



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO CONSUMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS



**EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO SOBRE A ESTABILIDADE DO  
CAMARÃO CINZA SUBMETIDO À DEFUMAÇÃO LÍQUIDA**

CAROLINY SANTANA DOS SANTOS

Recife, 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

CAROLINY SANTANA DOS SANTOS

**EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO SOBRE A  
ESTABILIDADE DO CAMARÃO CINZA SUBMETIDO À DEFUMAÇÃO  
LÍQUIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho

Recife, 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237e Santos, Caroliny Santana dos  
Efeito da temperatura de armazenamento sobre a estabilidade do  
camarão cinza submetido à defumação líquida / Caroliny Santana dos  
Santos. – 2021.  
63 f. : il.

Orientador: Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, Recife, BR-PE, 2021.  
Inclui bibliografia.

1. Camarões (Animal) 2. Alimentos congelados 3. Refrigeração  
4. Fumaça 5. Defumação 6. Processamento 7. Preservação de  
alimento 8. Alimentos - Armazenamento I. Oliveira Filho, Paulo  
Roberto Campagnoli de, orient. II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**EFEITO DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO SOBRE A  
ESTABILIDADE DO CAMARÃO CINZA SUBMETIDO À DEFUMAÇÃO  
LÍQUIDA**

**Por** Caroliny Santana dos Santos

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 20/08/2021 pelo  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento  
em sua forma final.

Banca Examinadora:

---

Prof/a Dr/a. Neila Mello dos Santos Corte  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof/a Dr/a. Daniele Silva Ribeiro  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof/a Dr/a. Erilane de Castro Lima Machado  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que é o autor e consumidor da minha fé, sem “Ele” essa realização não seria possível. Ele tem estado comigo desde o nascimento do sonho até a concretização do mesmo.

À minha mãe, Maura Helena Santana dos Santos (in memoriam), que perdi durante o decorrer do Mestrado. Para ela não foi possível ver a concretização desse sonho, no entanto, só pude chegar até aqui pelos seus ensinamentos de força e perseverança, e principalmente pelo exemplo de mulher de fé que ela foi para mim. Ao meu pai, Edvaldo Tiburcio dos Santos que foi o maior incentivador desse sonho, apoiou não só com palavras, mas também financeiramente para que eu pudesse estudar já que não recebi bolsa inicialmente. Ele me fez gostar dos estudos desde a infância, e também, a não parar mesmo em circunstâncias adversas. Aos meus queridos irmãos, Gabriela Santana dos Santos, Ricardo Tiburcio dos Santos e Luana Cristina de Santana e ao meu namorado, Victor Augusto dos Ramos Carvalho que me cercaram de amor e força.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Roberto Campagnoli Oliveira Filho, pelos ensinamentos, incentivo, suporte e paciência, ao longo de todo o desenvolvimento da pesquisa e do curso. Com ele, pude desenvolver meus conhecimentos na área pesqueira que foi muito significativo para minha formação acadêmica.

A querida Profa. Dra. Neide Kazue Sakugawa Shinohara, pelo apoio, incentivo e disponibilidade. Agradeço por conceder seu tempo para me ensinar pessoalmente técnicas microbiológicas, foi muito expressivo, guardarei por toda a vida. À querida técnica de laboratório, Ângela Lima pelo apoio, incentivo e auxílio dentro e fora do laboratório.

À amiga Indira Maria Estolano Macedo que me apoiou de forma ímpar desde o início do curso até a realização do experimento, e segue sendo uma excelente amiga. A querida Maria Karoline que também me deu suporte durante o curso e a realização do experimento.

Aos professores do curso de pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRPE pelas contribuições no meu desenvolvimento acadêmico, assim como os professores da banca examinadora, por todas as contribuições e correções na dissertação.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos e a UFRPE pela oportunidade de obter o título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

## RESUMO

O camarão cinza, *Litopenaeus vannamei*, é um pescado de alto valor econômico e nutricional, porém com rápida deterioração devido a presença de compostos nitrogenados não proteicos e alta atividade da água. Assim, o uso de tecnologias que aumentem o prazo de validade comercial deste produto e agreguem valor como a defumação devem ser estudados. A principal forma de defumação de pescado é a tradicional à quente. No entanto, a defumação líquida possui algumas vantagens em relação a defumação tradicional, como: fácil aplicação, processamento rápido, baixo custo e menor deposição de contaminantes da fumaça. Porém, para o uso comercial, é necessário o conhecimento da vida útil do camarão defumado com fumaça líquida em diferentes temperaturas de armazenagem. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da temperatura de armazenamento (refrigeração a  $4 \pm 2$  °C ou congelamento a  $-18 \pm 2$  °C) sobre a estabilidade físico-química e microbiológica do camarão cinza defumado com fumaça líquida, durante 60 dias de armazenagem. Os ensaios físico-químicos foram monitorados através do pH, atividade de água (aw), capacidade de retenção de água (CRA), umidade, oxidação lipídica (TBARS), bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT), cor CIE  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade de cor vermelha a verde),  $b^*$  (intensidade de cor azul a amarela), dureza e coesividade. O controle microbiológico foi verificado por meio das análises de contagem total de aeróbios psicotróficos, bolores e leveduras, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp.* O camarão refrigerado apresentou maior diminuição da umidade (37 g/100 g) em relação ao congelado (47 g/100 g); diminuição da aw (0,93 - congelado e 0,90 - refrigerado) e cor  $L^*$  (45 - congelado e 37 - refrigerado),  $a^*$  (13,5 - congelado e 10,3 - refrigerado) e  $b^*$  (26,4 - congelado e 20,3 - refrigerado); aumento da CRA (94% - congelado e 97,45% - refrigerado), coesividade (0,21 - congelado e 0,31 - refrigerado), dureza (24N - congelado e 39,9N - refrigerado), TBARS (0,6 mg malonaldeído/kg - congelado e 0,8 mg malonaldeído/kg - refrigerado), TVB-N (13 mgN/100g - congelado e 28,12 mgN/100g - refrigerado) e pH (7,25 - congelado e 8,3 - refrigerado) atingindo o máximo permitido pela legislação no 15<sup>a</sup> dia de armazenagem. A qualidade microbiana de ambos esteve dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira (Brasil, 2019 a, b, c). Dessa forma, os camarões defumados com fumaça líquida apresentam boas características físico-químicas e microbiológicas durante 60 dias de armazenagem congelado ( $-18$  °C) e 15 dias quando refrigerado ( $-4$  °C).

**Palavras-chave:** *Litopenaeus vannamei*, congelamento, fumaça líquida, refrigeração.

## ABSTRACT

The Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, is known as having high economic and nutritional value, but with rapid deterioration due to the presence of non-protein nitrogenous compounds and high-water activity. Thus, the use of technologies that increase the commercial shelf life of this product and add value such as, smoking, should be studied. The main form of smoking fish is the traditional hot. Nevertheless, liquid smoking has some advantages over traditional smoking, such as easy application, fast processing, low cost, and less deposition of smoke contaminants. However, for commercial use, knowledge of the shelf life of smoked shrimp with liquid smoke at different storage temperatures is necessary. Therefore, the study aimed to evaluate the effect of storage temperature (refrigeration at  $4 \pm 2$  °C or freezing at  $-18 \pm 2$  °C) on the physicochemical and microbiological stability of the smoked Pacific white shrimp with liquid smoke for 60 days of storage. The physicochemical tests were monitored by: pH, water activity (aw), water holding capacity (WHC), moisture, lipid oxidation (TBARS), total volatile nitrogen bases (TVB-N), color CIE L\* (luminosity), a\* (red to green color intensity), b\* (blue to yellow color intensity), hardness and cohesiveness. Microbiological stability was monitored by analyzing the total counts of psychrotrophic aerobics, molds and yeasts, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella sp.* The refrigerated shrimp showed a greater decrease in moisture (37 g/100 g) compared to the frozen (47 g/100 g); decrease in aw (0.93 - frozen and 0.90 - refrigerated) and color L\* (45 - frozen and 37 - refrigerated), a\* (13.5 - frozen and 10.3 - refrigerated) and b\* (26, 4 - frozen and 20.3 - refrigerated); increase in CRA (94% - frozen and 97.45% - refrigerated), cohesiveness (0.21 - frozen and 0.31 - refrigerated), hardness (24N - frozen and 39.9N - refrigerated), TBARS (0.6 mg malonaldehyde/kg - frozen and 0.8 mg malonaldehyde/kg - refrigerated), TVB-N (13 mgN/100g - frozen and 28.12 mgN/100g - refrigerated) and pH (7.25 - frozen and 8.3 - refrigerated) reaching the maximum allowed by legislation on the 15th day of storage. The microbial quality of both was within the standards required by Brazilian legislation (Brasil, 2019 a, b, c). Thus, shrimp smoked with liquid smoke have good physicochemical and microbiological characteristics during 60 days of storage frozen ( $-18$  °C) and 15 days refrigerated ( $-4$  °C).

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*, freezing, liquid smoke, refrigeration.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Valor do pH durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 2** - Teor de umidade (g/100 g) durante o armazenamento (60 dias) sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) do camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 3** - Valor da atividade de água durante o armazenamento (60 dias) sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) do camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 4** - Valor da capacidade de retenção de água durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 5** - Valor da dureza (A) e coesividade (B) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 6** - Valor da cor Cie Lab – L\* (A), a\* (B) e b\* (C) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às

estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 7** - Valor do TBARS (mg malonaldeído/Kg) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

**Figura 8** - Valor das bases nitrogenadas voláteis totais (mgN/100g) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.....

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Valores (média  $\pm$  desvio padrão) das análises físicas (pH, umidade, CRA, dureza, coesividade e cor L\*, a\*, b\*), químicas (aw, TBARS e TVB-N) e microbiológicas (*Escherichia coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva, mesófilos, psicrotróficos, bolores e leveduras e *Salmonella sp.*) do camarão fresco (*Litopenaeus vannamei*) .....

**Tabela 2** - Resumo das análises da relação entre as variáveis de resposta (Y) e o período de armazenamento resfriado e congelado (t) para cada tratamento em relação à temperatura. Os modelos selecionados, R<sup>2</sup> ajustado, valor de p (teste de Fisher) estão mostrados nas três colunas a direita .....

**Tabela 3** - Análises microbiológicas do camarão (*Litopenaeus vannamei*) defumado com fumaça líquida e armazenados por até 60 dias sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18°C) .....

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	PROBLEMA DA PESQUISA E HIPÓTESE.....	11
3	REVISÃO DE LITERATURA .....	12
3.1	Produção e Consumo do Pescado .....	12
3.2	Camarão cinza ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) .....	14
3.3	Defumação .....	16
3.3.1	Defumação tradicional à quente .....	17
3.3.2	Defumação a frio.....	18
3.3.3	Defumação líquida .....	19
3.4	Qualidade do Camarão .....	20
	REFERÊNCIAS .....	23
	Efeito da temperatura de armazenamento sobre a estabilidade do camarão ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) submetido à defumação líquida.....	30
	Resumo .....	30
	Aplicações práticas .....	30
	Destaques.....	31
1	INTRODUÇÃO .....	31
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	33
2.1	Reagentes, ingredientes e aditivos .....	33
2.2	Amostras de camarões.....	34
2.3	Salga .....	34
2.4	Defumação líquida .....	34
2.5	Planejamento Experimental .....	35
2.6	Métodos de análises .....	35
2.6.1	Análises físico-químicas.....	35
	Aferição do pH .....	35
	Teor de umidade .....	36
	Atividade de água (aw).....	36
	Capacidade de retenção de água .....	36
	Perfil de textura Instrumental (TPI) .....	37
	Características de cor .....	37
	Oxidação lipídica .....	37
	Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) .....	37

2.6.2   Análises microbiológicas .....	38
2.6.3   Análise estatística.....	38
3   RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.1   Análises de qualidade das amostras de camarões frescos.....	39
3.2   Influencia da temperatura de armazenamento nas características físicas dos camarões defumados .....	42
3.2.1   pH.....	42
3.2.2   Teor de umidade .....	44
3.2.3   Atividade de água .....	46
3.2.4   Capacidade de retenção de água .....	47
3.2.5   Textura instrumental.....	49
Dureza e coesividade .....	49
3.2.6   Cor instrumental – $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ .....	51
3.2.7   Oxidação lipídica (TBARS) .....	53
3.2.8   Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT).....	54
3.3 Análises Microbiológicas.....	55
4   CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos alimentos mais importantes na dieta humana é a carne de pescado devido à boa quantidade de proteínas, lipídeos, minerais e vitaminas (SANTOS et al., 2017). Seu consumo traz benefícios à saúde, pois eles são uma das principais fontes alimentares de ácidos graxos ômega-3, importantes para a saúde humana, bem como para o desenvolvimento dos olhos, cérebro e sistema nervoso (CONNELLY et al., 2018). O camarão é uma boa fonte de proteína, apresentando baixo teor de calorias e gorduras saturadas, tornando-o uma escolha muito saudável (BONO et al., 2012).

Os camarões são commodities fortemente negociadas e representam o segundo principal grupo de espécies de pescado exportadas em termos de valor comercial, ficando atrás apenas da produção do salmão. Os maiores produtores são os países da América Latina, leste e sudeste da Ásia, enquanto o consumo ocorre principalmente nos países desenvolvidos (FAO, 2018). No Brasil, a produção de camarão é concentrada principalmente na Região Nordeste, sendo os maiores produtores nacionais os estados do Ceará e Rio Grande do Norte (IBGE, 2018).

O camarão cinza, *Litopenaeus vannamei* é uma espécie comercialmente importante em todo o mundo devido ao seu alto valor nutricional e às crescentes demandas do mercado (ZHAO et al., 2018). Esta espécie demonstra alta adaptabilidade às condições climáticas devido à sua rusticidade, rapidez no crescimento, ampla faixa de tolerância à salinidade e capacidade em aproveitar dietas com níveis proteicos variando entre 20 a 40% (NATORI et al., 2011). No entanto, os camarões são organismos que se deterioram rapidamente, por apresentar compostos nitrogenados não proteicos e alta atividade da água (NAIMEH et al., 2017). De tal modo, tecnologias são usadas para aumentar prazo de validade comercial deste produto, tais como: controle de temperatura e umidade e inibição de atividade microbiana. A defumação se mostra como uma alternativa para fornecer essas características.

A defumação é um método tradicional de processamento e conservação de alimentos, que combina os efeitos da cura, secagem e aquecimento (HUANG et al., 2019). O efeito conservante ocorre por ação de compostos antimicrobianos (fenóis e formaldeídos) e antioxidantes (4 metilguaiacol e 4 vinilguaiacol) presentes na fumaça (ALÇIÇEK et al., 2010), assim como, pela diminuição da atividade de água que reduz o desenvolvimento microbiano (ADEYEYE et al., 2016), e é capaz de fornecer perfil sensorial específico, melhorando o sabor, cor, textura e odor dos alimentos (YANG & CHIANG, 2019).

As duas principais formas de defumação de alimentos são a tradicional à quente e a frio (ADEYEYE et al., 2016). No entanto, existem preocupações crescentes com a fumaça da madeira e a incapacidade de controlar a temperatura de defumação, resultando na liberação de substâncias tóxicas como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e fenóis (AKINTOLA et al., 2013). Nas últimas décadas, a defumação líquida vem ganhando espaço como alternativa à defumação tradicional a quente e a frio, por ser de fácil aplicação, apresentar menor tempo de processamento, menor custo, menor poluição ambiental e menor deposição de contaminantes da fumaça (ALÇIÇEK, 2011).

A qualidade dos produtos pesqueiros é relevante, pois, a segurança alimentar e a garantia de qualidade são as principais questões envolvidas na indústria pesqueira no que se refere à nutrição e saúde humana. Quando o pescado morre, o número de organismos deterioradores específicos aumenta gradualmente e se espalha para vários tecidos (SENAPATI & SAHU, 2020). Dessa forma, existem parâmetros na legislação vigente que determinam as características que o pescado deve apresentar. No caso do camarão, existem parâmetros microbiológicos para: *Salmonella sp.*, *Estafilococos coagulase positiva*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*. Além da contagem bacteriana, a qualidade do peixe também é determinada pela concentração de bases nitrogenadas voláteis e pH (BRASIL, 2019c). Ademais, outras análises físico-químicas podem ser realizadas em ordem a caracterizar o camarão fresco e defumado, tais como, atividade de água, umidade, perfil de textura, cor, capacidade de retenção de água e oxidação lipídica.

Dado o exposto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do armazenamento em temperatura de refrigeração (4 °C) e de congelamento (-18 °C) sobre a estabilidade físico-química e microbiológica do camarão cinza submetido à defumação líquida.

## **2 PROBLEMA DA PESQUISA E HIPÓTESE:**

### *Problema de pesquisa*

A defumação líquida combinada ao resfriamento proporciona ao camarão prazo de validade comercial semelhante ao observado para o camarão sob defumação líquida armazenado congelado?

### *Hipótese*

A defumação líquida combinada ao resfriamento proporciona ao camarão prazo de validade comercial semelhante ao observado para o camarão sob defumação líquida armazenado congelado.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Produção e Consumo do Pescado

O pescado é a commodity alimentar mais globalizada, com diversos sistemas de produção, envolvendo milhares de espécies que são pescadas ou cultivadas, processadas em diversas formas de produtos (FAO, 2018). No período de 1961–2017, o crescimento anual global do consumo de pescado tem sido, aproximadamente, duas vezes maior (3,1 %) que o crescimento populacional (1,6 %), demonstrando a importância do setor pesqueiro. Já em 2018, a produção total de pescado de captura mundial atingiu o nível mais alto já registrado, com 96,4 milhões de toneladas (FAO, 2020).

A produção pesqueira é dividida em duas principais atividades: pesca extrativa e aquicultura. A pesca extrativa se baseia na retirada de recursos pesqueiros do ambiente natural, e a aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos, tais como peixes, crustáceos, moluscos, algas, répteis e qualquer outra forma de vida aquática de interesse econômico produtivo, normalmente em um espaço confinado e controlado. Essa atividade produtiva se divide em modalidades variadas: piscicultura (criação de peixes), carcinicultura (criação de camarões), ranicultura (criação de rãs), malacocultura (criação de moluscos, ostras e mexilhões), algicultura (cultivo de algas), quelonicultura (criação de tartarugas e tracajás) e criação de jacarés (SCHULTE & VIEIRA FILHO, 2017).

Em termos de pesca extrativa, os maiores produtores globais em 2017 foram: China (15%), Indonésia (7%), Peru (7%), Índia (6%), Rússia (5%), Estados Unidos (5%) e Vietnã (3%). Já para a aquicultura, os maiores produtores foram a Ásia (42%), África (17,9%), Europa (17,7%), Américas (15,7%) e Oceania (12,7%) (FOGAÇA, 2020).

Em termos de captura marinha, os maiores produtores globais em 2018 foram: China (15%), Peru (8%), Indonésia (8%), Rússia (6%), Estados Unidos (6%), Índia (4%), Vietnã (4%) e Japão (4%). Já para a pesca de captura no interior, em termos de continentes produtores, os maiores produtores foram a Ásia (66%), África (25%), Europa (3%), América do Sul (3%), América do Norte (2%) e Oceania (0%) (FAO, 2020).

Para vias de definição, o termo pescado abrange, segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA), por meio do Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017: peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, répteis, equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana (BRASIL, 2017b). O consumo global de pescado chegou a 20,5 kg per capita/ano em 2018, já o

consumo *per capita* de pescado cresceu de 9,0 kg (peso vivo equivalente) em 1961 a 20,5 kg em 2018, cerca de 1,5 % ao ano (FAO, 2020).

É estimado que a produção mundial de pescado tenha alcançado cerca de 179 milhões de toneladas em 2018. Dessa soma, 156 milhões de toneladas foram usadas para consumo humano (88%), o equivalente a um consumo estimado de 20,5 kg per capita/ano. Os 12% restantes foram utilizados para fins não alimentares, principalmente usados para a elaboração de farinhas e óleos de peixes. Em 2018, o peixe vivo, fresco ou refrigerado ainda representava a maior parte do peixe utilizado para o consumo humano direto (44%). Em termos per capita, projeta-se que o consumo mundial de pescado atinja 21,5 kg em 2030 e espera-se que cerca de 59% do pescado disponíveis para consumo humano sejam provenientes da aquicultura (FAO, 2020). Contudo, a aquicultura deve continuar a crescer se a segurança alimentar global e, em particular, a o suprimento de proteínas e micronutrientes de alta qualidade for mantido (PEELER & ERNST, 2019).

A expansão do consumo de pescado tem sido impulsionada não apenas pelos aumentos na produção, mas também por uma combinação de muitos outros fatores, tais como: desenvolvimento tecnológico aumento da renda em todo o mundo, reduções em perdas e desperdícios e aumento da conscientização sobre os benefícios do consumo de pescado para a saúde humana (FAO, 2020).

No Brasil, a referência histórica no desenvolvimento do setor pesqueiro começou no início do século XX com a formação do Estado nacional e o estabelecimento da marinha de guerra brasileira (VALE & COSTA, 2018).

O Brasil já foi estimado pela FAO, como o país com maior potencial para o desenvolvimento aquícola, conferindo uma produção esperada de 20 milhões de toneladas ao ano a serem produzidas até 2030. Entretanto, a produção atual brasileira ainda não reflete esse potencial. No cenário mundial, entre os países produtores de pescado, a China se destaca liderando o ranking, sendo responsável por mais de 45 milhões de toneladas (SCHULTE & VIEIRA FILHO, 2017). Segundo dados obtidos pela FAO (2021), em 2017 a produção aquícola no Brasil concebeu 45,8% da produção total de pescado nacional. Porém, mesmo com enorme potencial, o Brasil ainda contribui pouco para a produção global pesqueira.

No Brasil, a atividade aquícola acontece de norte a sul. Entre 2014 e 2018, a produção aquícola brasileira cresceu 0,57% ao ano. Nessa ocasião, o Nordeste perdeu participação percentual no volume de produção de pescado criado em cativeiro no País. Por outro lado, o Sul que entre 2014 e 2015 era o terceiro maior produtor nacional,

apresentou elevada taxa de crescimento, ultrapassando o volume de produção do Norte e do Nordeste a partir de 2016 (VIDAL & XIMENES, 2019). Em 2016, atingiu um valor monetário de produção de R\$ 4,61 bilhões, com a maior parte (70,9 %) oriunda da criação de peixes, seguida pela criação de camarões (19,3 %) (IBGE, 2016). Em 2018, a produção absoluta foi de 519,3 mil toneladas, aumento de 3,4% em relação ao ano anterior, o que gerou um valor de produção de R\$ 3,3 bilhões (IBGE, 2018).

Em muitas regiões brasileiras, a pesca é a principal fonte de renda e suprimento de alimentos para a população local, além de ser uma importante atividade recreativa (SCHORK et al., 2020). No entanto, enquanto a média mundial para o consumo de pescado é superior a 20 kg/hab/ano, no Brasil, esse consumo ainda é baixo, estando atualmente com o estimado em 10 kg/hab/ano. Esse valor é abaixo do preconizado pela FAO como ideal que é 12 kg/hab/ano (PEIXE BR, 2019).

O pescado em geral tem um papel decisivo na nutrição e segurança alimentar global, pois representa uma fonte valiosa de nutrientes para dietas diversificadas e saudáveis (FAO, 2020). A sua carne proteínas de alta digestibilidade, bom balanço de aminoácidos essenciais, além de ácidos graxos poli-insaturados da família ômega 3 e 6. Além disso, o consumo de pescado reduz o risco ataques cardíacos, diminui a incidência de doenças cardiovasculares e pressão alta, incidência de sintomas depressivos e mal de Alzheimer (NORMAN, 2019). O consumo de cerca de 113 g de camarão por dia representa 47,4% das necessidades diárias de proteína para os seres humanos (AKUAMOAH et al., 2018). No período entre 1961-2017, a taxa média de crescimento anual do consumo total de pescado ultrapassou a de todas as outras proteínas animais (carne, ovos, leite, etc.), demonstrando que o setor pesqueiro é importante para atingir a meta da FAO que é combater a fome e a desnutrição (FAO, 2020).

### **3.2 Camarão cinza (*Litopenaeus vannamei*)**

O camarão cinza (*Litopenaeus vannamei*) está entre as espécies de pescado mais cultivadas no mundo, com 53% da produção aquícola de crustáceos em 2017 (VIDAL & XIMENES, 2019). A parte cárnea do camarão é responsável por 48% total, o cefalotórax é composto por aproximadamente 39%, enquanto que o exoesqueleto contribui com aproximadamente 11% e a cauda 2,3%. Sua composição química apresenta aproximadamente 77,2% de umidade, 18,8% de proteínas, 1,3% de lipídios e 1,5% de cinzas (DANG et al., 2018).

O *Litopenaeus vannamei* é nativo da América Central e América do Sul na costa oeste do Oceano Pacífico (DAI et al., 2020). É o mais amplamente cultivado, devido ao seu rápido crescimento, resistência as doenças, adaptabilidade ao cultivo de alta densidade (LIU et al., 2020), alta taxa de sobrevivência, alta eficiência de produção nas fases larvais e de crescimento, apresenta possibilidade de produção livre de patógenos específicos e reprodutores resistentes a patógenos específicos e alta tolerância à ampla faixa de temperatura (MIRZAEI et al., 2021). Além de tolerar uma ampla variedade de salinidades (1 a 40 g / L), sua tolerância à baixa salinidade e a disponibilidade de pós-larvas ao longo do ano tornam este camarão muito popular por seu cultivo em águas de baixa salinidade (VALENCIA-CASTANEDA et al., 2018).

A criação de camarão marinho é um dos setores de produção animal de mais rápido crescimento no mundo (COZER et al., 2019), sendo uma importante fonte de receita cambial para vários países em desenvolvimento da Ásia e da América Latina (FAO, 2018). Aproximadamente 50% dos camarões consumidos no mundo (aproximadamente 4.000.000 mt/ano) são derivados da aquicultura (FAO, 2016), embora as capturas de camarões selvagens contribuam com grandes volumes para o suprimento total (FAO, 2018). No Brasil, a produção de camarão em cativeiro foi de 45,8 mil toneladas em 2018, aumento de 11,4% em relação a 2017 (IBGE, 2018).

A criação de camarões no Brasil é uma das principais atividades produtivas da aquicultura nacional, sendo o maior produtor das Américas (COZER et al., 2019). A carcinicultura brasileira se desenvolveu com a introdução do *Litopenaeus vannamei* nos últimos anos da década de 1970 no Rio Grande do Norte (RN), quando duas empresas produtoras de sal em Macau converteram parte de suas lagoas de evaporação em lagoas de cultivo de camarões (CAMARA, 2020).

A Região Nordeste é a responsável por quase toda a produção do País, com 99,4% do total nacional, com destaque para o Rio Grande do Norte, que foi responsável em 2018 por 43,2% da produção e passou a liderar o ranking dos estados em 2017. Além do Rio Grande do Norte, o Ceará, que já foi o maior produtor, é atualmente responsável por 28,5% da produção nacional. No ano de referência o valor de produção da carcinicultura nacional atingiu R\$ 1,1 bilhão. Pendências-RN se tornou líder no ranking dos 162 municípios que produziram camarão em 2018, seguido por Aracati-CE, Canguaretama-RN e Arês-RN (IBGE, 2019).

No Brasil, o *Litopenaeus vannamei* se adaptou muito bem às condições da região nordeste (CARVALHO & MARTINS, 2017), onde, a produção comercial, apresentou

desenvolvimento rápido. O Brasil possui aproximadamente 2.500 fazendas dedicadas ao cultivo de camarão. Dessas fazendas, 74% são classificadas como pequenas (até 10 ha), 23% como médias (maior que 10 ha e menor que 50 ha) e 3% são consideradas grandes (maiores que 50 ha). A maioria dessas fazendas adota regimes de produção intensivos e semi-intensivos, o que explica a alta produtividade média (3.500 kg/ha) das empresas instaladas no país (COZER et al., 2019).

A queda significativa da produção de camarão no Ceará a partir de 2015 está relacionada com a ocorrência do vírus da mancha branca. Essa doença está presente em todos os países produtores e tem causado grande prejuízo econômico à indústria mundial de camarão. O Brasil foi um dos últimos países a ter sua produção impactada pelo vírus da mancha branca. Apesar da doença estar presente no Sul do País há mais de 13 anos, apenas a partir de 2015 começou a afetar a produção do Rio Grande do Norte e Ceará (VIDAL & XIMENES, 2019).

A criação brasileira de camarão promove uma complexa cadeia de produção, processamento e distribuição, envolvendo empresas, produtoras de pós-larvas, insumos, equipamentos, consultoria técnica, logística e marketing, que confere um papel socioeconômico notável no cenário nacional de produção. Portanto, além dos benefícios financeiros diretos, a produção de camarão pode ajudar a promover a inclusão e o desenvolvimento social nas áreas rurais, além de ser fonte de emprego (direto e indireto) e de produtos de alto valor agregado (COZER et al., 2019).

Praticamente toda a produção nordestina de camarão cultivado é absorvida pelo mercado interno. Em 2017 não houve exportação do produto pelo Nordeste, enquanto que em 2018, o volume exportado de camarão foi inferior a uma tonelada. A maior parte do consumo de camarão no Brasil ainda se dá pelo "mercado institucional", composto por bares, restaurantes e hotéis e em segundo lugar pelas peixarias e outros pontos de venda. Um pequeno grupo de empresas de maior porte comercializa o produto com marca própria diretamente para supermercados e restaurantes (VIDAL & XIMENES, 2019).

### **3.3 Defumação**

A defumação como método de preservação de alimentos, tem sido utilizado desde tempos remotos, se tornando um dos processos mais antigos de preservação de alimentos. A carne de pescado defumada abrange a difusão de produtos voláteis originários da combustão da madeira concedendo ao produto defumado aroma, cor e sabor característicos (MASTANJEVIC et al., 2019). O processo de defumação utiliza três

parâmetros principais: salga, temperatura e fumaça, e a preservação é garantida pelas propriedades antioxidantes e antimicrobianas das moléculas, como os compostos fenólicos gerados pela combustão combinada com a temperatura e as condições da defumação, que podem reduzir o crescimento microbológico e a oxidação lipídica (DA SILVA SANTOS et al., 2017). Outra razão pela qual o processo de defumação permite a conservação dos alimentos é que ele proporciona uma redução na atividade de água (YANG & CHIANG, 2019).

O Decreto Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017, define produtos defumados como produtos cárneos que, após o processo de cura, são submetidos à defumação, para lhes dar odor e sabor característicos, além de um maior prazo de vida comercial por desidratação parcial. A defumação deve ser feita em estufas construídas para essa finalidade e realizada com a queima de madeiras não resinosas, secas e duras, sendo permitida a defumação à quente ou a frio (BRASIL, 2017a).

### **3.3.1 Defumação tradicional à quente**

Na defumação tradicional à quente, o calor e a fumaça são gerados pela queima direta de madeiras ou com serragem. A temperatura de defumação no processo tradicional varia entre 60 a 85 °C, o que exige o controle da temperatura e da umidade relativa do ar. Este tipo de defumação é recomendado para embutidos frescos, que secaram previamente alguns dias até alcançar um tom levemente avermelhado. O sabor destes produtos é mais intenso e forte, e o brilho é consequência de gordura exsudada. A defumação a quente completa o processo de cura, quanto à fixação de cor (NASSU, 2021).

É permitido no processo de defumação tradicional a injeção direta de salmoura na carne de peixe como uma etapa do processo de salga. As condições de armazenamento devem obedecer a uma temperatura máxima de 4°C para peixe defumado resfriado; e mínima de -12°C para peixe defumado congelado (BRASIL, 2017b).

Os principais responsáveis pelo sabor, cor e propriedades antimicrobianas do produto defumado são os compostos presentes na fumaça (FRAQUEZA et al., 2020). A fumaça da madeira contém até 1.100 compostos químicos que têm diferentes funções e efeitos no processo de defumação. Os principais componentes incluem: compostos fenólicos (guaiacol, cresóis, xilenóis e timol) com fortes propriedades antimicrobianas, fungicidas e antioxidantes; ácidos carboxílicos (ácido fórmico e acético); e muitos outros compostos (isto é, formaldeído, acetofenona, acetol, vanilina e cicloeteno) que são desejáveis pelo sabor e cor e são bactericidas (MALESA-CIEĆWIERZ et al., 2019). A

quantidade de fumaça depositada sobre o produto depende de sua densidade, da velocidade do ar na estufa, da umidade relativa da estufa e da superfície do produto a ser defumado, pois quanto mais densa é a fumaça, maior a deposição (NASSU, 2021).

Entretanto, a combustão incompleta da madeira durante o processo de defumação pode resultar em quantidades significativas de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), alguns dos quais exibem propriedades carcinogênicas e mutagênicas. Os HAPs representam aproximadamente 600 compostos contendo dois ou mais anéis aromáticos condensados (benzeno), compreendendo apenas átomos de carbono e hidrogênio. Além de ser perigosa para a saúde humana por meio de alimentos, a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) definiu o HAP16, um grupo de 16 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (naftaleno (Nap), acenaftileno (Anl), acenafteno (Ane), fluoreno (Flu), antraceno (Ant), fenantreno (Phen), fluoranteno (Flt), benzo [a] antraceno (BaA), pireno (Pir), criseno (Chry), benzo [b] fluoranteno (BbF), benzo [k] fluoranteno (BkF), benzo [a] pireno (BaP), dibenzo [a, h] antraceno (DahA), benzo [g, h, i] perileno (BghiP) e indeno [1,2,3-cd] pireno (InP)), como poluentes ambientais prioritários. Os HAP são dissipados da água e do solo pela ação da luz solar através de microrganismos durante um período de uma semana a um mês. No entanto, alguns HAPs podem permanecer no solo, nas águas subterrâneas e nos sedimentos de rios, lagos e mares por anos (MASTANJEVIC et al., 2019).

### **3.3.2 Defumação a frio**

Na defumação a frio, a fumaça fria (temperatura entre 25 a 35°C) é obtida pela queima lenta de lascas de madeira ou serragem. Para se obter a temperatura desejada, é preciso uma fonte adicional de calor, que pode ser gás de cozinha ou propano. Por utilizar baixas temperaturas, para alcançar o efeito ótimo sobre o produto, é necessário um período médio de um a seis dias. A defumação a frio é aconselhável para uma grande variedade de embutidos frescos, que perderam grandes quantidades de água na secagem, e que devem ser armazenados por muito tempo, como no caso de presuntos frescos e salames. Neste processo, tem-se maior perda de peso, compensada por uma vida de prateleira mais longa, maior penetração da fumaça e cor mais uniforme. Exige-se maior controle da umidade, para combater os fungos, e é necessária a aplicação de conservantes como o sorbatos (HUANG et al., 2019).

### 3.3.3 Defumação líquida

Na defumação líquida a fumaça tradicional é substituída por fumaça líquida. A fumaça líquida é gerada por meio da combustão controlada de partículas de madeira e a fumaça é condensada pela água (NITHIN et al. 2020). O condensado de fumaça de madeira e água é coletado e, em seguida, a solução é filtrada para remover materiais perigosos para a saúde, como óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos que são conhecidos por serem cancerígenos. A fumaça líquida dá a possibilidade de um processo contínuo e gerenciável (ERBAY & KOCA, 2013). Dessa forma, este material contém os principais componentes da fumaça, como compostos fenólicos, compostos de carbonila e ácidos orgânicos que fornecem cor e sabor da fumaça e tem propriedades antioxidantes, antimicrobianas e resistentes à corrosão (ZENG et al. 2021)

O uso de fumaça líquida ou aromas de fumaça na indústria de alimentos vem ganhando importância devido à sua conveniência de uso combinada com baixo teor de HAP, sem comprometer o sabor e as propriedades conservantes da fumaça. A fumaça líquida é aplicada nos alimentos por pulverização, imersão ou mistura (NITHIN et al., 2020). Este tipo de defumação, em relação ao método tradicional, é muito promissor, por ser um processo mais limpo, proporcionando menor poluição ambiental, utiliza ampla variedade de fumaças, ocasionando maior uniformidade de cor e sabor, maior deposição de substâncias antioxidantes e antimicrobianas e menor deposição de compostos cancerígenos como hidrocarbonetos e benzopirenos (OLIVEIRA FILHO et al., 2018).

A composição da fumaça líquida comercial é muito variável, pois depende principalmente da fonte de fumaça (madeira utilizada). Informações sobre os componentes que constituem a fumaça líquida são muito importantes para estabelecer relações entre suas propriedades sensoriais com a estabilidade de sua estocagem e com o produto final defumado (GONÇALVES & PRENTICE-HERNÁNDEZ, 1998).

Para a defumação do pescado, a fumaça líquida pode ser aplicada diretamente na salmoura ou na superfície da matéria-prima. Diluída na salmoura, proporciona a penetração do sabor no interior dos tecidos do pescado, enquanto a aplicação superficial, por aspersão ou atomização, produz sabor agradável, além de coloração dourada e brilhante em sua superfície (SCHINDLER, 1997). Entretanto, o produto de melhor qualidade só será obtido se parâmetros como temperatura, umidade relativa e concentração de fumaça líquida, bem como o tempo de defumação, estiverem em proporções adequadas ao tipo e tamanho do pescado exposto. Além disso, para aumentar

a validade comercial do produto, também devem ser levadas em consideração as condições de higiene durante o processamento, assim como o local de estocagem e da embalagem utilizada (GONÇALVES & PRENTICE-HERNÁNDEZ, 1998).

### 3.4 Qualidade do Camarão

Dentre os produtos de origem animal, o pescado é o mais susceptível ao processo de deterioração, devido à associação de fatores intrínsecos e extrínsecos tais como: elevada atividade de água, composição química, teor de gorduras, pH próximo da neutralidade, temperatura (SOARES & GONÇALVES, 2012), grande número de nutrientes como proteínas, peptídeos funcionais, gorduras insaturadas e minerais (PAN et al., 2019).

Como frutos do mar frescos, o camarão é altamente perecível e tem vida útil curta, o que requer cuidados especiais para prevenir a deterioração bioquímica e microbiana que ocorre durante o armazenamento e distribuição (HATAB et al., 2018). O camarão cinza (*Litopenaeus vannamei*), permanece altamente perecível na pós-colheita, a qualidade diminui, principalmente pela ação de microrganismos deteriorantes (YANG et al, 2017). Isso porque, o camarão contém grandes quantidades de aminoácidos livres que contribuem para a deterioração microbiológica. Além da possibilidade de sofrer de mancha preta (melanose) devido à atividade do polifenol oxidase (ALOTAIBI et al., 2018). Geralmente, durante o manuseio da captura (*post mortem*), ocorre a deterioração da sua qualidade, que é causada principalmente por contaminação microbiana e enzimas autolíticas (ZHANG et al., 2017).

Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), na avaliação dos atributos de frescor do pescado, respeitadas as particularidades de cada espécie, devem ser verificadas as seguintes características sensoriais para os crustáceos: aspecto geral brilhante, úmido; corpo em curvatura natural, rígida, artículos firmes e resistentes; carapaça bem aderente ao corpo; coloração própria da espécie, sem qualquer pigmentação estranha; olhos vivos, proeminentes; odor próprio e suave; e lagostas, siris e caranguejos, estarem vivos e vigorosos (BRASIL, 2017a).

Além dos aspectos físico-químicos, o crescimento microbiano é outro parâmetro importante para a determinação da vida de prateleira e da qualidade dos alimentos aquáticos. Foi relatado que cerca de 25 –30% dos produtos agrícolas e pesqueiros primários brutos são perdidos, e essa perda está correlacionada com atividades microbianas (PAN et al.,2019). A avaliação microbiológica é um parâmetro importante

para o conhecimento das condições higiênicas sanitárias as quais o alimento é exposto, determinando os riscos que podem oferecer a saúde da população. Fungos e bactérias possuem relevância quanto à contaminação e deterioração de alimentos, bem como causam danos à saúde dos consumidores, devido à produção de toxinas (JAY, 2005; ALMEIDA et al., 2011).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) constatou que as infecções bacterianas constituem a maior proporção das doenças transmitidas por pescado. Essas infecções são devidas à contaminação direta do produto pela água contaminada, ou secundária durante a descarga, processamento, armazenamento, distribuição ou seu preparo para consumo. A avaliação microbiológica permite verificar as condições de higiene na qual o alimento foi processado, visando determinar os perigos à saúde do consumidor. Entre as espécies bacterianas que fazem parte da microbiota natural do pescado e que são patogênicas ao homem destacam-se *Salmonella sp.*, *E. coli patogênica*, *Staphylococcus coagulase positiva*, *Vibrio sp* e *Clostridium botulinum* (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

A busca pela qualidade é considerada um requisito essencial para que um determinado produto permaneça no mercado. A segurança e a qualidade dos produtos alimentares são evidenciadas pelo crescente número de leis que exigem a qualidade dos alimentos nas várias etapas da cadeia de produção, sendo exigida dentro de especificações previamente estabelecidas pelos órgãos de controle sanitário de autoridades brasileiras ou dos países para os quais o camarão é exportado (OLIVEIRA, 2016).

A qualidade do camarão é influenciada por fatores como, método de manuseio, condição de armazenamento e tempo de processamento. A vida útil do camarão é determinada principalmente pela deterioração microbiológica e enzimática quando armazenado em temperatura refrigerada (ALOTAIBI et al., 2018). Portanto, esses produtos são geralmente processados, descascados e congelados como produtos de valor agregado antes de serem exportados, exibidos no varejo ou processados e / ou consumidos, bem como para a preservação de longo prazo de vários produtos de camarão (ZHANG et al., 2017).

Diferentes estratégias de preservação têm sido empregadas para manter a qualidade e melhorar a vida útil dos produtos aquáticos durante o armazenamento e distribuição, como controle de temperatura, controle de umidade e inibição de atividade microbiana. O controle de temperatura é bem conhecido por ser um aspecto essencial da cadeia de abastecimento alimentar, e baixa temperatura de armazenamento é usada para aumentar a vida de prateleira de produtos aquáticos, reduzindo as taxas de autólise

enzimática, oxidação de lipídios e degradação microbiana por décadas. Os métodos mais comuns usados para preservação em baixa temperatura incluem armazenamento refrigerado entre 0 a 4 °C, armazenamento congelado de -18 a -40 °C e a faixa super-resfriada de -1 a -4 °C. Em baixas temperaturas, as atividades microbianas são inibidas e a maioria das bactérias não consegue crescer. As reações químicas e enzimáticas também são retardadas, especialmente a degradação do ATP e seus compostos relacionados (PAN et al., 2019),

Por outro lado, o processamento térmico, também é comprovadamente um método eficiente e confiável para estender a vida útil de produtos alimentícios (THORNE, 1986). Entretanto, quanto maior a temperatura de processamento térmico e maior o tempo de aquecimento, maior a perda de qualidade. Assim, o processamento térmico precisa ser cuidadosamente controlado para garantir a segurança e, ao mesmo tempo, manter produtos alimentícios de alta qualidade (WANG et al., 2018).

Além do controle de temperatura, recomenda-se que os camarões, logo após a captura, sejam submetidos ao tratamento com metabissulfito de sódio, mediante imersão na solução, que pode ser feita concomitantemente ao choque térmico, ou posterior a ele. Este conservante funciona como agente inibidor do oxigênio molecular (O<sub>2</sub>), competindo com a tirosinase pelo oxigênio, evitando a formação de melanina e impedindo que o alimento seja oxidado por bactérias aeróbias (VIEIRA, 2006).

A utilização de fosfato em diferentes espécies de pescado aumenta o rendimento do processo quando aplicado antes do congelamento, promovendo maior retenção de água no produto pronto para o consumo. Além disso, o fosfato alcalino reduz a acidez, com o aumento do pH, aumenta a força iônica entre as moléculas e induz a formação de uma barreira constituída por água, proteínas e fosfato que contribui para o controle da perda de água e de proteínas solúveis em água durante o processamento (DAMASCENO, 2017).

A qualidade e a segurança dos produtos pesqueiros são determinadas por parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, importantes para atender às necessidades dos consumidores (ZHEL'YAZKOV & STRATEV, 2018).

## REFERÊNCIAS

- ADEYEYE, S. A. O. et al. Effect of Smoking Methods on Quality and Safety of Traditional Smoked Fish from Lagos State, Nigeria. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 15:1, p. 17-35, 2016.
- AKINTOLA, S. L. et al. Effects of Hot Smoking and Sun Drying Processes on Nutritional Composition of Giant Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*, Fabricius, 1798). **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 63, p. 227-237, 2013.
- AKUAMOAHA, F. et al. Influence of gamma irradiation on the colour parameters of dry smoked shrimps (*Penaeus notialis*). **Food Research**, v. 2 (4); p. 350 – 355, 2018.
- ALÇIÇEK, Z. et al. The Effect of Liquid Smoking of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) Fillets on Sensory, Meat Yield, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Content, and Chemical Changes, **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 19:3-4, p. 264-273, 2010.
- ALÇIÇEK, Z. The effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil concentration on liquid-smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*, 1792) fillets during chilled storage. **Food Chemistry**, v. 128. p. 683–688, 2011.
- ALMEIDA, R. B.; DINIZ, W. J. S.; ANDRADE, L. P.; DINIZ, W. P. S.; LEAL, J. B. G. & BRANDESPIM, D. F. Condições higiênico-sanitárias da comercialização de carnes em feiras livres de Paratama, PE. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 22(4), p. 585-592, 2011.
- ALOTAIBI, S.; TAHERGORABI, R. Development of a sweet potato starch-based coating and its effect on quality attributes of shrimp during refrigerated storage. **Food science & technology**, v. 88, p.203-209 2018.
- BONO, G.; GAI, F.; PEIRETTI, P. G.; BADALUCCO, C.; BRUGIAPAGLIA, A.; SIRAGUSA, G.; PALMEGIANO, G.B. Chemical and nutritional characterisation of the Central Mediterranean Giant red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*): Influence of trophic and geographical factors on flesh quality. **Food Chemistry**, v. 130, p. 104-110, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017** (a). Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, Brasília, 29 de março de 2017. [http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro\\_ged/pdf/2511\\_GED.pdf](http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro_ged/pdf/2511_GED.pdf)
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **PORTARIA Nº 143, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2017** (b). Estabelece o Regulamento Técnico sobre a identidade

e requisitos mínimos de qualidade que deve atender o peixe curado. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Publicado em: 21/12/2017 | Edição: 244 | Seção: 1 | Página: 119

BRASIL 2019. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, de 28 de agosto de 2019**. Fica aprovado o Regulamento Técnico que fixa a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o camarão fresco, o camarão resfriado, o camarão congelado, o camarão descongelado, o camarão parcialmente cozido e o camarão cozido. Diário Oficial Da União, Publicado em: 28/08/2019| Edição: 166 | Seção: 1 | Página: 1.

CAMARA, M. R. After the gold rush: A review of Artemia cyst production in northeastern Brazil. **Aquaculture Reports**, v. 17, p. 100359, 2020.

CARVALHO, R. A. A. & MARTINS, P. C. C. Caracterização da Atividade de Carcinicultura no Vale do Rio Açu, Rio Grande do Norte, Brasil. **HOLOS**, Ano 33, v. 02, 2017.

CONNELLY, N.A., LAUBER, T.B., NIEDERDEPPE, J. AND KNUTH, B.A. Using a Web-Based Diary Method to Estimate Risks and Benefits from Fish Consumption. **Risk Analysis**, v. 38, p. 1116-1127, 2018. <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1111/risa.12925>

COZER, N.; HORODESKY, A.; ROSSI, V. G.; PONT, G. D.; OSTRENSKY, A. Challenges and potentialities of the integrated production regime implementation in the Brazilian marine shrimp farming: a systematic review. **Aquaculture International**, v. 27, p. 539-553, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00348-8>

DAI, P.; KONG, J.; LIU, J.; LU, X.; SUI, J.; MENG, X.; LUAN, S. Evaluation of the utility of genomic information to improve genetic evaluation of feed efficiency traits of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 527, p. 735421, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735421>

DAMASCENO, M. D. S. P. **Efeito do cozimento associado ao aditivo fosfato no rendimento e qualidade físico-química do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) descascado (Master's thesis, Brasil)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

DANG, T. T; GRINGER, N.; JESSEN, F.; OLSEN, K.; BØKNÆS, N.; NIELSEN, P. L.; ORLIEN, V. Emerging and potential technologies for facilitating shrimp peeling: A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 45, p. 228-240, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.10.017>

DA SILVA SANTOS, F. M.; DA SILVA, A. I. M.; VIEIRA, C. B.; ARAÚJO, M. H.; DA SILVA, A. L. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; SOUZA, B. W. S.; BEZERRA, R. S. Use of chitosan coating in increasing the shelf life of liquid smoked Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, p. 1304–1311, 2017. <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13197-017-2570-3>

ERBAY, Z. & KOCA, N. Kinetics of Total Phenolic Content and Total Color Difference During Liquid Smoking of Kashar Cheese. **International Journal of Food Properties**, v.16(4), p.852-866, 2013.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. FAO (2016) SOFIA.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals**. Roma: FAO, 2018.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action**.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. **Fisheries and Aquaculture Department. Statistics**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>>. Acesso em: 25/02/2021.

FRANCO, B. D. G, M.: LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, p. 170, 1996.

FRAQUEZA, M. J.; LARANJO, M.; ALVES, S.; FERNANDES, M. H.; AGULHEIRO-SANTOS, A. C.; FERNANDES, M. J.; POTES, M. E.; ELIAS, M. Dry-Cured Meat Products According to the Smoking Regime: Process Optimization to Control Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. **Foods**, v. 9, p. 91, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010091>.

FOGAÇA, F. O protagonismo do Brasil na produção mundial de pescado. Estudos socioeconômicos e ambientais Pesca e aquicultura - **Embrapa**. 2020.

GONÇALVES, A. A., & PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Defumação líquida de anchova (*Pomatomus saltatrix*): efeito do processamento nas propriedades químicas e microbiológicas. **Food Science and Technology**, v. 18, p. 438-443, 1998.

HATAB, S.; LIN, K.; MIAO, W.; CHEN, M.; LIN, . DENG, S. Potential Utilization of Green Tea Leaves and Fenugreek Seeds Extracts as Natural Preservatives for Pacific White Shrimp During Refrigerated Storage. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 15(8), p.498-505, 2018.

HUANG, X-H; QI, L-B; FU, B-S; CHEN, Z-H; ZHANG, Y-Y; DU, M; DONG, X-P; ZHU, B-W; QIN, L. Flavor formation in different production steps during the processing of coldsmoked Spanish mackerel. **Food Chemistry**, v. 286, p. 241–249, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**. Produção da Pecuária Mundial, v. 44. p. 53, 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal 2018. v. 46, p. 8, 2018. [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2018\\_v46\\_br\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf)

Informativo da Unidade Estadual do IBGE no Ceará. **IBGE**. Nº 94, outubro 2019. <https://www.sda.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/60/2019/10/Informativo-94.pdf>.

Acesso LI, K.-L. Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth and biofilm production by nisin and phenolic compounds. University of Alberta (2017)

LIU F., LI S., YU Y., SUN M., XIANG J., LI F. Effects of ammonia stress on the hemocytes of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Chemosphere**, v. 239, p. 124759, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124759>

MALESA-CIEĆWIERZ, M.; SZULECKA, O.; ADAMCZYK, M. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination of Polish smoked fish: Assessment of dietary exposure. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, Issue 7, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13962>

MASTANJEVIC K. M.; KARTALOVIC B. D.; VRANEŠEVIĆ, J. M.; NOVAKOV N. J.; HABSCHIED, K. J. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the traditional smoked sausage Slavonska kobasica. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 83, p. 103282, 2019.

MIRZAEI, N.; MOUSAVI, S. M.; YAVARI, V.; SOURI, M.; PASHA-ZANOOSI, H.; REZAEI, A. Quality assessment of *Litopenaeus vannamei* postlarvae produced in some commercial shrimp hatcheries of Choubdeh Abadan, Iran. **Aquaculture**. v. 530, p. 735708, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735708>

NAIMEH KHAZAEI, N.; ESMAILI, M.; EMAM-DJOMEH, Z. Application of active edible coating made from basil seed gum and thymol for quality maintenance of shrimp during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, p. 1837–1845, 2017.

NASSU, RENATA TIEKO. Árvore do Conhecimento Tecnologia de Alimentos. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. Disponível em:

[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia\\_de\\_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq202wx5ok01dx9lcq03l6mp.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000gc8yujq202wx5ok01dx9lcq03l6mp.html). Acesso em: 03/03/2021.

NATORI, M. M.; FÁBIO ROSA SUSSEL, F. R.; SANTOS, E. C. B.; PREVIERO, T. C.; VIEGAS, E. M. M.; GAMEIRO, A. H. Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, p. 2, 2011.

NITHIN, C.T.; JOSHY, C.G.; CHATTERJEE, N. S.; PANDA, S. K.; YATHAVAMOORTHY, R.; ANANTHANARAYAN, T.R.; MATHEW, S.; BINDUA, J.; GOPAL, T.K.S. Liquid smoking - A safe and convenient alternative for traditional fish smoked products. **Food Control**. v. 113, 2020, 107186. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107186>

NORMAN, R.A.; FRESCOMLISH, M.; STETKIEWICZ, S. The importance of fisheries and aquaculture production for nutrition and food security. **Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)**, v. 38 (2), p. 395-407, 2019. doi: 10.20506/rst.38.2.2994

OLIVEIRA, G. B. **Avaliação da qualidade do camarão *litopenaeus vannamei* (boone, 1931) armazenado sob efeito do congelamento associado ao uso do sorbato de potássio**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, pela Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; PREIS, P. V. M.; ARAÚJO, I. B.; RAUL, L. J.; SHINOHARA, N. K. S.; DAZA, T. E. L. Avaliação de Linguiças de Tilápias do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) Submetidas a Diferentes Métodos de Defumação. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.35(2), 2018.

PAN, C.; CHEN, S.; HAO, S.; YANG, X. Effect of low-temperature preservation on quality changes in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, p. 6121-6128, 2019. DOI 10.1002/jsfa.9905.

PEELER, E. J. & ERNST I. Improved Aquatic Animal Health Management is Vital to Aquaculture's Role in Global Food Security. **Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)**, v. 38 (2), p. 361-366, 2019. doi: 10.20506/rst.38.2.2992

PEIXE BR. **Anuário Peixe Brasileiro da Piscicultura 2019**. Veículo oficial da Associação Brasileira da Piscicultura. 2019. <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>.

SANTOS, F. S.; SILVA, A.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, M.; SILVA, A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M.; SOUZA, B.; BEZERRA, R. S. Use of chitosan coating in increasing the shelf life of liquid smoked Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, p. 1304-1311, 2017.

SCHORK, G.; HERMES-SILVA, S.; GUERESCHI, R. M.; ZANIBONI-FILHO, E.; NUÑER, A. P. O. Using Stock Assessment to Investigate the Sustainable Fisheries of the Yellow Mandi *Pimelodus maculatus* in the Upper Uruguay River, Southern Brazil. Schork et al. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46(1), p. 535, 2020. DOI: 10.20950/1678-2305.2020.46.1.535

SCHINDLER, J. Processo de defumação com um toque diferente. **Revista Nacional da Carne**, v. 241, p. 60-70, 1997.

SCHULTE, E. P. & VIEIRA FILHO, J. E. R. Evolução da Piscicultura no Brasil: Diagnóstico e Desenvolvimento da Cadeia Produtiva de Tilápia. 2328 Texto para Discussão - **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**. Rio de Janeiro, agosto de 2017. ISSN 1415-4765

SENAPATI M. & SAHU P. P. Onsite fish quality monitoring using ultra-sensitive patch electrode capacitive sensor at room temperature. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 168, p. 112570, 2020.

THORNE, S. The history of food preservation. Barnes and Noble Books, (1986).

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e Segurança do Pescado. Revista **Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 71, n. 1, 2012

VALE, S. D. P. & COSTA, F. R. Aspectos Socioeconômicos das Associações da Colônia de Pescadores e Aquicultores do Município de Apodi - RN. **HOLOS**, v. 34(4), p. 236-252, 2018.

VALENCIA-CASTANEDA G., VANEGAS-PEREZ R.C., FRIAS-ESPERICUETA M.G., CHAVEZ-SANCHEZ M.C., RAMIREZ-ROCHIN J., PAEZ-OSUNA F. Comparison of four treatments to evaluate acute toxicity of nitrite in shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae: Influence of feeding and the renewal water. **Aquaculture**, v. 491, p. 375-380, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.037>

VIEIRA, K. P. B. D. A. **Influência da concentração de metabissulfito de sódio e tempo de exposição do camarão *Litopenaeus vannamei* (boone, 1931)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006.

VIDAL, M. F. & XIMENES, L. F. Produção de Pescados na Área de Atuação do BNB. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE**, Banco do Nordeste. Ano 4 | Nº 91 | Agosto | 2019.

WANG, J., TANG, J., RASCO, B. Kinetics of Quality Changes of Shrimp (*Litopenaeus setiferus*) During Pasteurization. *Food Bioprocess Technol* 11, 1027–1038 (2018). <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11947-018-2073-x>

YANG, S-P.; XIE, J.; QIAN, Y-F. Determination of Spoilage Microbiota of Pacific White Shrimp During Ambient and Cold Storage Using Next-Generation Sequencing and Culture-Dependent Method. **Journal of Food Science**, v.82(5), p.1178-1183, 2017.

YANG, K. M. & CHIANG, P. Y. Effects of smoking process on the aroma characteristics and sensory qualities of dried longan. **Food Chemistry**, v. 287. p. 133–138, 2019

ZENG, X.; YANG, Q.; ZHANG, W.; LIU, J.; HE, L.; DENG, L.; GUO, X. Effects of Liquid Smoking on the Microbiological and Physicochemical Characteristics of Suan Yu, a Traditional Chinese Fermented Fish Product. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.30(3), p.296-314, 2021.

ZHANG, B.; WU, H-X.; YANG, H-C.; XIANG, X-W.; LI, H-B.; DENG, S-G. Cryoprotective roles of trehalose and alginate oligosaccharides during frozen storage of peeled shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Food chemistry**, v. 228, p.257-264, 2017.

Jay, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. 6<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Artmed. (2005).

ZHAO, W.; WANG, M.; WANG, L.; LIU, M.; JIANG, K.; XIA, S.; QI, C.; WANG, B. Analysis of the expression of metabolism-related genes and histopathology of the hepatopancreas of white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed with aflatoxin B1. **Aquaculture**. v.485, p.191-196, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.044>

ZHELYAZKOV, G. & STRATEV, D. Some Physicochemical Characteristics of Fish Products Sampled from Bulgarian Retail Markets. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, v.5(1), p. 33-36, 2018.

## **Efeito da temperatura de armazenamento sobre a estabilidade do camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida**

### **Resumo**

O objetivo do estudo foi avaliar a estabilidade do camarão (*Litopenaeus vannamei*) sob defumação líquida, durante armazenamento refrigerado ( $4\pm 2$  °C) e congelado ( $-18\pm 2$ °C) por 60 dias. O camarão refrigerado apresentou, durante a armazenagem, diminuição da umidade (37 g/100 g) em relação ao congelado (47 g/100 g); diminuição da  $a_w$  (0,90 refrigerado; 0,93 congelado) e cor  $L^*$  (37 refrigerado; 45 congelado),  $a^*$  (10,3 refrigerado; 13,5 congelado) e  $b^*$  (20,3 refrigerado; 26,4 congelado); aumento da capacidade de retenção de água (97,4% refrigerado; 94% congelado), coesividade (0,31 refrigerado; 0,21 congelado), dureza (39,9N refrigerado; 24N congelado), TBARS (0,8 mg malonaldeído/kg refrigerado; 0,6 mg malonaldeído/kg congelado), TVB-N (28,12 mgN/100g refrigerado; 13 mgN/100g congelado) e pH (8,3 refrigerado; 7,25 congelado) atingindo o máximo permitido pela legislação. A qualidade de ambos os tratamentos esteve dentro dos padrões microbiológicos exigidos pela legislação brasileira. Portanto, os camarões defumados apresentam boas características físico-químicas e microbiológicas durante 60 dias de armazenamento congelado e 15 dias refrigerado.

**Palavras-chaves:** Congelamento, refrigeração, fumaça líquida, vida útil.

### **Aplicações práticas**

O camarão possui ótima aceitação sensorial e bons aspectos nutricionais. Entretanto, apresenta rápida deterioração devido a elevada atividade de água e enzimática, podendo ser utilizadas técnicas de conservação como a defumação. A defumação líquida tem sido cada vez mais praticada por ser um processo que proporciona pouca poluição ambiental, pode utilizar ampla variedade de fumaças, ocasiona uniformidade de cor e sabor,

possibilita deposição de substâncias antioxidantes e antimicrobianas e pouca deposição de compostos cancerígenos como hidrocarbonetos e benzopirenos. Porém, para ser utilizado comercialmente é necessário o conhecimento da estabilidade dos camarões defumados com fumaça líquida quando armazenados sob congelamento ou resfriamento.

### **Destaques**

- ✓ A defumação líquida proporciona boa estabilidade microbiológica.
- ✓ A armazenagem congelada mantém melhor características físico-químicas.
- ✓ A vida útil dos camarões sob defumação líquida congelados é de 60 dias.

## **1| INTRODUÇÃO**

O pescado é a commodity alimentar mais globalizada e apresenta diversos sistemas de produção, envolvendo milhares de espécies que são processadas em diversas formas de produtos (FAO, 2018). Em 2017, a aquicultura gerou mais de 80 milhões de toneladas de peixes e crustáceos, 32 milhões de toneladas de algas marinhas, abrangendo cerca de 425 espécies cultivadas (Naylor et al., 2021). O consumo global de pescado chegou a 20,5 kg per capita/ano em 2018, representando um aumento de 1,5 % ao ano desde 1961 (FAO, 2020).

O pescado tem um papel importante na nutrição e segurança alimentar global pois representa uma fonte valiosa de nutrientes para dietas diversificadas e saudáveis (FAO, 2020). Por meio do crescimento da aquicultura, os consumidores de países de baixa e alta renda se beneficiam, durante todo o ano, com o acesso a alimentos aquáticos que são ricos em nutrientes (Naylor et al., 2021). A carne do pescado apresenta proteínas de alta digestibilidade, bom balanço de aminoácidos essenciais, além de ácidos graxos poli-

insaturados da família ômega 3 e 6. Além disso, o consumo de pescado reduz a incidência de doenças cardiovasculares, sintomas depressivos e mal de Alzheimer (Norman, 2019).

Os camarões também se destacam por serem commodities fortemente negociadas e representam o segundo grupo principal de espécies de pescado exportadas em termos de valor comercial, ficando atrás apenas do salmão (FAO, 2018). O camarão contém em sua composição química aproximadamente 77,2% de umidade, 18,8% de proteínas, 1,3% de lipídios e 1,5% de cinzas (Dang et al., 2018). O *Litopenaeus vannamei* é o camarão mais amplamente cultivado, devido ao seu rápido crescimento, resistência as doenças, adaptabilidade ao cultivo de alta densidade (Liu et al., 2020).

No entanto, os camarões são organismos que se deterioram rapidamente, por apresentar compostos nitrogenados não proteicos e alta atividade da água (Khazaei et al., 2017), sendo necessária aplicação de técnicas de conservação para aumentar a vida útil do produto. A defumação como método de preservação de alimentos, tem sido utilizado desde tempos remotos (Mastanjevic et al., 2019). Neste método, a preservação ocorre principalmente pelas propriedades antioxidantes e antimicrobianas das moléculas contidas na fumaça, como os compostos fenólicos gerados pela combustão combinada com a temperatura (Da Silva Santos et al., 2017).

As duas principais formas de defumação de alimentos são a tradicional à quente e a frio (Adeyeye et al., 2016). Porém, a combustão incompleta da madeira durante o processo e defumação pode resultar em quantidades significativas de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), alguns dos quais exibem propriedades carcinogênicas e mutagênicas (Mastanjevic et al., 2019). Dessa forma, o uso de fumaça líquida na indústria de alimentos vem ganhando importância em relação ao método tradicional, por ser um processo mais limpo, proporcionando menor poluição ambiental, utiliza ampla variedade de fumaças, ocasionando maior uniformidade de cor e sabor, possibilita maior deposição

de substâncias antioxidantes e antimicrobianas e menor deposição de compostos cancerígenos como hidrocarbonetos e benzopirenos (Oliveira Filho et al., 2018).

A indústria alimentícia se preocupa com a elaboração de produtos de alta qualidade tendo em vista a crescente demanda do consumidor. Nesta linha, uma série de estratégias são utilizadas com o objetivo de garantir a qualidade dos produtos (Silva et al., 2019b). No caso do camarão, existem parâmetros microbiológicos para *Salmonella* sp, *Estafilococos coagulase positiva*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* que devem ser respeitados. Além dos aspectos bacterianos, a qualidade do pescado também é determinada pela concentração de bases nitrogenadas voláteis, pH, aw, umidade, perfil de textura, cor, capacidade de retenção de água e oxidação lipídica.

De acordo com o exposto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da temperatura de armazenamento, refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C), sobre a estabilidade físico-química e microbiológica do camarão submetido à defumação líquida.

## **2| MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 | Reagentes, ingredientes e aditivos**

Os ingredientes utilizados na defumação líquida dos camarões foram de grau alimentício, adquiridos em supermercados: sal (Sal Diana<sup>®</sup>, Romani S/A Indústria e Comércio de Sal, Paranaguá, Paraná, Brasil), água potável e fumaça líquida (Cepêra<sup>®</sup>, Monte Alto, São Paulo, Brasil).

Para as análises microbiológicas foram usados kits comerciais da Compact Dry<sup>®</sup> (Nissui Pharmaceutical Co. Ltd., Tokyo, Japão) para contagem total de aeróbios psicrotróficos (Compact Dry<sup>®</sup> TC), bolores e leveduras (Compact Dry<sup>®</sup> YM, *Escherichia*

*coli* (Compact Dry® EC), *Staphylococcus* coagulase positiva (Compact Dry® XSA) e *Salmonella sp* (Compact Dry® SL).

## **2.2| Amostras de camarões**

Os camarões cinza (*Litopenaeus vannamei*) foram adquiridos frescos do comércio local de Recife – PE, acondicionados em caixas isotérmicas contendo gelo em escamas na taxa de 1:1 (camarão:gelo) e transportados até o Laboratório de Tecnologia do Pescado, localizado no Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Recife. No Laboratório, os camarões foram higienizados por meio da lavagem em água corrente clorada, e foram removidos o cefalotórax, pleópodes e a cauda.

## **2.3| Salga**

Os camarões foram imersos em salmoura (NaCl, 15% p/v) na proporção 3:1 (salmoura: camarão) e mantidos por aproximadamente 15 min, sendo em seguida lavados com água corrente para retirada do excesso de sal. Após este procedimento, os camarões foram colocados em bandejas de alumínio perfuradas dentro de uma estufa com circulação e renovação de ar (TE-394/3-MP, Tecnal®, Piracicaba, SP, Brasil) a uma temperatura de 60 °C por 30 min, para retirar o excesso de água superficial (Chagas et al., 2016).

## **2.4| Defumação líquida**

Após a secagem, os camarões foram retirados da estufa e a fumaça líquida foi aplicada (20%, v/v) por aspersão nos dois lados dos camarões. Então, os camarões foram recolocados na estufa a 90 °C e mantidos por um período de 3 h. Para garantir a correta

dispersão da fumaça, passadas 1 hora e 30 minutos, os camarões foram virados na bandeja da estufa e mais fumaça líquida foi adicionada (Chagas et al., 2016).

Após a defumação, os camarões foram resfriados em temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C) por 4 horas, acondicionados em embalagens de Nylon Poli (18 X 25 X 0,12 cm, 120 micras) contendo aproximadamente 60g para análises microbiológicas e 100g para análises físico-químicas e submetidas à vácuo de 720 mm/Hg de pressão durante 25s.

## **2.5 | Planejamento Experimental**

Após embaladas, as amostras foram submetidas a dois ambientes controlados de temperatura: refrigeração a  $4,0 \pm 1,0$ °C (média  $\pm$  desvio padrão) (temperatura de refrigeração) e freezer a  $-18,0 \pm 1,0$ °C (temperatura de congelamento), por um período de 60 dias. As análises das variáveis físico-químicas pH, umidade, capacidade de retenção de água, perfil de textura e características de cor, oxidação lipídica, bases nitrogenadas voláteis totais, atividade de água e microbiológicas (contagem total de aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp.*) foram realizadas em triplicata após 1, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenagem. Para o controle de qualidade, foram realizadas as mesmas análises físico-químicas e microbiológicas nas amostras de camarões frescos, em triplicata, no 1° dia.

## **2.6 | Métodos de análises**

### **2.6.1 | Análises físico-químicas**

#### *Aferição do pH*

A aferição do pH foi realizada pela imersão do potenciômetro, utilizando um medidor de pH microprocessado (R-TEC-7-MP, Tecnal®, Piracicaba, SP, Brasil) previamente

calibrado em soluções tampão de pH 4 e 7, em uma solução de 10 g de camarão previamente triturados em 40 mL de água destilada (Oliveira Filho et al., 2012).

#### *Teor de umidade*

O teor de umidade foi determinado em estufa com circulação e renovação de ar (TE-394/3-MP, Tecnal<sup>®</sup>, Piracicaba, SP, Brasil), por perda de massa a 105 °C até peso constante, utilizando 5 g da amostra triturada (AOAC, 2005).

#### *Atividade de água (aw)*

A atividade de água foi determinada utilizando-se um higrômetro eletrônico (AquaLab, CX-2, (Decagon Devices, Pullman, WA, USA). A amostra, previamente triturada, foi colocada em uma cápsula de amostra e inserida no medidor de atividade de água. A tampa da câmara foi fechada sobre a amostra até o equilíbrio de vapor, um feixe infravermelho focado em um pequeno espelho determinando o ponto de orvalho preciso da amostra. A temperatura do ponto de orvalho, foi então traduzida em atividade de água.

#### *Capacidade de retenção de água*

A capacidade de retenção de água (CRA) foi verificada a partir da utilização de 5 gramas de amostra devidamente trituradas, acomodadas em papel filtro e alocadas em tubos tipo *Falcon*. Essas amostras passaram por centrifugação a 2500 RPM por um período de 10 minutos. Após este processo, as amostras foram retiradas cuidadosamente dos papéis, pesadas e a capacidade de retenção de água calculada segundo Jatobá & Oliveira Filho (2017), utilizando a seguinte equação: % CRA = (Peso da amostra depois da centrifugação) / (Peso da amostra antes da centrifugação) x 100.

### *Perfil de textura Instrumental (TPI)*

Para análise de Perfil de textura Instrumental (TPI) foram utilizados 5 camarões inteiros para cada tratamento, empregando um analisador de textura modelo TA-CT3, (Brookfield®, Middleboro, MA, USA). Os camarões foram comprimidos a 50% da espessura total com velocidade do pré-teste, teste e pós-teste de 2 mm/s utilizando um probe TA5 de acordo com Bourne (2002). Os parâmetros estudados foram dureza (N) e coesividade (admissional).

### *Características de cor*

As características de cor, CIE L\* a\* b\* foram determinadas utilizando um colorímetro portátil modelo CR 400 (Konica Minolta®, Tokyo, Japan), previamente calibrado com um padrão branco antes de cada análise, operando com fonte de luz de uma lâmpada de xenônio, iluminante C (Y=92,78; x=0,3139; y=0,3200), ângulo de observação de 2° e área de medição de 8 mm de diâmetro. A cor foi expressa utilizando-se os padrões de cor do sistema CIE – “Comission Internationale de L’Eclairage”: L\* (luminosidade), a\* (intensidade da cor vermelha a verde) e b\* (intensidade da cor amarela a azul).

### *Oxidação lipídica*

A oxidação lipídica foi determinada pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acordo com Vyncke (1970). O cálculo dos valores de TBARS foi obtido por interpolação de uma curva analítica ( $R^2 \geq 0.9985$ ) com tetrametoxipropano e os resultados expressos em mg malonaldeído/kg amostra.

### *Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT)*

As BNVT foram determinadas segundo o método desenvolvido por Howgate (1976), sendo, 15g de amostra triturada foram homogeneizadas com 60 mL de solução de ácido

tricloroacético (TCA 10%), mantida em repouso por 2 horas e então filtrada. Ao filtrado (25ml), foi adicionado aproximadamente 1g de óxido de magnésio no balão do aparelho destilador de nitrogênio. Para receber as BNV destiladas, utilizou-se 15mL do indicador misto (ácido bórico, indicador vermelho de metila e verde de bromocresol), em Erlenmeyer. Então, foram destilados cerca de 100mL de líquido e titulado com ácido clorídrico HCL 0,02N até o aparecimento da cor lilás róseo. As bases nitrogenadas voláteis totais (BNV) foram calculadas e expressas em mgN/100g.

### **2.6.2 | Análises microbiológicas**

Nas análises microbiológicas, os camarões foram triturados, pesados e misturados em meio de enriquecimento específico para cada microrganismo estudado (contagem total de aeróbios psicrotróficos, bolores e leveduras, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella sp*) de acordo com protocolo dos kits comerciais da Compact Dry<sup>®</sup>. Posteriormente os resultados foram expressos em UFC/g e comparados com os padrões microbiológicos estabelecidos pela RDC 331 e IN 60 (Brasil, 2019 a,b).

### **2.6.3 | Análise estatística**

Foram realizadas análises separadas para os dois tratamentos, resfriamento a 4°C e congelamento a -18°C. Para cada caso as medidas obtidas nas análises físico-químicas (seção 2.6.1) foram tratadas como variáveis respostas. As variáveis explicativas foram o período de armazenamento (t), e o quadrado do período de armazenamento (t<sup>2</sup>), que foi incluído para acomodar as não linearidades nas variações temporais das respostas. Os modelos lineares utilizados para analisar a relação entre as respostas e as variáveis explicativas são denotados por  $E(Y) = X\beta$ , em que  $E(Y)$  é a expectativa (ou média) da

variável resposta  $Y$ ;  $X$  é a matriz de design das variáveis explicativas ( $t$  e  $t_2$ ), e  $\beta$  é o vetor de parâmetros a serem estimados, que representam os efeitos das variáveis explicativas. Para selecionar as variáveis relativas ao tempo de armazenamento ( $t$ ,  $t_2$  ou ambos) relevantes para explicar as variações das respostas de interesse (e.g. pH), foi utilizado o Akaike Information Criterion (AIC) (Akaike, 1974). Se nenhuma variável explicativa ( $t$  ou  $t_2$ ) é selecionada após o uso de AIC, a conclusão é que o período de armazenamento não teve efeito relevante nas variações das respostas físico-químicas. Nos casos em que  $t$ ,  $t_2$  ou ambos foram selecionados, a significância da regressão foi avaliada por meio do teste de Fisher. Valores de  $p$  menores que 0,05 (nível de significância) foram assumidos como evidência de que o tempo tem efeito nas variações das respostas. Todas as análises foram executadas com o software R (R Core Team, 2020).

### **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 | Análises de qualidade das amostras de camarões frescos**

O pH do camarão cinza fresco foi de 7,81, e ficou abaixo do limite máximo permitido pela legislação brasileira que é 7,85 (Brasil, 2019) (Tabela 1). O valor da atividade de água medida para o camarão fresco (0,99) estava dentro do esperado. Segundo Khazaei et al. (2017) o camarão apresenta alta atividade da água. A capacidade de retenção de água (CRA) medida para o camarão fresco foi 83,3%. Em estudo com o camarão minimamente processado, a CRA foi de 60% (Freire et al., 2016). Provavelmente a maior CRA encontrado no presente experimento está associado a manutenção do exoesqueleto, o qual foi removido no trabalho de Freire et al. (2016).

A estimativa do teor de umidade para o camarão cinza fresco foi de 76,4 g/100 g, valor próximo ao obtido por Brasileiro et al. (2012), que mediu 78,6 g/100 g, no cefalotórax do camarão fresco.

A análise de textura, mostrou que o camarão fresco apresentou 14,6 N de dureza e 0,1 de coesividade. Para a oxidação lipídica, o valor de TBARS dos camarões frescos foi de 0,039 mg de malonaldeído/kg. Segundo Cadun et al. (2008), valor de TBARS inferior a 3 mg malonaldeído/kg está relacionado a matriz alimentar com pouca oxidação lipídica, ou seja, um camarão livre de odores desagradáveis e rancidez.

O teor de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) dos camarões frescos foi de 3,48 mgN/100g. Este valor ficou bem abaixo do máximo permitido pela legislação brasileira que é de 30 mgN/100g (Brasil, 2019c). Em outro estudo avaliando BNVT em camarões frescos, Huang et al. (2016) obtiveram valor de 4,2 mgN/100 g de BNVT, ou seja, próximo ao observado no presente estudo.

Para o parâmetro cor, os resultados foram:  $L^* = 39,12$ ,  $a^* = -0,21$  e  $b^* = -0,26$ , e ficaram próximos aos obtidos por Rebouças et al. (2017), que encontraram para o *Litopenaeus vannamei*  $L^* = 41,28$ ,  $a^* = -0,91$  e  $b^* = -0,58$ .

O camarão fresco não apresentou *Salmonella sp.* Os valores obtidos para as análises microbiológicas encontram-se em concordância com o Regulamento Técnico sobre a identidade e requisitos mínimos de qualidade que deve atender o camarão fresco, o camarão resfriado, o camarão congelado, o camarão descongelado, o camarão parcialmente cozido e o camarão cozido (Brasil, 2019). Destaca-se a necessidade de ausência de *Salmonella sp.* em 25g, e contagens de *Staphylococcus coagulase positiva* abaixo de 500 UFC/g, e de *Escherichia coli* abaixo de 10 UFC/g.

A legislação vigente não determina padrão para bolores e leveduras, mesófilos ou psicrotroficos. Os resultados obtidos para a análise de bolores e leveduras foi de 1,41 x

$10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>, esse resultado pode ser justificado pelo desequilíbrio entre as bactérias e o sistema de defesa, o que pode resultar no crescimento bacteriano (Pan et al., 2019).

Para análise de mesófilos obteve-se 3,51 UFC/g e ausência de microrganismos psicrotróficos. A análise de mesófilos está de acordo com o observado por Simões et al. (2015), onde obtiveram contagens de bactérias aeróbicas mesofílicas e psicrotróficas entre  $0,4 \times 10^1$  e  $0,2 \times 10^1$  UFC/g, respectivamente. Esses resultados confirmam que as boas práticas de fabricação e assepsia foram mantidas durante a coleta e manuseio das amostras para esta análise.

Tabela 1. Valores (média  $\pm$  desvio padrão) das análises físicas (pH, umidade, CRA, dureza, coesividade e cor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), químicas (aw, TBARS e BNVT) e microbiológicas (*Escherichia coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva, mesófilos, psicrotróficos, bolores e leveduras e *Salmonella sp.*) do camarão fresco (*Litopenaeus vannamei*)

Análises	Média $\pm$ dp	Legislação <sup>1</sup>
pH	7,81 $\pm$ 0,08	7,85
Umidade (g/100 g)	76,43 $\pm$ 0,32	-
CRA (%)	83,3 $\pm$ 6,36	-
aw	0,99 $\pm$ 0,00	-
Dureza (N)	14,6 $\pm$ 1,4	-
Coesividade	0,10 $\pm$ 0,03	-
<i>Cor CIE L*a*b*</i>		
$L^*$ (luminosidade)	39,12 $\pm$ 0,94	-
$a^*$ (intensidade de vermelho)	-0,21 $\pm$ 0,33	-
$b^*$ (intensidade de amarelo)	-0,26 $\pm$ 0,36	-
TBARS (mg malonaldeído/kg)	0,039 $\pm$ 0,00	-
BNVT (mgN/100g)	3,48 $\pm$ 0,00	<30 mg N/100g
<i>Análises microbiológicas</i>		
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	$0,329 \times 10^1$	10
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	$0,195 \times 10^1$	500
Mesófilos (UFC/g)	$0,351 \times 10^1$	-
Bolores e leveduras (UFC/g)	$1,41 \times 10^4$	-
<i>Salmonella sp.</i> (presença/ausência)	Ausente (25g)	Ausência (25g)

<sup>1</sup>Valores limites determinados pela legislação brasileira (Brasil, 2019c).

(-) Ausência de parâmetros na legislação em vigor.

## **3.2 | Influencia da temperatura de armazenamento nas características físicas dos camarões defumados**

### **3.2.1 | pH**

No primeiro dia do experimento os valores iniciais de pH dos camarões defumados foram similares nos dois tratamentos, a média foi de 7,48 para os refrigerados (4 °C) e de 7,46 para os congelados (-18 °C) (Figura 1). No entanto, os valores de pH dos camarões defumados foram mais baixos que a média do camarão fresco (7,81). Isto pode ter ocorrido devido o processo de salga e defumação causar aumento da força iônica da solução no interior das células, apresentando um efeito decrescente nos valores de pH (Fuentes et al., 2010).

Apesar da similaridade no pH inicial dos camarões nos dos dois tratamentos, a variação ao longo do tempo foi diferente. Para camarões defumados e armazenados refrigerados, as estimativas de intervalos de confiança foram maiores e se observa tendência linear de aumento, atingindo média superior a 8,0 no final do experimento (Figura 1). Os parâmetros estimados para o modelo linear ( $y=7.69+0.00997t$ ) (Tabela 2), quando usados de maneira preditiva indicam que no 16º dia, a média de pH de camarões mantidos refrigerados já atingiria o máximo permitido pela legislação brasileira que é de 7,85 (Brasil, 2019). O aumento no pH dos camarões ao longo do tempo de armazenamento refrigerado pode ter ocorrido pelos processos de deterioração das proteínas em função das bases nitrogenadas voláteis totais produzidas com a atividade microbiana (Evangelista-Barreto et al., 2016).

Evangelista-Barreto et al. (2016), avaliando a qualidade microbiológica e físico-química do camarão salgado, seco e defumado, obteve pH variando entre 8,04 a 8,62, ou seja, próximo aos camarões mantidos refrigerados. Os autores também atribuem os altos

valores de pH dos camarões devido o processo de deterioração pela ação de bactérias, causando formação de bases nitrogenadas voláteis.

Nos camarões armazenados congelados, o efeito do tempo observado indica uma permanência da média em aproximadamente 7,5 em quase todo o período de armazenamento, mas com queda nos últimos dias, quando ficaram em torno de 7,25 (Figura 1). No entanto, os valores de pH dos camarões armazenados congelados estiveram abaixo do máximo permitido pela legislação brasileira, que é de 7,85 (Brasil, 2019).

Tabela 2. Relações entre as variáveis de resposta (Y) e o período de armazenamento (t) resfriado (4 °C) ou congelado (-18 °C). Os modelos selecionados, valores de R<sup>2</sup> ajustados, valores de p (teste de Fisher) são mostrados nas três colunas a direita.

Temperatura	Y	Model	Adj. R <sup>2</sup>	P
	<i>Análises físico-químicas</i>			
	pH	$y=7.45+0.00674t-0.000167t^2$	0.859	$3.12 \times 10^{-6}$
	Umidade (g/100 g)	$y=46.72+0.00111t$	0.742	$2.29 \times 10^{-5}$
	Atividade de água	$y=0.93$		
	Capacidade de retenção de água (%)	$y=94.01$		
	<i>Perfil de Textura</i>			
	Dureza (N)	$y=24.58-0.19t+0.00321t^2$	0.163	0.136
	Coabilidade	$y=0.21$		
	<i>Cor:</i>			
- 18 °C	L*	$y=44.24+0.00146t$	0.241	0.0362
	a*	$y=13.48$		
	b*	$y=26.44$		
	TBARS (mg malondialdeído/kg)	$y=0.71-0.00705t+8.28 \times 10^{-5}t^2$	0.872	$1.72 \times 10^{-6}$
	BNVT (mgN/100g)	$y=13.89$		
	<i>Análises físico-químicas</i>			
	pH	$y=7.69-0.00997t$	0.452	0.00360
	Umidade (g/100 g)	$y=37.36+0.318t-0.00512t^2$	0.915	$1.54 \times 10^{-7}$
	Atividade de água	$y=0.912-1.9810^{-6}t$	0.404	0.00649
	Capacidade de retenção de água (%)	$y=96.48+0.000214t$	0.136	0.0972
	<i>Perfil de Textura</i>			

4 °C	Dureza (N)	$y=15.10+1.20t-0.0131t^2$	0.850	$4.43 \times 10^{-6}$
	Coersividade	$y=0.226-0.0124t+0.000224t^2$	0.409	0.0169
	Cor:			
	$L^*$	$y=42.60-0.00140t$	0.181	0.0644
	$a^*$	$y=7.56+0.125t-0.00134t^2$	0.295	0.0488
	$b^*$	$y=13.57+0.316t-0.00350t^2$	0.560	0.00288
	TBARS (mg malondialdeído/kg)	$y=0.574-0.00232t+0.000118t^2$	0.906	$2.75 \times 10^{-7}$
BNVT (mg N/100 g)	$y=13.05+0.234t$	0.694	$6.96 \times 10^{-5}$	

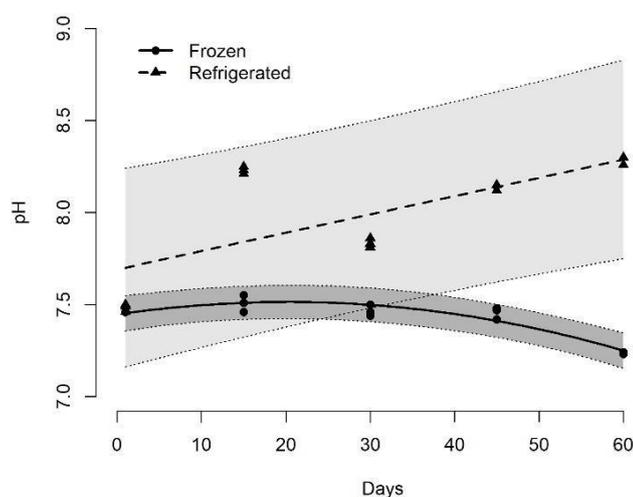


Figura 1. Valor do pH durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.2.2 | Teor de umidade

O teor de umidade média para os camarões defumados estiveram entre 37,0 e 47,0 g/100 g (Figura 2), enquanto que nos camarões frescos, 76,43 g/100 g (Tabela 1). O teor de umidade dos camarões defumados mantidos congelados foi maior que a dos refrigerados, do início ao final do período de 60 dias de armazenagem (Figura 2). Os valores iniciais de umidade nos camarões congelados foram próximos de 47,0 g/100 g com uma tendência

de aumento, atingindo valores próximos de 50,0 g/100 g no 60<sup>a</sup> dia. Este aumento no teor de umidade durante o armazenamento dos camarões defumados sob congelamento pode ter ocorrido porque no congelamento do pescado, uma parte da água sai do interior das células e congela extracelularmente. No momento do descongelamento, esta água novamente é absorvida pelas proteínas dentro da célula, que pode assim recuperar o formato original. Entretanto, com o avanço da desnaturação proteica, a capacidade de retenção de água da proteína vai diminuindo, e assim, aumentando a quantidade de gotejamento formado, há também fenômenos de condensação de umidade atmosférica na superfície do alimento (Ogawa & Maia, 1999).

Nos camarões armazenados sob refrigeração, os valores iniciais de teores de umidade foram de aproximadamente 37,0 g/100 g, aumentando para aproximadamente 40,0 g/100 g na fase intermediária, e posterior queda, para aproximadamente 38,0 g/100 g, ao final de 60 dias de armazenagem. Essa variação com aumento e queda da umidade dos camarões defumados mostra uma instabilidade nos teores de umidade na conservação refrigerada.

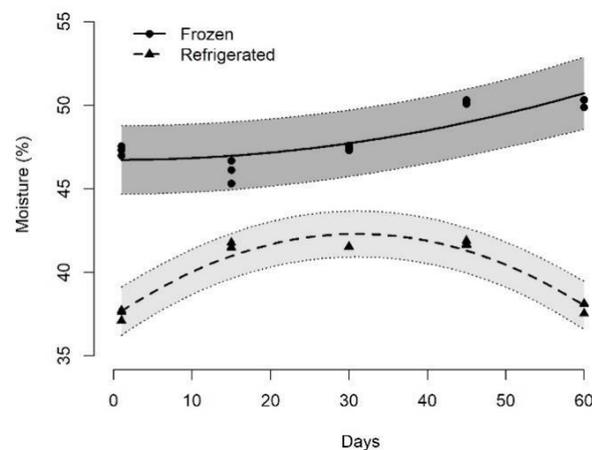


Figura 2. Teor de umidade (g/100 g) durante o armazenamento (60 dias) sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) do camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à

defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.2.3 | Atividade de água

A  $a_w$  dos camarões defumados armazenados refrigerados foi menor (médias estimadas entre 0,90 e 0,91), e com uma tendência suave a queda na parte final do experimento de 60 dias de armazenagem (Figura 3). Esta diminuição da  $a_w$  está relacionada com a perda de umidade nos camarões quando armazenados sob refrigeração. Da Silva Santos et al. (2017) observaram mesma tendência em filés de tilápias defumadas em período de 30 dias de armazenamento.

Para os camarões defumados armazenados congelados, não houve tendência clara de aumento ou decréscimo da  $a_w$  ao longo de 60 dias de armazenamento, e as médias se mantiveram em torno de 0,93 (Figura 3). Os intervalos de predição são amplos, o que indica estabilidade da média, mas maior variabilidade das observações em torno dela.

Cada espécie ou grupo microbiano tem um nível de  $a_w$  ótimo para o desenvolvimento. Em geral, o valor mínimo de  $a_w$  para o desenvolvimento de bolores é 0,8 (Kpoclou et al., 2017), enquanto que para bactérias é de 0,9 (Evangelista-Barreto et al., 2016). Isto mostra que os camarões defumados de ambos os tratamentos estavam susceptíveis ao desenvolvimento de fungos e bactérias. Diferentemente, em estudo realizado por Kpoclou et al. (2017), que observaram valores de  $a_w$  para o camarão defumado inteiro e camarão em pó defumado de 0,61 e 0,54, respectivamente.

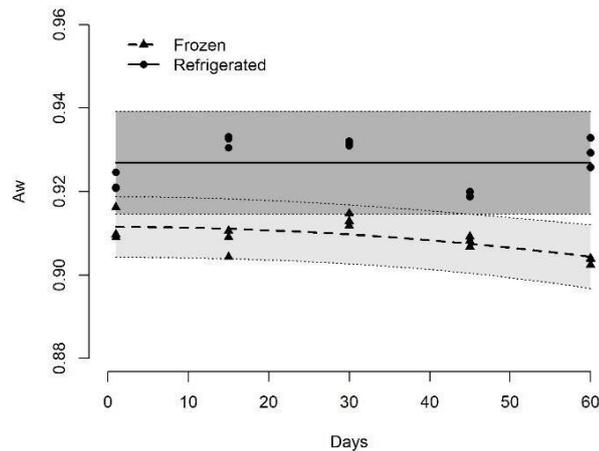


Figura 3. Valor da atividade de água durante o armazenamento (60 dias) sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) do camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.2.4 | Capacidade de retenção de água

A capacidade do camarão reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, é importante por razões de qualidade nutricional, sensorial e econômica (Chao et al., 2016). Houve leve tendência de aumento na CRA nos camarões armazenados refrigerados. Segundo Huss (1995), à medida que o pH diminui, ocorre a desnaturação parcial das proteínas e estas perdem a capacidade de retenção da água, o que afeta a textura do músculo. Foi observada uma tendência inversa para o camarão armazenado refrigerado sendo que houve um aumento significativo do pH e uma leve tendência a aumento da CRA.

Para os camarões armazenados congelados, mesmo com a diminuição do pH ao longo do período de armazenamento, o tempo não teve efeito significativo e a média da CRA se manteve próximo de 94% no decorrer do experimento. Isto mostra que houve estabilidade da CRA na conservação dos camarões tanto refrigerados, quanto congelados.

Segundo Oliveira Filho et al. (2021), a diminuição da CRA em produtos pesqueiros pode ser resultante da desnaturação das proteínas miosina e actina, o que não é desejável, já que pode permitir o desenvolvimento microbiano, oxidação de lipídios, proteínas e pigmentos. Além disso, a exsudação de água pode carrear junto nutrientes solúveis como minerais e vitaminas.

Fuentes et al. (2010) estudando alguns tipos de pescado defumado observaram valores de CRA entre 72 a 86%. Estes valores são inferiores aos observados nos camarões defumados, podendo ser explicado pelas variações entre espécies que apresentam também variações nas composições químicas e consequentemente na CRA.

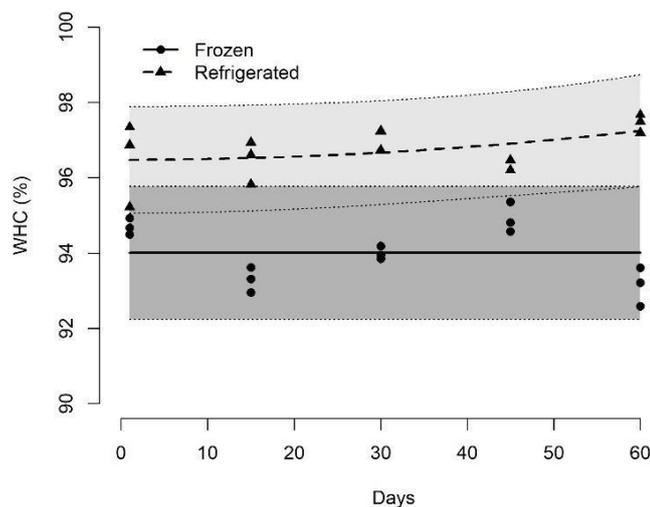


Figura 4. Valor da capacidade de retenção de água durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.2.5 | Textura instrumental

#### *Dureza e coesividade*

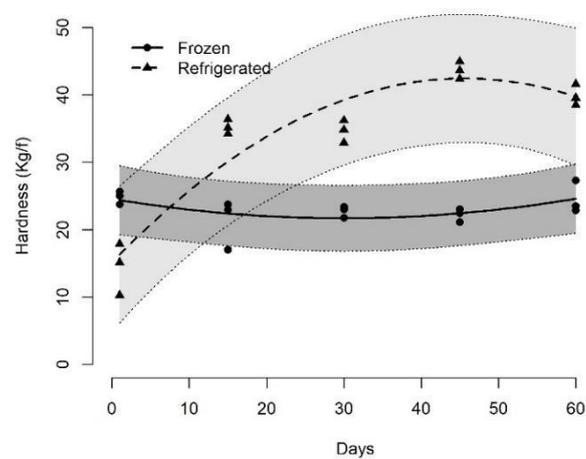
Nos camarões defumados mantidos refrigerados houve um aumento na dureza na primeira metade do experimento até perto do 45º dia e posterior manutenção em valores relativamente altos até o final do experimento (Figura 5A). Isto pode ser justificado pela diminuição da umidade (Figura 2) e aumento da CRA (Figura 4) das amostras de camarões mantidos refrigerados. Kilic & Oztan (2015) também observaram aumento da dureza de amostras de peixes defumados a frio quando armazenados refrigerados por 15 dias. Em outro estudo, linguças de bagres marinhos, *Sciades herzbergii*, submetidos à defumação líquida também apresentaram aumento da dureza quando armazenados refrigerados por 60 dias, passando de 32,8N para 61,1N (Oliveira Filho et al., 2021).

Nos camarões defumados mantidos congelados não houve variação significativa na dureza ao longo de 60 dias de armazenagem. Segundo Pan et al. (2019) o congelamento do pescado reduz as taxas de autólise enzimática, oxidação lipídica, degradação proteica e desenvolvimento microbiano. Esta pode ser a explicação pela estabilidade da dureza das amostras de camarões mantidos congelados.

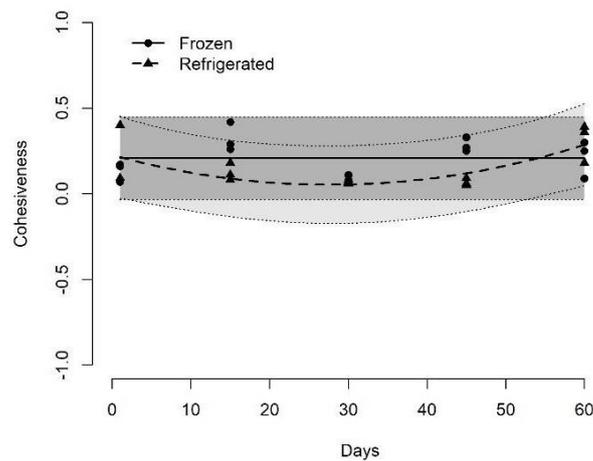
Nos camarões defumados mantidos refrigerados foi observado uma pequena diminuição na coesividade até os 30 dias de armazenagem com posterior aumento até 60 dias (Figura 5B). Esse resultado corrobora com Kong et al. (2015), em salmão submetido à defumação líquida, onde a coesividade iniciou com 0,59, diminuiu para 0,46 até os 30 dias de armazenagem, com posterior aumento até 40 dias (0,51).

Nos camarões defumados mantidos congelados não houve variação significativa na coesividade ao longo do período de 60 dias armazenagem (Figura 5B). As mudanças nos parâmetros da coesividade podem ser influenciadas pela degradação de proteínas miofibrilares ou dos tecidos conjuntivos.

O camarão apresenta um alto teor de proteínas (Pan et al., 2019), tornando-o propício a degradação proteica e mudanças na textura ao longo do período de armazenagem. Dessa forma, a perda da qualidade da textura está relacionada à degradação de proteínas pela ação de enzimas endógenas e a interação entre proteínas e água durante o armazenamento (Sun et al., 2018). Esta variação na coesividade foi observado somente no tratamento dos camarões mantidos refrigerados, mostrando uma melhor conservação neste parâmetro de textura nos camarões mantidos congelados.



(A)



(B)

Figura 5. Valor da dureza (A) e coesividade (B) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*)

submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.2.6 | Cor instrumental – $L^*$ , $a^*$ , $b^*$

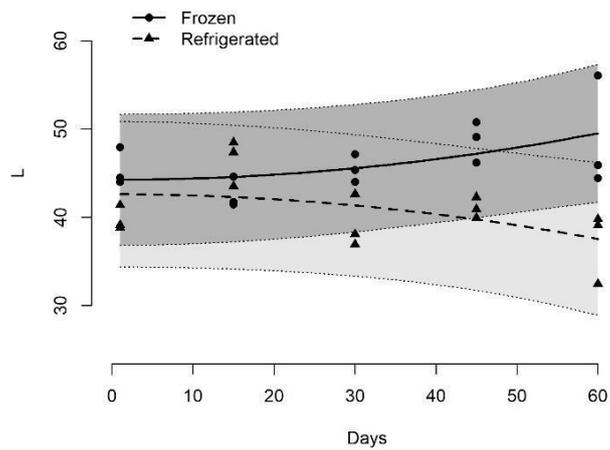
Houve leve tendência de diminuição da luminosidade (valor de  $L^*$ ) ao longo do período de 60 dias de armazenagem para os camarões defumados armazenados refrigerados (Figura 6A), enquanto que nos armazenados congelados ocorreu um leve aumento nos valores de  $L^*$  (Figura 6A). No geral, os valores e estimativas de média não tem distinção clara entre os dois tratamentos na primeira metade do experimento, porém nos períodos finais os valores e estimativas de médias do tratamento dos camarões congelados tendem a ser maiores (Tabela 6A).

O aumento da luminosidade nos camarões mantidos congelados pode ter ocorrido devido à geração de cristais de gelo durante o congelamento e aumento da reflexão de luz na superfície do produto (Tan et al., 2021). Em estudo com filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) defumadas com fumaça líquida observou-se mesma tendência após 30 dias de armazenamento congelado passando de 47,99 para 54,55 (da Silva Santos et al., 2017).

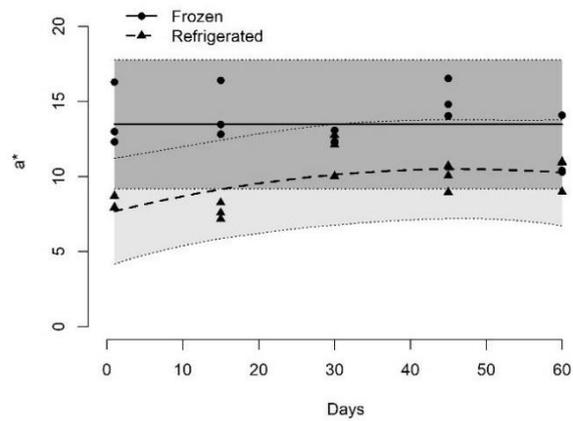
Os camarões defumados armazenados refrigerados apresentaram valores de  $a^*$  em torno de 7,5 no início do experimento, com uma leve tendência de aumento nos primeiros 15 dias de armazenagem (Figura 6B). Para os camarões defumados armazenados congelados não houve efeito significativo do tempo. Da Silva Santos et al. (2017) também não observaram variação significativa na intensidade de vermelho de filés de tilápias do Nilo defumadas com fumaça líquida durante 30 dias de armazenamento refrigerado.

Para a intensidade de amarelo (valor de  $b^*$ ) houve efeito significativo do tempo para os camarões armazenados refrigerados (Figura 6C). Essa característica pode ser

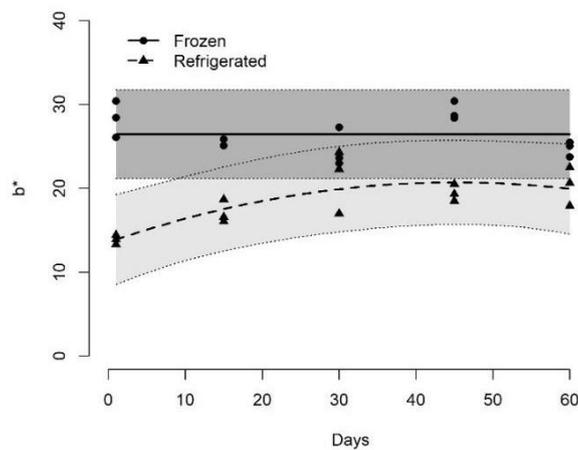
explicada pela agregação dos compostos da fumaça líquida no músculo do pescado, que conferem ao pescado uma coloração amarelada (Da Silva Santos et al., 2017). No entanto, para os camarões armazenados congelados não houve efeito do tempo de armazenagem (Figura 6C).



(A)



(B)



(C)

Figura 6. Valor da cor Cie Lab – L\* (A), a\* (B) e b\* (C) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

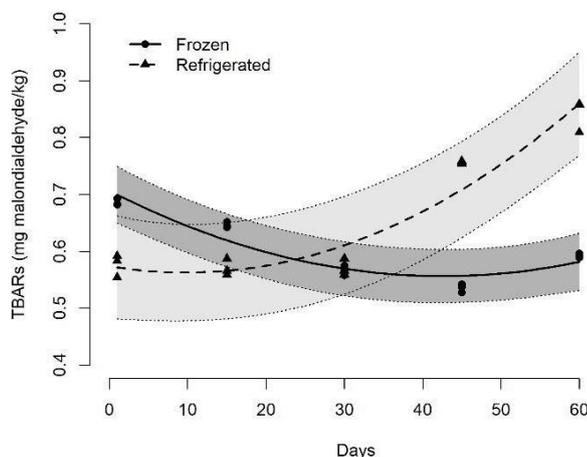
### 3.2.7 | Oxidação lipídica (TBARS)

Nos camarões defumados armazenados refrigerados os valores e as estimativas de média foram um pouco inferiores a 0,6 mg de malonaldeído/kg no início, mas houve aumento no decorrer do experimento, principalmente após o dia 15. Ao final dos 60 dias se atingiu média de aproximadamente 0,8 mg de malonaldeído/kg (Figura 7). Da Silva Santos et al. (2017) também observaram aumento na oxidação lipídica em filés de tilápias defumadas por fumaça líquida durante 30 dias de armazenagem refrigerada. A mesma tendência também foi observada em linguças de bagres marinhos *Sciades herzbergii* submetidas à defumação líquida e armazenadas refrigeradas por 60 dias, com incremento nos valores de TBARS, passando de 1,56 para 2,38 mg malonaldeído/kg de amostra (Oliveira Filho et al., 2021).

Para os camarões defumados armazenados congelados os valores e as médias estimadas inicialmente caem até o 45º dia. Isso mostra que quanto mais baixa a temperatura de armazenamento menores são os processos oxidativos (Pan et al., 2019).

Em matriz alimentar de alta qualidade, o valor de TBARS deve ser inferior a 3 mg malonaldeído/kg (Cadun et al., 2008), pois valores superiores podem afetar as características sensoriais dos produtos. Além dos produtos de oxidação lipídica formados, incluindo aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos, que podem ser prejudiciais à saúde (Oliveira Filho et al., 2021). O camarão defumado apresentou oxidação lipídica inferior a 3 mg malonaldeído/kg durante os 60 dias de armazenamento, para os dois tratamentos. Neste

critério, pode-se considerar o camarão defumado como um alimento de alta qualidade, pois a os compostos fenólicos da fumaça líquida ajudam a retardar os produtos de oxidação secundária (Martínez et al., 2018).



As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

Figura 7. Valor do TBARS (mg malonaldeído/Kg) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.2.8 | Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT)

Nos camarões defumados armazenados refrigerados houve uma tendência de aumento linear nos valores de BNVT alcançando valores até superiores a 25 mgN/100g no final de 60 dias de armazenagem. Para os camarões defumados armazenados congelados não houve variação significativa nos valores de BNVT ao longo do período de armazenagem ficando próximo de 13 mgN/100g.

A análise de bases nitrogenadas voláteis é um índice amplamente utilizado de avaliação da deterioração de produtos aquáticos por indicarem durante o armazenamento do pescado a ocorrência de degradação de compostos nitrogenados por enzimas endógenas ou ação de enzimas de bactérias deteriorantes formando dimetilamina (DMA),

trimetilamina (TMA), amônia e outros compostos nitrogenados básicos voláteis (Pan et al., 2019). Dessa forma, pode-se inferir que os camarões defumados armazenados congelados não apresentaram ação de enzimas ou bactérias deteriorantes durante 60 dias de armazenagem. No entanto, tanto os camarões armazenados refrigerados quanto os armazenados congelados, apresentaram BNVT abaixo dos limites exigidos pela legislação brasileira que é de até 30 mg de nitrogênio/100 de tecido muscular (Brasil, 2019).

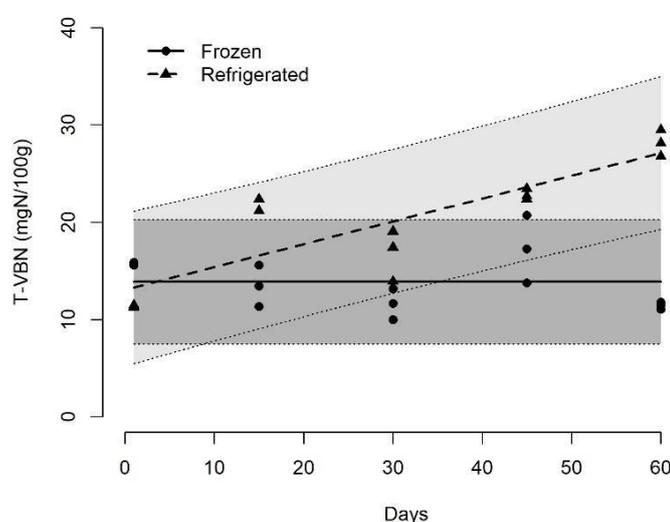


Figura 8. Valor das bases nitrogenadas voláteis totais (mgN/100g) durante o armazenamento sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18 °C) de camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido à defumação líquida. As linhas centrais dos polígonos correspondem às estimativas das médias, enquanto que os limites correspondem aos intervalos de predição.

### 3.3 Análises Microbiológicas

O camarão defumado apresentou *Staphylococcus coagulase positiva* após 60 dias de armazenamento refrigerado, porém abaixo do limite estabelecido pela Legislação brasileira (Brasil, 2019c) que é de até 500 UFC/g. O camarão defumado armazenado congelado não apresentou desenvolvimento microbiano durante o período de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Análises microbiológicas do camarão (*Litopenaeus vannamei*) defumado com fumaça líquida e armazenados por até 60 dias sob refrigeração (4 °C) ou congelamento (-18° C)

Temperatura (°C)	Tempo (dias)	<i>Staphylococcus</i>			Bolores e leveduras (UFC/g)	<i>Salmonella</i> (UFC/g)
		<i>E. coli</i> (UFC/g)	coagulase positiva (UFC/g)	Psicrotróficos (UFC/g)		
4	1	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
-18	1	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
4	15	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
-18	15	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
4	30	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
-18	30	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
4	45	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
-18	45	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
4	60	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	2,11 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
-18	60	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	<1,5 x 10 <sup>1</sup>	Ausente
Legislação	-	10	500	NP	NP	Ausência (25g)

NP: Não previsto na legislação

Os valores obtidos para todas as análises microbiológicas realizadas nos camarões defumados, para os dois tratamentos (armazenagem sob refrigeração ou congelamento), encontram-se em concordância com o padrão determinado pelo Regulamento Técnico sobre a identidade e requisitos mínimos de qualidade que deve atender o camarão fresco, resfriado, congelado, descongelado, parcialmente cozido e cozido (Brasil, 2019c), no qual determina ausência de *Salmonella sp.* em 25g, *Staphylococcus coagulase positiva* (até 500 UFC/g) e *Escherichia coli* (10 UFC/g). Em ambos os tratamentos não foi observada a presença de bolores e leveduras indicando que o processamento seguiu as boas práticas de fabricação.

Evangelista-Barreto et al. (2016), observaram em seu experimento que camarões salgados, secos e defumados apresentaram contagens de bactérias mesófilas cultiváveis, bolores e leveduras e *Salmonella sp.* em 5% das amostras, o que demonstra insegurança na inocuidade do alimento. Diferente do encontrado no experimento em questão. Porém,

não foi observada a presença de *Escherichia coli* e *Staphylococcus coagulase-positivo* nas amostras.

#### **4 | CONCLUSÃO**

Os camarões defumados armazenados congelados (-18°C) apresentam melhores características físico-químicas e microbiológicas que os camarões armazenados refrigerados (4°C). Por exemplo, enquanto o pH do camarão congelado diminuiu ao longo do tempo o pH do camarão refrigerado aumenta atingindo o limite exigido pela legislação. Para a oxidação lipídica, houve um aumento nos camarões refrigerados e diminuição no camarão congelado. As bases nitrogenadas voláteis foram estáveis para o camarão congelado, porém com aumento no camarão refrigerado, indicando assim diminuição do frescor. Nas análises microbiológicas, o camarão congelado não apresentou desenvolvimento microbiano durante todo o período de armazenamento, enquanto que o camarão refrigerado, mesmo estando dentro dos parâmetros permitidos pela legislação, houve presença de *Staphylococcus coagulase positiva* após 60 dias de armazenamento. Dessa forma, os camarões defumados com fumaça líquida apresentam boas características físico-químicas e microbiológicas durante 60 dias de armazenamento quando estão congelados a -18°C e 15 dias quando mantidos refrigerados a 4°C.

#### **REFERÊNCIAS**

- Adeyeye, S. A. O., Oyewole, O. B., Obadina, O. A., Omemu, A. M., Adeniran, O. E., Oyedele, H. A., Olugbile, A. & Omoniyi, S. A. (2017). Effect of smoking methods on quality and safety of traditional smoked fish from lagos state, Nigeria, *Journal of Culinary Science & Technology*, 15:1, 17-35, doi: 10.1080/15428052.2016.1185072
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on automatic control*, 19, 716-723. doi: 10.1109/TAC.1974.1100705.
- AOAC (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. 18. ed. atual. Gaithersburg, MA: AOAC International.

- Brasil. (2019a). RESOLUÇÃO - RDC Nº 331, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial Da União, Publicado em: 26/12/2019 | Edição: 249 | Seção: 1 | Página: 96
- Brasil. (2019b). INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 60, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial Da União, Publicado em: 26/12/2019 | Edição: 249 | Seção: 1 | Página: 133
- Brasil. (2019c). INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, de 28 de agosto de 2019. Fica aprovado o Regulamento Técnico que fixa a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o camarão fresco, o camarão resfriado, o camarão congelado, o camarão descongelado, o camarão parcialmente cozido e o camarão cozido. Diário Oficial Da União, Publicado em: 28/08/2019 | Edição: 166 | Seção: 1 | Página: 1.
- Brasileiro, O. L., Cavalheiro, J. M. O., Prado, J. P. S., Anjos, A. G., Cavalheiri, T. T. B. Determination of the chemical composition and functional properties of shrimp waste protein concentrate and lyophilized flour. Food Science and Technology - Ciência e Agrotecnologia. 36 (2), 189-194. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000200007>
- Cadun, A., Kisla, D., Çakli, S. (2008). Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. Food Chemistry, 109, 1, 81-87. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.12.021
- Chagas, A.M., Menezes Neta, I.S., Oliveira Filho, P. R. C. (2016). Rendimento, umidade e aceitação sensorial do carapicu (*Eucinostomus melanopterus*, Bleeker, 1863) submetido a diferentes métodos de defumação. Actapesca, 4, 110-120.
- Chao, X., Bin, Z., Lu-Kai, M., Ji-Peng, S. (2016). Cryoprotective effects of trehalose, alginate, and its oligosaccharide on quality of cooked-shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during frozen storage. Journal of Food Processing and Preservation, 41, 2, 12825. doi org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jfpp.12825
- Dang, T. T; Gringer, N.; Jessen, F.; Olsen, K.; Bøknæs, N.; Nielsen, P. L.; Orlien, V. (2018). Emerging and potential technologies for facilitating shrimp peeling: A review. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 45, 228-240. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.10.017>
- Da Silva Santos, F. M., Da Silva, A. I. M., Vieira, C. B., Araújo, M. H., Da Silva, A. L. C., Carneiro-Da-Cunha, M. G., Souza, B. W. S., Bezerra, R. S. (2017). Use of chitosan coating in increasing the shelf life of liquid smoked Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet. Journal of Food Science and Technology, 54, 1304–1311. doi.org/10.1007/s13197-017-2570-3
- Evangelista-Barreto, N. S., Silva, R. A. R., Cerqueira A. B. N., Farias, A. P. F., Bernardes, F. S., Silva, I. P. (2016). Qualidade microbiológica e físico-química do camarão salgado, seco e defumado comercializado em Frescoz das Almas, Recôncavo da Bahia. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, 4 (2), 1-7. doi.org/10.2312/Actafish.2016.4.2.1-7
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals. Roma: FAO, 2018.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. The state of world fisheries and aquaculture 2020: Sustainability in Action.
- Freire, B. C. F., Soares, K. M. P., Costa, A. C. A. A., Souza, A. S., Silva, L. K. C., Góis, V. A., Bezerra, A. C. D. S., Gomes, H. A. N. (2016). Qualidade de camarão

- (*Litopenaeus vannamei*) minimamente processado. Acta Veterinaria Brasilica, 10, 2, 150-155. doi.org/10.21708/avb.2016.10.2.5543
- Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Barat, J. M., Serra, J. A. (2010). Physicochemical characterization of some smoked and marinated fish products. Journal of Food Processing and Preservation, 34, 1, 83-103. doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00350.x
- Hernández Becerra, J. A.; Ochoa Flores, A. A.; Valerio-Alfaro, G.; Soto-Rodríguez, I.; Rodríguez-Estrada, M. T.; García, H. S. (2014). Cholesterol oxidation and astaxanthin degradation in shrimp during sun drying and storage. Food Chemistry, 145, 832-839.
- Howgate, P. (1976). Determination of Total Volatile Bases. Torry Research Station. Aberdeen, TD 564, Appendix 4.
- Huang, Y. R., Zelaya, M. F. G. & Shiau, C.Y. (2016). Changes in biochemical compositions and quality of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. Journal of Aquatic Food Product Technology, 25, 35-45. doi.org/10.1080/10498850.2013.824944
- Huss, H. H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish. FAO fisheries technical paper, (348), Roma.
- Jatobá, R. F, Oliveira Filho, P. R. Silagem Biológica Elaborada com Resíduos de Filetagem de Saramunete (*Pseudupeneus maculatus*). (2017). Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, 10, 58-68. https://doi.org/10.18817/repesca.v10i1.1170
- Khazaei, N., Esmaili, M., Emam-Djomeh, Z. (2017). Application of active edible coating made from basil seed gum and thymol for quality maintenance of shrimp during cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97, 1837-1845. doi:10.1002/jsfa.7984.
- Kilic, and Oztan, A. (2016). Preservative characteristics of ascorbic acid on color, texture and fatty acid of cold-smoked fish. International Journal of Food Engineering, 12, 1, 49-61. doi:10.1515/ijfe-2014-0095
- Kong, K. J. W., Alcicek, Z., Balaban, M. O. (2015). Effects of dry brining, liquid smoking and high-pressure treatment on the physical properties of aquacultured King salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) during refrigerated storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(4), 708-714. doi:10.1002/jsfa.6754
- Kpoclou, Y, E., Anihouvi, V. B., Azokpota, P. Soumanou, M. M., Scippo, M-L., Hounhouigan, D. J. (2017). Pest and mould infestation of smoked shrimp and preventive measures for storage in cottage industry. Indian Journal of Traditional Knowledge, 16(1), 95-99.
- Liu F., Li S., Yu Y., Sun M., Xiang J., Li F. (2020). Effects of ammonia stress on the hemocytes of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Chemosphere, 239, 124759. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124759
- Martínez, O., Salmerón, J., Epelde, L., Vicente, M. S., Vega, C. (2018). Quality enhancement of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets by adding resveratrol and coating with chitosan and alginate edible films. Food control, 85, 168-176. doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.003
- Mastanjevic K. M., Kartalovic B. D., Vranešević, J. M., Novakov N. J., Habschied, K. J. (2019). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the traditional smoked sausage Slavonska kobasica. Journal of Food Composition and Analysis, 83, 103282. doi.org/10.1080/19393210.2020.1712481

- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E., Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture, *Nature* 591, 551–563. doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6
- Norman, R.A., Frescomlish, M., Stetkiewicz, S. (2019). The importance of fisheries and aquaculture production for nutrition and food security. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 38 (2), 395-407. doi: 10.20506/rst.38.2.2994
- Ogawa, M & Maia, E. L. (1999). *Manual de pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado*. São Paulo: Varela.
- Oliveira Filho, P. R. C., Viegas, E. M. M., Kamimura, E. S. & Trindade, M. A. (2012). Evaluation of physicochemical and sensory properties of sausages made with washed and unwashed mince from Nile tilapia by-products, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21:3, 222-237, doi:10.1080/10498850.2011.590270
- Oliveira Filho, P. R. C., Reis, P. V. M., Araújo, I. B., Raul, L. J., Shinohara, N. K. S., Daza, T. E. L. (2018). Avaliação de linguças de tilápias do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) submetidas a diferentes métodos de defumação. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 35(2). doi.org/10.5380/bceppa.v35i2.60310
- Oliveira Filho, P. R. C.; Araújo, I. B.; Raúl, L. J.; Maciel, M. I. S.; Shinohara, N. K. S.; Gloria, M. B. A. (2021). Stability of refrigerated traditional and liquid smoked catfish (*Sciades herzbergii*) sausages. *Journal of food science*, 86 (7), 2939-2948. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15811
- Pan, C., Chen, S., Hao, S., Yang, X. (2019). Effect of low-temperature preservation on quality changes in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 6121-6128. doi:10.1002/jsfa.9905.
- Rebouças, L. O. S., Lemos, L. L. A., Soares, D. C. E., Santos, T. C. L., Assis, A. P. P., Campelo, M. C. S., Silva, J. B. A., Lima, P. O. (2017). Physical and sensorial quality of *Litopenaeus vannamei* shrimp cultivated in freshwater. *Revista de Ciências Agro veterinárias, Lages*, 16, 4, 473-479. doi.org/10.5965/223811711642017473
- Silva, M. O., Soares, A. B. J., Mazutti, M. A., Clarissa Dalla Rosa, C. D., Soares, M. B. A. (2019). Statistical process control for industrial baking process of smoked Calabrese-type sausage. *Journal of Food Process Engineering*, 42(8). doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jfpe.13295
- Simões, J. S., Mársico, E. T., Lázaro, C. A., Ferreira, M. S., Franco, R. M., Pereira, A. P. A. A. S., Conte-Junior, C. A. (2015). Microbiological, physical and chemical characteristics of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) in modified-atmosphere packaging. *Institute of Food Science & Technology*, 50, 1, 128-135. https://doi.org/10.1111/ijfs.12644
- Sun, Y., Ma, L., Ma, M., Zheng, H., Zhang, X., Cai, L., Li, J., & Zhang, Y. (2018). Texture characteristics of chilled prepared Mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) during storage. *International Journal of Food Properties*, 21, 242–254. doi.org/10.1080/10942912.2018.1451343
- Tan, M., Me, J., Xie, J. (2021). The Formation and Control of Ice Crystal and Its Impact on the Quality of Frozen Aquatic Products: A Review. *Crystals*, 11, 68. https://doi.org/10.3390/cryst11010068

Vyncke, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Seifen Anstrichmittel*, Hamburg, 72, 1084 – 1087.