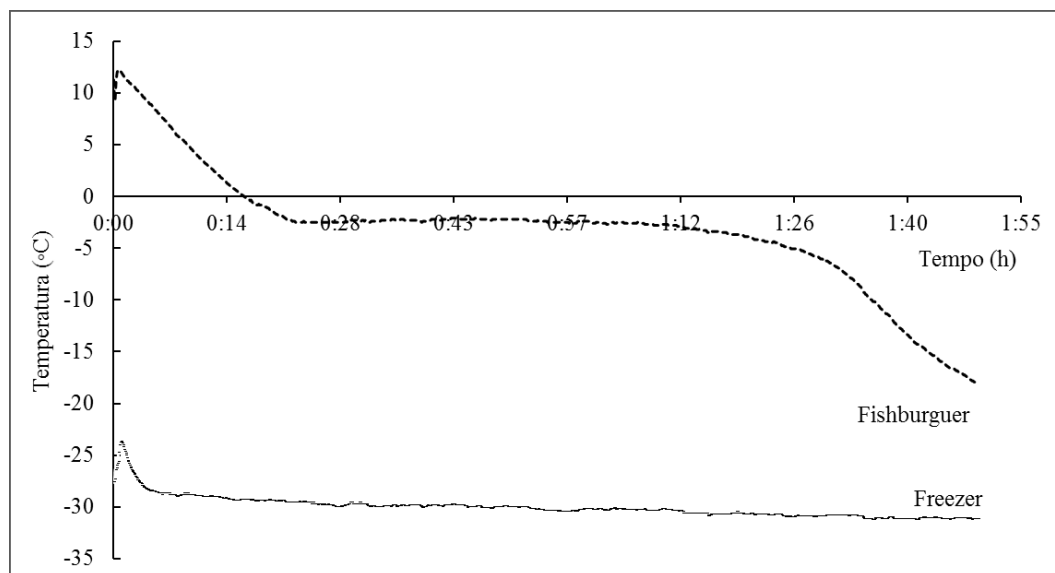
## ANÁLISE DO CONGELAMENTO DO FISHBURGUER

O freezer doméstico utilizado no presente trabalho foi eficiente na manutenção e equilíbrio da temperatura após o acionamento do congelamento rápido, apresentando temperatura média de  $-29,1 \pm 1,2$  °C durante os experimentos, e temperaturas mínima e máxima de  $-30,86 \pm 0,65$  °C e  $-22,7 \pm 4,1$  °C, respectivamente. A curva de congelamento (temperatura x tempo) obtida para o fishburger à base de subprodutos da filetagem de tilápia está ilustrada na Figura 1, assim como a temperatura do freezer durante o experimento.

Em base ao comportamento exibido na Figura 1, primeiramente remove-se o calor sensível para reduzir a temperatura do alimento até abaixo do seu ponto de congelamento, com início da mudança de fase da água e formação dos primeiros cristais de gelo (RAHMAN *et al.*, 2009). O ponto de congelamento ou temperatura



inicial de congelamento ( $T_f$ ) é definida como a temperatura na qual os primeiros cristais de gelo começam a formar, ou seja, os cristais de gelo (fase sólida) atingem equilíbrio com a água (fase líquida) no alimento (FELLOWS, 2000). A  $T_f$  do fishburguer à base de subprodutos da filetagem de tilápia foi de  $-2,2 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  e requereu  $20,7 \pm 6,6 \text{ min}$  para atingir essa temperatura.



**Figura 1** – Curva de congelamento, temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) versus tempo (h), do fishburguer à base de subprodutos da filetagem de tilápia (linha pontilhada), e o perfil de temperatura do freezer (linha contínua) durante o experimento.

O tempo que um alimento necessita para passar pela zona crítica (0 e  $-5^\circ\text{C}$ ), irá determinar o número e o tamanho dos cristais de gelo formados e como consequência o tipo de congelamento obtido (FELLOWS, 2000). Nesse sentido, o perfil da curva de congelamento apresentado na Figura 1 exibe comportamento típico de congelamento lento, similar ao obtido por Rahman e Driscoll (1994), que estudou congelamento de carne de lula, além daqueles obtidos por outros autores, tal como Marini *et al.* (2014) para embutidos em freezer industrial e Bairy *et al.* (2015c) para fishburguer de filé de tilápia em freezers domésticos. No congelamento lento, a velocidade de formação de cristais de gelo é menor, formando-se cristais maiores nos espaços intracelulares, podendo acarretar danos ao alimento congelado (FELLOWS, 2000).

Os parâmetros do processo, como o tempo de congelamento na faixa entre 0 a  $-5^\circ\text{C}$  (zona crítica) e de 0 a  $-18^\circ\text{C}$  (congelamento completo), e ainda as velocidades de congelamento para os respectivos tempos estão apresentadas na Tabela 2.

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 (HELDMAN; LUND, 2007). Como observado na Tabela 2, o fishburguer necessitou de  $1,23 \pm 0,03 \text{ h}$  para atravessar o intervalo de temperatura de 0 a  $-5^\circ\text{C}$ , período em que ocorre a maior formação de cristais de gelo, e  $1,69 \pm 0,04 \text{ h}$  para que a temperatura atingisse  $-18^\circ\text{C}$ , considerado como congelamento completo. Nesta mesma tabela, observa-se que

a velocidade de congelamento foi maior na faixa de 0 a -5 °C do que aquela obtida entre 0 e -18 °C. Resultados similares foram encontrados por Bainy *et al.* (2015c) para fishburguer de filé de tilápia congelado em freezer vertical com compartimento de congelamento rápido.

**Tabela 2.** Tempos e velocidades de congelamento do fishburguer à base de subprodutos da filetagem de tilápia, realizado em freezer convencional com função de congelamento rápido, entre 0 a -5 °C (zona crítica) e de 0 a -18 °C (congelamento completo).

Amostra	Tempo de congelamento (h)		Velocidade de congelamento (cm h <sup>-1</sup> )	
	(0 a -5)°C	(0 a -18)°C	(0 a -5)°C	(0 a -18)°C
Fishburguer	1,23 <sup>b</sup> ± 0,03	1,69 <sup>a</sup> ± 0,04	0,30 <sup>a</sup> ± 0,02	0,22 <sup>b</sup> ± 0,01

NOTA: Resultados são expressos como média ± desvio padrão ; Letras diferentes na mesma linha representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

## VIDA DE PRATELEIRA DO FISHBURGUER DURANTE ARMAZENAMENTO CONGELADO

### ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A vida de prateleira ou vida útil pode ser definido como o tempo em que não há alterações relevantes no produto e as contagens microbianas permanecem abaixo do limite recomendado (BAI; WILSON; GLATZ, 1998). Foram realizadas contagem de bactérias mesófilas e contagem de enterobactérias no início (semana 1) e no final (semana 15) do período de armazenamento congelado, conforme observado na Tabela 3.

**Tabela 3 .** População microbiana (UCF/g) para fishburguer cru, no início e no final do período de armazenamento congelado por 15 semanas.

Análises	Semana 1	Semana 15
Bactérias mesófilas	1,3 x 10 <sup>4</sup> *	4,0 x 10 <sup>2</sup> *
Enterobactérias	1,0 x 10 <sup>3</sup> *	ND <sup>1</sup> *

NOTA : \* Resultados significativamente diferentes pelo teste de t-Student (p < 0,05) ; <sup>1</sup> ND: não detectado.

A contagem de bactérias mesófilas e enterobactérias, foram de 1,3 x 10<sup>4</sup> UFC/g e 1,0 x 10<sup>3</sup> UFC/g, respectivamente, e reduziram para 4,0 x 10<sup>2</sup> UFC/g e 0 UFC/g, respectivamente, no final do armazenamento congelado por 15 semanas.

Esse resultado está de acordo com estudos anteriores (COLLA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003; SOUZA *et al.*, 2013). A redução da contagem microbiana no final do estudo ocorreu devido ao choque térmico ocasionado pelo congelamento que acarretou a lesão nos microrganismos, sendo mais efetivo para mesófilos e termófilos do que para psicrótrófos (SOUZA *et al.*, 2013). Como houve o congelamento e subsequente descongelamento lento para o preparo da amostra

para análise microbiológica, o produto permaneceu mais tempo na zona crítica e os cristais de gelo podem ter rompido as células dos microrganismos, ocasionando a diminuição da contagem microbiana (COLLA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003). Segundo os autores, ocorre uma redução da contagem microbiana durante o congelamento, e não ocorre crescimento de microrganismos na temperatura de -18 °C, geralmente empregada para armazenar alimentos.

O limite microbiológico da contagem de mesófilos totais, recomendado para peixe fresco é de  $10^7$  (ICMSF, 1986). Oliveira, Cruz e Almeida (2012) encontraram valores inferiores a  $10^4$  UFC/g para almondegas à base de polpa de tilápia, similar ao presente estudo. Segundo Agnese *et al.* (2001), valores superiores a  $10^6$  UFC/g de mesófilos totais em carne de peixe são considerados críticos e indicam baixo frescor do pescado.

Apesar de não existir um limite para enterobactérias em pescados, perante a legislação brasileira e internacional, ela foi empregada como indicador de contaminação fecal. Tal contaminação poderia ser oriunda da manipulação inadequada das amostras desde o abate das tilápias até o processamento no laboratório. Consequentemente, os resultados obtidos no presente estudo foram inferiores aos recomendados por especificações internacionais, o que indica a qualidade microbiológica do produto durante o processamento e armazenamento congelado.

#### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAL

Os resultados das análises físico-químicas de atividade de água ( $A_w$ ), pH, perda de água por centrifugação (%EW), além da avaliação sensorial dos atributos odor a peixe e sabor a peixe pelo painel treinado para o fishburguer nas 15 semanas de armazenamento congelado estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Atividade de água ( $A_w$ ), pH, perda de água por centrifugação (%EW) e avaliação sensorial dos atributos odor e sabor a peixe por painel sensorial de fishburguer à base de subprodutos da filetagem de tilápia, durante 15 semanas de armazenamento congelado.

Semana	$A_w$	pH	%EW	Odor a peixe	Sabor a peixe
1	0,97 <sup>a</sup> ± 0,01	6,74 <sup>a</sup> ± 0,02	23,9 <sup>b</sup> ± 4,2	2,4 <sup>a</sup> ± 0,5	3,0 <sup>a</sup> ± 0,5
3	0,97 <sup>a</sup> ± 0,01	6,69 <sup>ab</sup> ± 0,05	34,2 <sup>a</sup> ± 6,5	3,5 <sup>a</sup> ± 0,6	4,0 <sup>a</sup> ± 0,4
6	0,98 <sup>a</sup> ± 0,01	6,72 <sup>a</sup> ± 0,04	32,0 <sup>ab</sup> ± 4,1	2,5 <sup>a</sup> ± 0,3	3,3 <sup>a</sup> ± 0,6
9	0,98 <sup>a</sup> ± 0,01	6,59 <sup>bc</sup> ± 0,01	30,7 <sup>ab</sup> ± 9,8	3,0 <sup>a</sup> ± 0,6	3,0 <sup>a</sup> ± 0,6
12	0,98 <sup>a</sup> ± 0,01	6,51 <sup>c</sup> ± 0,01	32,1 <sup>ab</sup> ± 2,5	3,2 <sup>a</sup> ± 0,5	2,8 <sup>a</sup> ± 0,6
15	0,97 <sup>a</sup> ± 0,01	6,64 <sup>ab</sup> ± 0,08	25,2 <sup>ab</sup> ± 3,5	2,8 <sup>a</sup> ± 0,6	2,6 <sup>a</sup> ± 0,5

NOTA: Resultados são expressos como média ± desvio padrão ; 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 apresentou valores próximos a 1, não diferindo no período de armazenamento. Tal resultado foi similar ao encontrado por Bainy *et al.* (2015b) para fishburguer de filé de tilápia. Já o pH variou em torno de 6,51 a 6,74 no armazenamento congelado, apresentando variação nas Semanas 9 e 12. Porém, o pH no final do estudo (Semana 15) não apresentou diferença com relação aos tempos iniciais.

Comportamento similar foi obtido por Tokur *et al.* (2006) para empanados de carpa. Adicionalmente, o pH do fishburguer manteve-se estável dentro do intervalo da neutralidade.

A perda de água por centrifugação (%EW) é uma propriedade definida pelo inverso da capacidade de retenção (CRA), ou seja, uma maior quantidade de água extraída na centrifugação representa uma menor capacidade de reter água durante a aplicação de forças externas (RAMIREZ *et al.*, 2002; DAS *et al.*, 2008). Segundo Ordóñez *et al.* (2005), muitas propriedades físicas de um alimento são regidas pela CRA, como a cor e a textura.

Os valores obtidos de %EW variaram de  $23,9 \pm 4,2 \%$  a  $34,2 \pm 6,5 \%$ , como mostra a Tabela 4, apresentando pouca variabilidade durante o período de estudo com diferença significativa somente entre a primeira e terceira semana. Assim o processo de congelamento aplicado, *i.e.* em congelador doméstico com opção de congelamento rápido acionado, não afetou a CRA do fishburguer. Ramirez *et al.* (2002) obteve %EW de 28,3 % para presunto de peixe, resultado próximo ao obtido no presente estudo. Segundo Oetterer (2006), as proteínas do pescado possuem propriedades funcionais como a gelificação, emulsificação e CRA, o que explica o resultado obtido. Tais propriedades possuem grande relevância no desenvolvimento de produtos à base de polpa de peixe, como o fishburguer.

Por fim, a análise sensorial com o painel treinado foi utilizada para avaliar alterações nos atributos sensoriais de odor a peixe e sabor a peixe ocorridas pela formação das reações de oxidação lipídica durante o armazenamento congelado, conforme apresentado na Tabela 4. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o painel sensorial não detectou diferença significativa nesses atributos durante o tempo estudado. Tanto o odor quanto o sabor a peixe permaneceram mais próximos à extremidade inferior, representado pelo “Extremamente fraco”, na escala de 7 pontos, similar ao trabalho de Messias *et al.* (2016). Dessa forma observa-se que o armazenamento congelado por 15 semanas não ocasionou um aumento perceptível na oxidação lipídica do produto que possibilitasse o painel sensorial mudanças significativas nas características sensoriais avaliadas no produto.

## ANÁLISES DE COR

As Tabelas 5 e 6 apresentam as medidas de cor para o fishburguer à base de subprodutos da filetagem de tilápia cru (após descongelamento) e grelhado, respectivamente, durante o armazenamento congelado.

Os valores do parâmetro luminosidade  $L^*$  não apresentaram diferenças significativas durante o armazenamento congelado, com valores próximos a 57, enquanto Bainy *et al.* (2015a) observaram 69,1 para fishburguer cru de filé de tilápia. Isto significa que os fishburgueres à base de subprodutos da filetagem possuem uma coloração mais escura comparada aos produzidos com filé de tilápia moído.

Os valores encontrados para  $a^*$  e  $b^*$  apresentaram uma tendência inversa. Os fishburgueres analisados possuíam uma coloração para o vermelho fraco no início do armazenamento congelado, e com o passar das semanas este valor foi diminuindo ao passo que o parâmetro  $b^*$  foi aumentando. Em outras palavras, o fishburguer foi perdendo a cor avermelhada e se tornando mais amarelado

durante o armazenamento. A coloração do fishburger cru mais amarelada foi observada a partir da 6ª semana pelo aumento do  $b^*$  e do ângulo *hue*, ficando mais próximo de 90º (eixo amarelo), atingindo o máximo (89,0 ± 0,7)º na última semana do estudo. Como observado na Tabela 5, o Cromo indicou uma coloração levemente acinzentada, não apresentando muita variabilidade ao longo do armazenamento.

**Tabela 5.** Medidas de cor do fishburger cru à base de subprodutos da filetagem de tilápia, durante 15 semanas de armazenamento congelado.

Semana	L*	a*	b*	Ângulo <i>hue</i>	Croma
1	57,3 <sup>a</sup> ± 1,9	3,5 <sup>a</sup> ± 0,6	12,9 <sup>c</sup> ± 0,8	74,9 <sup>e</sup> ± 2,5	13,4 <sup>c</sup> ± 0,9
3	57,8 <sup>a</sup> ± 1,8	2,8 <sup>b</sup> ± 0,4	13,4 <sup>bc</sup> ± 0,6	78,1 <sup>d</sup> ± 1,5	13,6 <sup>bc</sup> ± 0,6
6	57,4 <sup>a</sup> ± 1,1	2,0 <sup>c</sup> ± 0,6	14,6 <sup>a</sup> ± 0,6	82,1 <sup>c</sup> ± 2,0	14,8 <sup>a</sup> ± 0,7
9	57,6 <sup>a</sup> ± 1,5	1,6 <sup>cd</sup> ± 0,3	14,3 <sup>a</sup> ± 0,7	83,7 <sup>bc</sup> ± 1,2	14,4 <sup>ab</sup> ± 0,7
12	56,6 <sup>a</sup> ± 1,3	1,2 <sup>d</sup> ± 0,3	14,2 <sup>ab</sup> ± 0,8	85,0 <sup>b</sup> ± 1,1	14,2 <sup>abc</sup> ± 0,8
15	56,9 <sup>a</sup> ± 1,9	0,3 <sup>e</sup> ± 0,2	14,0 <sup>ab</sup> ± 0,7	89,0 <sup>a</sup> ± 0,7	14,0 <sup>abc</sup> ± 0,7

NOTA: Resultados são expressos como média ± desvio padrão ; Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

As medidas de cor do fishburger grelhado durante as 15 semanas de armazenamento congelado estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Medidas de cor do fishburger grelhado à base de subprodutos da filetagem de tilápia, durante 15 semanas de armazenamento congelado.

Semana	L*	a*	b*	Ângulo <i>hue</i>	Croma
1	45,4 <sup>a</sup> ± 4,3	7,2 <sup>a</sup> ± 2,1	22,5 <sup>a</sup> ± 2,2	72,3 <sup>ab</sup> ± 3,7	23,7 <sup>a</sup> ± 2,6
3	42,4 <sup>a</sup> ± 3,2	7,6 <sup>a</sup> ± 2,1	20,5 <sup>a</sup> ± 1,2	70,0 <sup>b</sup> ± 4,4	21,9 <sup>ab</sup> ± 1,7
6	45,4 <sup>a</sup> ± 2,6	6,1 <sup>ab</sup> ± 1,4	21,9 <sup>a</sup> ± 1,3	74,6 <sup>ab</sup> ± 3,0	22,6 <sup>ab</sup> ± 1,4
9	41,4 <sup>a</sup> ± 6,9	8,2 <sup>a</sup> ± 3,3	21,3 <sup>a</sup> ± 2,6	69,4 <sup>b</sup> ± 7,9	23,0 <sup>ab</sup> ± 2,9
12	40,0 <sup>a</sup> ± 5,1	7,8 <sup>a</sup> ± 2,5	20,5 <sup>a</sup> ± 2,5	68,9 <sup>b</sup> ± 8,0	22,2 <sup>ab</sup> ± 1,9
15	44,0 <sup>a</sup> ± 3,8	4,3 <sup>b</sup> ± 1,7	20,4 <sup>a</sup> ± 1,7	78,2 <sup>a</sup> ± 4,4	20,9 <sup>b</sup> ± 1,7

NOTA : Resultados são expressos como média ± desvio padrão ; Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Os valores de L\* do fishburger grelhado também não tiveram variações significativas ao longo do estudo. Adicionalmente, esses resultados foram inferiores aos encontrados por Bainy *et al.* (2015a) que obtiveram valor de L\* de 63,9 para fishburger grelhado elaborados com filé de tilápia. Com isso, pode-se afirmar que tanto os fishburgueres crus quanto os grelhados produzidos com subprodutos da filetagem têm coloração mais escura do que aqueles elaborados com filé de tilápia. Essa mudança pode ter sido resultado do emprego da CMS ou dos diferentes ingredientes utilizados na presente formulação.

O efeito da cocção foi significativo na formação da cor do produto grelhado, pois a coloração do fishburger cru foi modificada. É possível observar, comparando os resultados obtidos nas Tabelas 5 e 6, que o fishburger grelhado tornou-se mais escuro (menor L\*), mais vermelho e mais amarelo, denotado pelo aumento dos valores dos parâmetros a\* e b\*, além de uma coloração mais intensa (maior Cromo). Já o ângulo *hue* para fishburger grelhado foi menor, em torno de

70° a 78°, o que representa uma coloração mais alaranjada no diagrama de cores L\*C\*h\*. No processo de cocção são desenvolvidos sabor e aroma devido a formação de compostos que conferem cor, resultantes da reação de Maillard na superfície do fishburguer pela presença de açúcares redutores e aminoácidos (FENNEMA, 1996).

Similarmente ao comportamento do fishburguer cru, o parâmetro a\* na amostra grelhada apresentou uma leve redução ao longo do armazenamento congelado, apesar de significativa somente no último dia. Os resultados de b\* e Ângulo hue para amostra grelhada não apresentaram mudanças significativas entre o início e o final do estudo. De forma contrária à amostra crua, o Cromo apresentou uma pequena redução na amostra grelhada, atingindo um mínimo (20,9 ± 1,7) na última semana, o que indica uma redução da intensidade da cor ao longo do armazenamento congelado.

### CONCLUSÕES

O emprego dos subprodutos da filetagem de tilápia na formulação de fishburguer rendeu um produto com baixo teor de lipídios. O freezer doméstico com congelamento rápido acionado manteve a temperatura baixa e estável durante o congelamento, porém o perfil de congelamento foi considerado lento o que pode afetar a qualidade do alimento congelado. No entanto, os parâmetros de qualidade avaliados não apresentaram alterações no período de 15 semanas de armazenamento congelado, exceto pela mudança na coloração instrumental do fishburguer cru e redução da contagem microbiana. A coloração do produto exibiu uma tendência ao amarelado e menos avermelhada, a partir da sexta semana avaliada. Porém, não ocorreram mudanças nos atributos sensoriais, odor e sabor de peixe, avaliados pelo painel treinado ao longo do armazenamento congelado.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Tilápia Brazilian pela doação das matérias-primas.

# Fish burger processing using tilapia filleting by-products: Physicochemical characterization, freezing analysis and shelf life evaluation

## ABSTRACT

The present study aimed to produce and conduct characterization of fish burger made from tilapia (*Oreochromis niloticus*) filleting by-products. Besides this, the freezing process and the shelf life of the product were evaluated. Fish burger was prepared using mechanically separated meat from carcass and “V”-cut trimmings. Analyses of proximate composition, cooking yield (%RC), instrumental textural analysis, freezing curves, and evaluation of product's shelf life during 15 weeks of frozen storage were conducted. The fish burger had moisture ( $73.3 \pm 0.2$  %), protein ( $13.7 \pm 0.2$  %) and a low lipid ( $6.7 \pm 0.5$  %) content. %RC was  $80.9 \pm 1.3$  %. Texture parameters were similar to fish burger made from tilapia fillet, except by the higher hardness ( $\sim 40$  N) which was comparable to pork hamburger. The freezing occurred slowly and reached the temperatures of  $-5$  °C and  $-18$  °C in  $1.23 \pm 0.03$  h and  $1.69 \pm 0.04$  h, respectively. There were no physicochemical and sensory changes in frozen storage, except for a reduction in mesophilic bacteria and enterobacteria counts, and a modification in the instrumental color. The raw fish burger became more yellow and less red, after the sixth week. The odor and taste of fish remained acceptable by the sensory panel during the period evaluated.

**KEYWORDS:** *Oreochromis niloticus*; mechanically separated meat; proximate composition; freezing curves; freezing storage.

## REFERÊNCIAS

- AGNESE, A.P.; OLIVEIRA, V.M.; SILVA, P.P.O.; OLIVEIRA, G.A. Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e enumeração de coliformes totais e fecais, em peixes frescos comercializados no município de Seropédica - RJ. **Revista Higiene Alimentar**, v.15, n. 88, p. 67-70, 2001.
- BAI, Y.; WILSON, A.; GLATZ, B. A. Quality of Commercial Shelf-Stable Soymilk Products. **Journal of Food Protection**, v. 61, n. 9, p. 1161-1164, 1998.
- BAINY, E. M.; BERTAN, L. C.; CORAZZA, M. L.; LENZI, M. K. Effect of grilling and baking on physicochemical and textural properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish burger. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 8, p. 5111–5119, 2015a.
- BAINY, E. M.; BERTAN, L. C.; CORAZZA, M. L.; LENZI, M. K. Physical changes of tilapia fish burger during frozen storage. **Boletim do CEPPA**, v. 33, n. 2, p. 115–124, 2015b.
- BAINY, E. M.; CORAZZA, M. L.; LENZI, M.K. Measurement of freezing point of tilapia fish burger using differential scanning calorimetry (DSC) and cooling curve method. **Journal of Food Engineering**. v. 161, p. 82–86, 2015c.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BOCHI, V. C.; WEBER, J.; RIBEIRO, C. P.; VICTÓRIO, A. M.; EMANUELLI, T. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 8844–8849, 2008.
- BORBA, C. M.; OLIVEIRA, V. R.; MONTENEGRO, K. R.; HERTZ, P. F.; VENZKE, J. G. Avaliação físico-química de hambúrguer de carne bovina e de frango submetidos a diferentes processamentos térmicos. **Brazilian Journal of Food Nutrition**., v. 24, n. 1, p. 21-27, 2013.
- BOSCOLO, R. W.; FEIDEN, A. **Industrialização de Tilápia**. 20ª. ed. Toledo (PR): GFM Gráfica & Editora, 2007.
- BORDIGNON, A. D.; SOUZA, B. E.; BOHNENBERGER, L.; HILBIG, C. C.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. Elaboração de croquete de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a partir de CMS e aparas do corte em 'V' do filé e sua avaliação físico-química, microbiológica e sensorial. **Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá**, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.



BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, p. 62-65, 1978.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da pesca e aquicultura 2011**. Brasília, D.F., 2011. Disponível em: <[www.mpa.gov.br/](http://www.mpa.gov.br/)>. Acesso em: 15 out. 2016.

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**, v. 32, p. 159-168, 1997.

COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Congelamento e Descongelamento – Sua Influência Sobre os Alimentos. **Vetor - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 13, p. 53-66, 2003.

DAS, A. K.; ANJANEYULU, A. S.; GADEKAR, Y. P.; SINGH, R. P.; PRAGATI, H. Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. **Meat Science**, v. 80, n. 3, p. 607-14, 2008.

EUROPEAN COMMISSION (EC). Commission Regulation (EC) N° 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. **Official Journal of the European Union**. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32005R2073>>. Acesso em: 20 set. 2016.

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

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3ª. ed. New York: Marcel Dekker, 1996.

FOGAÇA, F. H. S.; OTANI, F. S.; PORTELLA, C. G.; SANTOS-FILHO, L. G. A.; SANT'ANA, L. S. Caracterização de surimi obtido a partir da carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo e elaboração de fishburger. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 765-775, 2015.

FOOD STANDARDS AGENCY (FSA). **Meat Industry Guide**. Chapter 13 Microbiological criteria, p. 10, 2015. Disponível em: <<https://www.food.gov.uk/sites/default/files/Chapter13-Microbiological-criteria.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

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**, v. 85, n. 3, p. 402-409, 2010.

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.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª. ed., 1ª. ed. digital. São Paulo (SP): Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications**. 2ª. ed. Toronto: University of Toronto Press, 1986. Disponível em: <<http://www.icmsf.org/pdf/icmsf2.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

LÓPEZ-VARGAS, J.H.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; VIUDA-MARTOS, M. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Meat Science**, v. 97, p. 270-276, 2014.

MANSOUR, E. H.; KHALIL, A. H. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. **Food Research International**, v. 30, n. 3/4, p. 199-205, 1997.

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., BAINY, E. M., LENZI, M. K., CORAZZA, M. L. Freezing and thawing of processed meat in an industrial freezing tunnel. **Acta Scientiarum Technology**, v. 36, n. 2, p. 361-368, 2014.

MESSIAS, C. R.; KONOPKA, D. N.; BIASI, D. C.; BATISTA, R. V.; QUAIST, E.; BAINY, E. M.; POLISELI-SCOPEL, F. H. Treinamento e caracterização sensorial de formulações de fishburger elaboradas à base de subprodutos da filetagem de tilápia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos - REBRAPA**, v.7, p.125 - 142, 2016.

MINOZZO, M. G.; WASZCZYNSKYZ, N.; BOSCOLO, W. R. Utilização de carne mecanicamente separada (*Oreochromis niloticus*) para a produção de patês cremoso e pastoso. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p. 315-319, 2008.

MONTEIRO, M. L. G. **Aproveitamento de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para elaboração de novos produtos com valor agregado**. 177 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

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**. 1ª. ed. Barueri (SP): Manole, 2006. p. 99-134.

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 Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 1, p. 37-44, 2012.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUES, M.; ALVAREZ, L.; SANZ, M.; MINGUILLÓN G.; PERALES, L.; CORTECERO, M.; **Tecnología de alimentos – Alimentos de Origen Animal**, Porto Alegre (RS): Artmed, 2005. V2.

RAHMAN, M. S.; DRISCOLL, R. H. Freezing points of selected seafoods (invertebrates). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, p. 51–61, 1994.

RAHMAN, M. S.; GUIZANI, N.; AL-KHASEIBI, M.; AL-HINAI, S. A.; AL-MASKRI, S. S.; AL-HAMHAMI, K. Analysis of cooling curve to determine the end point of freezing. **Food Hydrocolloids**, v. 16, p. 653-659, 2002.

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.

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**, v. 67, p. 1778-1784, 2002.

RODRÍGUEZ-CARPENA, J. G.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Partial replacement of pork back-fat by vegetable oils in burger patties: effect on oxidative stability and texture and color changes during cooking and chilled storage. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. C1025-31, 2011.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A; SILVEIRA, N. F. A; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4ª. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SOUZA, M. C.; TEXEIRA, L. J. Q.; ROCHA, C. T.; FERREIRA, G. A. M.; LIMA FILHO, T. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 1031-1046, 2013.

TOKUR, B.; OZKÜTÜK, S.; ATICI, E.; OZYURT, G.; OZYURT, C. E. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758), during frozen storage (-18°C). **Food Chemistry**, v. 99, n. 2, p. 335–341, 2006.

TROY, D. J.; DESMOND, E. M.; BUCKLEY, D. J. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 507-516, 1999.

YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. **Meat Science**, v. 87, p. 356–60, 2011.

**Recebido:** 22 dez. 2016.

**Aprovado:** 15 jul. 2017.

**DOI:** 10.3895/rebrapa.v9n1.5251

**Como citar:**

MUZZOLON, E. et al. Processamento de fishburguer utilizando subprodutos da filetagem de tilápia: Caracterização físico-química, análise do congelamento e avaliação da vida de prateleira. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 9, n. 1, p. 154-173, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfp.edu.br/rebrapa>

**Correspondência:**

Eduarda Molardi Bainy  
Colegiado de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul, BR 158, km 405, Caixa Postal 106, CEP 85301-970, Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

**Direito autorial:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

