



Tópicos em ciência dos alimentos

Volume IV



Wesclen Vilar Nogueira
Organizador



Pantanal Editora

2022

Wesclen Vilar Nogueira
Organizador

Tópicos em ciência dos alimentos
Volume IV



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
T673	Tópicos em ciência dos alimentos [livro eletrônico]: volume IV / Organizador Wesclen Vilar Nogueira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 75p. : il. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-81460-46-4 DOI https://doi.org/10.46420/9786581460464 1. Alimentos – Análise. 2. Tecnologia de alimentos. I. Nogueira, Wesclen Vilar. CDD 664.07
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

A coleção de e-books “Tópicos em Ciência dos Alimentos” aborda e demonstra diferentes aspectos relacionados à cadeia produtiva de alimentos. O Volume IV da coleção aborda em seus capítulos o desenvolvimento de novos produtos, aspectos nutricionais, físico-químicos e microbiológicos de alimentos, bem como o controle de contaminantes (e.g., metais e micotoxinas).

O e-book não tem a pretensão de ser completo, mas fornecer informações importantes e supri a escassez de material na literatura para assuntos muitas vezes desconhecidos. Para isso, utilizou-se linguagem contextualizada e de fácil compreensão aos leitores. Assim, espero que os pontos abordados possam ser utilizados por profissionais da área de Ciência dos Alimentos e áreas afins nos diferentes níveis de formação, garantindo a difusão de conhecimento para a sociedade.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Wesclen Vilar Nogueira

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Potencialidades na elaboração de bala de goma com ora-pro-nobis e estévia	6
Capítulo 2	26
Peixe fresco: aspectos nutricionais, físico-químicos e microbiológicos	26
Capítulo 3	45
Controle de mercúrio em alimentos	45
Capítulo 4	60
Processos biotecnológicos relacionados à mitigação de micotoxinas em alimentos	60
Índice Remissivo	74
Sobre o organizador	75

Peixe fresco: aspectos nutricionais, físico-químicos e microbiológicos

Recebido em: 23/06/2022

Aceito em: 25/06/2022

 10.46420/9786581460464cap2

Joabe Bernardo Ribeiro¹ 

Wesclen Vilar Nogueira^{2*} 

Ricardo Henrique Bastos de Souza³ 

Juliana Ferraz Huback Rodrigues⁴ 

Rute Bianchini Pontuschka⁵ 

INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) por meio do relatório “*The State of World Fisheries and Aquaculture*”, a produção de pescado em 2018, incluindo os setores aquícola e extrativista, ultrapassou 200 milhões de toneladas (t) (FAO, 2020). Para vias de definição, o termo pescado compreende os peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os quelônios e os mamíferos de água doce ou salgada, utilizados na alimentação humana (Brasil, 2017). Dentre as espécies de pescado produzidas em 2018, 179 milhões de t correspondem a peixes. Do total produzido, 156 milhões de toneladas foram utilizadas para consumo humano, principalmente na forma de peixe fresco. As restantes 22 milhões de t foram destinadas a usos não alimentares, principalmente para a produção de farinha e óleo de peixe (FAO, 2020). O consumo de peixe fresco tem aumentado nos últimos anos por ser considerado um alimento mais nutritivo e saboroso quando comparado aos industrializados ou congelados (Abdollahpour et al., 2018). Isto está relacionado ao fato de esse produto não ter passado por processos drásticos (e.g., calor, enlatamento ou congelamento), métodos esses que, embora contribuam para o aumento da vida de prateleira do alimento, podem causar perda de nutrientes e/ou alteração nas características sensoriais (Minozzo, 2011).

Quando se trata de peixe fresco, a manutenção do frescor é de particular importância pelo fato de ser um alimento altamente perecível devido às suas características intrínsecas, de forma que após a morte iniciam diversas alterações químicas, sensoriais e microbiológicas (Presenza et al., 2021). O peixe fresco tem prazo de validade extremamente curto, portanto, as Boas Práticas na cadeia desse produto

¹ Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Departamento de Engenharia de Pesca, Presidente Médici, RO, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Escola de Química e Alimentos, Rio Grande, RS, Brasil.

³ Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Departamento de Engenharia de Pesca, Presidente Médici, RO, Brasil.

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Departamento de Zootecnia, Cacoal, RO, Brasil.

⁵ Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Departamento de Engenharia de Pesca, Presidente Médici, RO, Brasil.

* Autor de correspondência: wesclenvilar@gmail.com e rutepont@unir.br

devem ser observadas desde o momento da captura até que chegue ao consumidor final (Nunes et al., 2007).

O frescor é um dos aspectos que determina a qualidade de alimentos não processados, assim como a segurança, as propriedades sensoriais e o valor nutricional (Oetterer et al., 2014). Na verdade, o frescor é um atributo que varia continuamente e tende a ser perdido ao longo do tempo (Presenza et al., 2022). Em relação ao pescado, pode-se dizer que este é fresco quando apresenta propriedades similares às que possuía em vida. O Artigo 333 do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal estabelece que, “pescado fresco é aquele que não foi submetido a qualquer processo de conservação, a não ser pela ação do gelo, mantido em temperaturas próximas à do gelo fundente, com exceção daqueles comercializados vivos” (Riispoa, 2020). A qualidade do peixe fresco, especificamente, está disposta no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco, Portaria nº 185 de 13 de maio de 1997 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que define peixe fresco como “produto obtido de espécimes saudáveis e de qualidade adequada para o consumo humano, convenientemente lavado e que seja conservado somente pelo resfriamento a uma temperatura próxima a do ponto de fusão do gelo” (Brasil, 1997).

Desta forma, em virtude da alta exploração do pescado, neste capítulo foram compiladas informações referentes à cadeia de produção de pescado fresco, mais especificamente a cadeia de produção de peixe.

PEIXE COMO ALIMENTO E PRODUÇÃO PISCÍCOLA NO BRASIL

A média mundial relativa ao consumo de pescado bateu recorde em 2020, atingindo 20,5 kg/habitante/ano. No Brasil, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, o consumo de pescado no Brasil em 2020 foi de apenas 10 kg/habitante/ano, abaixo do recomendado (12 kg/habitante/ano) (FAO, 2020). Quando se refere especificamente ao consumo de peixe, esse valor é de aproximadamente 9 kg/habitante/ano. No entanto, na região amazônica, o consumo de peixe pelas comunidades ribeirinhas está próximo de 150 kg/habitante/ano (Oliveira et al., 2010). Para as demais regiões brasileiras, o baixo consumo está relacionado à falta de padrão de distribuição e pouca aceitação do seu cheiro e sabor, principalmente para pescados comercializados em feiras livres. Além disso, devem ser considerado os fatores socioeconômicos (Matos et al., 2019). No entanto, o consumo de pescado no Brasil vem aumentando ao longo dos anos, o que estimula a produção. Mesmo com incertezas e desafios, a produção de peixe no Brasil cresceu 5,93% em 2020 (Figura 1), atingindo valores superiores a 800 mil t quando comparado a 2019 (758.006 t) de acordo com informações da Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR, 2021).

Dentre as espécies produzidas, a tilápia (*Oreochromis* sp.) apresentou despesca de 486,1 mil t, representando 60,6% da produção de peixes do país em 2020. Os peixes nativos, principalmente o tambaqui (*Colossoma macropomum*), continuam representando um segmento importante, porém apresentou

produção reduzida (3,2%), caindo de 287.930 t em 2019 para 278.671 t em 2020. Além disso, o país apresenta cultivo considerável de outras espécies (e.g., carpas, trutas). Além disso, a produção nacional deve crescer ainda mais devido à liberação para produção de espécies pertencentes ao gênero *Pangasius* (*P. bocourti* e *P. hypophthalmus*), pois as condições climáticas são favoráveis (Peixe BR, 2021).

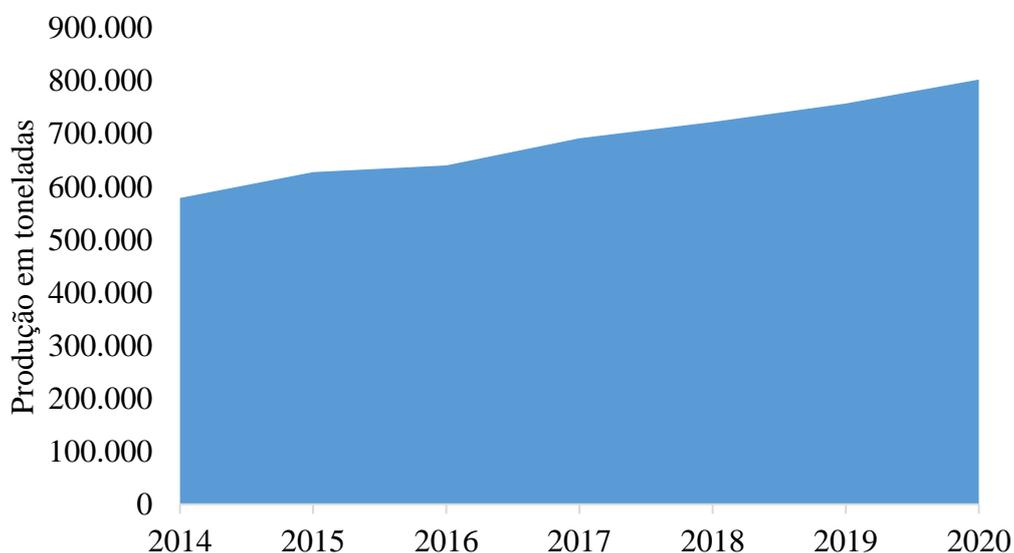


Figura 1. Crescimento da produção de peixe no Brasil. Fonte: Peixe BR (2021).

Independente da espécie, os peixes são excelente fonte de proteínas com digestibilidade e valor biológico significativos, contendo todos os aminoácidos essenciais, destacando-se a lisina, pelos seus altos teores (Oetterer et al., 2006). A gordura do peixe também é diferenciada devido à presença de ácidos graxos poli-insaturados, devendo ainda ser mencionados os minerais, os lipídios e as vitaminas (Tilami; Sampels, 2018). Em termos percentuais, a composição química do peixe é basicamente água (60 % a 80 %), proteína (cerca de 20 %), lipídios (0,5 % a 10 %) e sais minerais (0,8 % a 2 %) (Bressan; Peres, 2001).

Um dos principais destaques dos peixes, do ponto de vista nutricional, está relacionado à quantidade de ácidos graxos ômega-3, principalmente o eicosapentaenoico (EPA) e o docosaexaenoico (DHA), que participam de diversos processos metabólicos e fisiológicos no organismo humano. Esses nutrientes são essenciais, pois não podem ser sintetizados pelo organismo. Dentre os efeitos benéficos do ômega-3 estão os relacionados à prevenção de doenças cardíacas, pois ajudam o coração a bater em ritmo constante e melhoram a circulação sanguínea (Leaf, 2007). O limite de segurança para ingestão de EPA e DHA é de 2 g dia/per capita, já que o consumo excessivo pode ser maléfico (FAO, 2010). A Tabela 1 apresenta a quantidade de ácidos graxos ômega-3 EPA e DHA em alguns peixes.

As diferenças entre espécies, fisiologia, idade, além da região e época de captura são fatores que determinam a composição química da carne do peixe, sendo que quanto maior a idade do animal, maior a concentração de gordura e menor a de água (Pereda et al., 2005). Além disso, alguns fatores podem influenciar no tempo de vida útil. Dentre estes, os métodos de captura se destacam, pois caso o animal

sofra estresse nesta etapa, as reservas energéticas serão reduzidas, influenciando em eventos bioquímicos posteriores, como o rigor mortis, que ocorrerá mais rapidamente, o que não é desejável (Ribas et al., 2007).

Tabela 1. Teor de ácidos graxos em 100 g de parte comestível crua. Fonte: NEPEA (2011).

Espécie	Saturados	Monoinsaturados	Poli-insaturados	EPA	DHA
Abadejo (<i>Genypterus blacodes</i>)	0,1	0,1	0,1	0,01	0,08
Bacalhau (<i>Gadus morrhbus</i>)	0,6	0,3	0,2	0,02	0,06
Cação (<i>Carcharhinus</i> spp.)	0,1	0,1	0,2	0,02	0,10
Corimba (<i>Prochilodus lineatus</i>)	2,5	2,3	0,3	0,04	0,03
Lambari (<i>Astyanax taeniatus</i>)	3,4	3,3	1,1	0,10	0,12
Merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>)	0,9	0,5	0,4	0,03	0,11
Pescada (<i>Macrondon onchylodon</i>)	0,9	2,3	0,3	0,06	0,13
Pescadinha (<i>Cynoscion striatus</i>)	0,3	0,2	0,4	0,09	0,23
Pintado (<i>Pseudoplatistoma coruscans</i>)	0,6	0,4	0,1	0,01	0,01
Salmão (<i>Salmo salar</i>)	2,5	2,9	3,1	0,43	0,46
Sardinha (<i>Sardinella brasiliensis</i>)	1,7	0,5	0,2	0,01	0,06
Tucunaré (<i>Cichla monoculus</i>)	0,6	0,4	0,4	0,03	0,12

ABATE DO PESCADO

As condições humanitárias devem prevalecer em todos os momentos precedentes ao abate, garantindo que os animais sejam abatidos sem sofrimentos desnecessários. A Portaria nº 365 de 16 de julho de 2021 do MAPA aprovou o Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate Humanitário e os métodos de insensibilização. Esta legislação tem como alvo o abate dos animais de açougue e de pescado. Porém, no Art. 4º, inciso VIII, em sua definição de pescado, a Portaria se reporta apenas aos “anfíbios e os répteis abatidos em estabelecimentos sob inspeção veterinária oficial”, não incluindo, assim, os peixes (Brasil, 2021).

De qualquer forma, o abate humanitário para peixes precisa ser considerado já que são animais sencientes. Pedrazzani et al. (2007), abordaram esse tema com o intuito de saber qual a opinião das pessoas sobre a senciência (capacidade de se ter consciência de sensações e sentimentos) dos peixes. Os resultados indicaram que 87 % dos entrevistados acreditavam que os peixes podem sentir dor e apenas 10 % disseram que não. Segundo esses mesmos autores, a questão da dor tem grande significado para o bem-estar animal. O sistema relacionado à consciência da dor inclui uma análise cerebral complexa e se sabe que as estruturas do cérebro que transmitem a dor em outros vertebrados também são encontradas em peixes (Learmonth, 2020). Por isso, por parte de alguns existe preocupação relacionada aos métodos

de insensibilização de peixes antes do abate (Viegas et al., 2012). A insensibilização influenciará diretamente na qualidade do produto, visto que proporciona o abate ideal, causando menos prejuízo à carne do pescado. Além disso, o abate deve ser fácil, rápido e higiênico. Logo, o abate deve ser realizado em duas etapas. Na primeira, o animal precisa ser insensibilizado e, na segunda, é provocada a morte pelos métodos cabíveis. Para peixe, há vários métodos para o abate, dentre eles: choque elétrico, percussão craniana, secção da medula, imersão em dióxido de carbono (CO_2) e choque térmico (termonarcese) (Silva, 2016).

Dentre os métodos, a aplicação de choque elétrico parece ser um dos melhores para o animal, pois causa menos estresse (Galhardo & Oliveira, 2006). No entanto, é necessário ter conhecimento da voltagem e tempo de exposição para que não ocorra o comprometimento do músculo dos peixes com a ocorrência de hemorragias (Nordgreen et al., 2008; Vargas et al., 2013). Abate por meio de percussão craniana também está entre os mais adequados, pois assegura a perda permanente de sensibilidade (Lines et al., 2003). Quanto à secção de medula, é também um método eficaz na insensibilização do animal, podendo ser realizada com uso de faca afiada introduzida em um dos opérculos do peixe na posição de 30° até atingir a medula, realizando-se imediatamente a secção da mesma. O método de secção de medula é superior aos demais no tocante à insensibilização, minimizando consideravelmente o tempo de sofrimento comparativamente à termonarcese, por exemplo (Pedrazzani et al., 2008).

O choque térmico (termonarcese) é um dos métodos mais utilizados no abate do pescado, principalmente no Brasil. Neste método, o peixe é imerso na água com gelo, em temperatura próxima a 1°C (Libanori et al., 2020). Essa condição proporciona diminuição do metabolismo do animal e o consumo de oxigênio, até que ocorra a morte (Ribas et al., 2007). No entanto, esse método passa por alguns questionamentos, pois causa um longo sofrimento ao animal, com aumento do cortisol plasmático, irregularidade na frequência cardíaca, podendo ainda causar movimentos de fuga (Conte, 2004; Ashley, 2007). Viegas et al. (2012) expõem vários casos em que a insensibilização de peixes por esse método foi demorada, tendo chegado a 198 minutos em truta arco-íris. Ao ser mergulhado na água gelada o peixe fica imóvel, ou seja, aparentemente insensível, porém, mesmo paralisado o animal pode estar consciente (Kestin et al., 2002). Já o abate por imersão em água saturada com CO_2 causa muito estresse ao animal pois ocorre acidificação do meio. O CO_2 se dissolve originando H_2CO_3 (ácido carbônico) em equilíbrio com HCO_3^- e H^+ (Poli et al., 2005).

Desta forma, foram elaborados protocolos para o estudo da eficiência dos métodos de insensibilização (Kestin et al., 2002). As variáveis observadas logo após a aplicação das técnicas de insensibilização para detecção de inconsciência e insensibilização foram divididas em três grupos: (1) comportamentos espontâneos, envolvendo o comportamento natatório, o equilíbrio e o comportamento após pressão e alfinetada na cauda; (2) reflexos clínicos, incluindo o batimento opercular e o reflexo ocular; e (3) resposta ao estímulo doloroso. O emprego dos protocolos e conhecimento das técnicas de abate humanitário pelos produtores são necessárias, pois a falta de conhecimento promove, por parte de

alguns, a utilização de substâncias químicas anestésicas para reduzir o estresse dos peixes (e.g., óleo de cravo) (Inoue et al., 2005). No entanto, a aplicação de produtos químicos por ocasião do abate é uma prática inadequada por causa do consumo posterior da carne, pois pode haver risco de contaminação pela ingestão desses agentes químicos que se acumulam no músculo (Ribas et al., 2007).

Portanto, há uma necessidade de conscientização quanto ao abate humanitário dos peixes. São necessários investimentos nessa área, bem como o desenvolvimento de novos equipamentos para garantir bem-estar aos animais uma vez que as técnicas de captura, insensibilização e abate podem interferir na qualidade da carne (Pedrazzani et al., 2007). Assim, as condições humanitárias devem prevalecer em todos os momentos precedentes ao abate, a começar pelos métodos de captura, que provocam estresse, fazendo com que os peixes se esforcem tentando escapar, causando redução das reservas energéticas (glicogênio). Estas circunstâncias tornam a instalação do rigor mortis precoce, afetam o pH final da carne e, conseqüentemente, diminuem a qualidade do produto (Pereda et al., 2005; Bagni et al., 2007).

ALTERAÇÕES *POST-MORTEM* NO PESCADO

Rigor mortis

O *rigor mortis* ou rigidez cadavérica é uma contração muscular irreversível, ou seja, há perda da elasticidade dos músculos devido à actomiosina formada pelo complexo actina/miosina durante a contração muscular após a morte do animal e a concomitante falta de energia para que esse complexo seja desfeito (Fontenele et al., 2013). Após a morte, o metabolismo muscular torna-se anaeróbico. Assim, havendo reserva de glicogênio muscular, esse será metabolizado anaerobicamente até ácido lático, formando também duas moléculas de ATP que, por sua vez, serão usadas pelo músculo para manter o processo de contração e relaxamento. Desta forma, enquanto houver fonte de ATP, o músculo continuará flexível (Fennema et al., 2010).

Quanto mais durar o *rigor mortis*, menores serão as mudanças nas características da carne do pescado e maior será o tempo de prateleira, pois a formação do ácido lático reduz o pH da musculatura, retardando o desenvolvimento de micro-organismos. O pH da musculatura cai de 7 para cerca de 6,3 - 6,2 (Pereda et al., 2005). O *rigor mortis* têm três etapas (Tavares; Gonçalves, 2011). O pré-*rigor mortis* que ocorre entre a morte e o início da contração muscular. É caracterizada por músculos flexíveis e que respondem ao estímulo elétrico. É nessa fase que se acumula o ácido lático por causa da glicólise anaeróbica. Em seguida ocorre o *rigor mortis*, nesta fase ocorre o enrijecimento muscular irreversível por conta do esgotamento das reservas de energia. O pH chega ao seu valor mínimo e não há resposta ao estímulo elétrico. Nos peixes o rigor começa na cabeça e avança para cauda. Nessa fase pode-se utilizar a medição da curvatura para obter o índice do *rigor mortis* que pode ser estabelecido pela Equação 1, onde, D_0 corresponde a distância inicial entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal e D_t a distância final entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal.

$$\text{Rigor mortis (\%)} = [(Dt - D0) / D0] \times 100 \quad (1)$$

E por fim, o pós-*rigor mortis*, fase na qual o músculo recupera parte da maciez que havia no pré-*rigor*. O amolecimento do músculo está associado a atuação das calpains sobre as cadeias miofibrilares. Essas enzimas apresentam necessidade de utilização de cálcio para sua ativação. Durante essa etapa a concentração do íon cálcio no sarcoplasma aumenta durante o amaciamento devido à menor habilidade do retículo sarcoplasmático e da mitocôndria em acumulá-lo. De qualquer forma, o tema ainda é alvo de discussão e não é completamente entendido (Tavares; Gonçalves, 2011). Com a resolução do *rigor mortis* consolida-se o próximo passo dos eventos *post mortem*, a autólise (Lustosa Neto et al., 2016).

Autólise

Nessa fase, as enzimas do próprio pescado vão agir sobre a matéria orgânica. Enzimas do aparelho digestório e da carne tornam a superfície do peixe permeável, causando degradação dos tecidos (Pereda et al., 2005). Essas enzimas produzem substâncias que causam odor desagradável e provocam o amolecimento da carne (Argenta, 2012). Durante o processo de autólise há produção de aminoácidos a partir de proteínas digeridas enzimaticamente (proteólise). Concomitantemente, ocorre a lipólise, que gera aumento dos ácidos graxos livres. Outro processo degradativo que pode ocorrer é a oxidação lipídica dos ácidos graxos poli-insaturados liberados na lipólise, contribuindo com o odor indesejável (Fogaça; Sant’Ana, 2009). Desta forma, a lipólise e a proteólise propiciam no pescado um ambiente favorável aos micro-organismos ali presentes, pois esses se alimentam de nutrientes simplificados (Franco; Landgraf, 2008). Assim, o próximo passo é a degradação microbiana.

Degradação microbiana

O peixe possui bactérias tanto na superfície quanto no intestino. A biota bacteriana do pescado consiste de micro-organismos pertencentes principalmente aos gêneros *Flavobacterium*, *Acetivobacter*, *Moraxella* e *Pseudomonas*. Todos são naturais do ambiente e estão presentes no peixe vivo, pois o animal reflete a microbiota que está em seu habitat. Após a morte, essa flora terá uma ação deteriorativa sobre a matéria orgânica do pescado. Outro grupo de bactérias que pode contaminar e deteriorar o pescado são os coliformes termotolerantes, presentes em águas contaminadas por dejetos humanos ou de animais homeotérmicos (Pis-Ramírez et al., 2015; Silva-Rodrigues et al., 2020). Como fruto da decomposição bacteriana, há formação de várias substâncias como compostos sulfurados, amônia e aminas, alterando as características organolépticas do pescado como sabor, textura e odor, sem mencionar a perda nutricional (Rathod et al., 2021).

A ação dos micro-organismos, principalmente bactérias, ocorre predominantemente sobre as proteínas do pescado, que são hidrolisadas pelas enzimas bacterianas formando um “pool” de aminoácidos. Esses, então, são atacados por enzimas desaminases e carboxilases, também de origem

microbiana. Um exemplo importante é a descarboxilação da histidina, um aminoácido essencial, formando a histamina, que pode causar reações alérgicas em indivíduos mais sensíveis à substância (Filipec et al., 2021). Há ocorrência também da redução do óxido de trimetilamina (OTMA), composto inodoro naturalmente presente no pescado, formando a trimetilamina (TMA), de odor repugnante (Mohri; Kanauchi, 2018). Não se pode deixar de mencionar a decomposição da ureia (abundante nos elasmobrânquios), gerando amônia. Com exceção da histamina, que não tem odor, os demais compostos denunciam a perda de frescor (Ordóñez, 2005).

Fatores intrínsecos e extrínsecos que controlam o desenvolvimento microbiano

A velocidade dos processos de autólise e degradação microbiana em um alimento está intimamente ligada aos chamados fatores intrínsecos e extrínsecos. Os primeiros referem-se às características do próprio alimento, de modo que podem ou não favorecer os processos degradativos. Já os fatores extrínsecos referem-se às condições às quais o alimento é exposto. Os fatores intrínsecos do pescado são bastante favoráveis aos processos degradativos (Zhao et al., 2019).

A atividade de água é um dos fatores intrínsecos mais preponderantes no desenvolvimento microbiano. No alimento, a água está presente de três formas: i) água ligada ou água da monocamada. Esta porção da água está fortemente ligada aos grupos polares de carboidratos e proteínas. Não está disponível como solvente ou reativo. Fica ao redor do nutriente. É também denominada como água não congelável. ii) água parcialmente ligada. Esta forma pontes de hidrogênio com os nutrientes, é responsável pela hidratação de compostos solúveis, formando camadas de água. iii) água livre. Esta serve como meio reacional para enzimas, contribuindo com a autólise e como meio para o crescimento de micro-organismos (Fennema et al., 2010). A atividade de água, portanto, refere-se ao teor de água livre, disponível no alimento, sendo que valores próximos a 1 estão associados à alta perecibilidade e valores próximos a 0 estão associados à baixa perecibilidade (Silva et al., 2018). Entre os micro-organismos que exigem maior teor de água livre estão as bactérias, seguidas por bolores e leveduras. Alimentos que apresentam atividade de água abaixo de 0,60 não têm possibilidade de sofrer alteração por micro-organismos (Hoffmann, 2001).

O pH também é um relevante fator intrínseco na determinação do crescimento de micro-organismos, já que esses possuem valores de pH mínimo, ótimo e máximo para sua multiplicação (Tabela 2). Como o pescado, em grande parte, apresenta pH próximo à neutralidade (6,5 a 6,8) torna-se um produto favorável ao crescimento da maioria das bactérias (Cenci-Goga et al., 2020). Em relação à composição nutricional, as proteínas são consideradas os principais constituintes orgânicos dos tecidos dos peixes (Tabela 3), com proporções variando entre 15% e 25%. Isso está relacionado ao fato de as proteínas desempenharem várias funções. Algumas proteínas formam a fração sarcoplasmática, desempenham função contrátil e outras são responsáveis, principalmente, pela integridade dos músculos

(Soares; Gonçalves, 2012). Desta forma, a microbiota deteriorante em pescado será predominantemente proteolítica.

Tabela 2. Classificação dos alimentos em função do pH e micro-organismos predominantes. Fonte: Hoffman (2001).

Alimentos pouco ácidos	Alimentos ácidos	Alimentos muitos ácidos
<i>pH superior a 4,5</i>	<i>pH entre 4,0 e 4,5</i>	<i>pH inferior a 4,0</i>
Maioria das bactérias (patogênicas e deteriorantes)	Leveduras, bolores e algumas bactérias	Bolores e leveduras

Tabela 3. Composição para algumas espécies por 100 gramas de parte comestível crua. Fonte: NEPEA (2011).

Peixe	Proteína	Lipídeos	Kcal
Abadejo (<i>Genypterus blacodes</i>)	13,1	0,4	59
Bacalhau (<i>Gadus morrhbus</i>)	29,0	1,3	136
Cação (<i>Carcharhinus</i> spp.)	17,9	0,8	83
Corimba (<i>Prochilodus lineatus</i>)	17,4	6,0	128,0
Lambari (<i>Astyanax taeniatus</i>)	15,7	9,4	152,0
Merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>)	16,6	2,0	89,0
Pescada (<i>Macrodon oncyodon</i>)	16,7	4,0	107
Pescadinha (<i>Cynoscion striatus</i>)	15,5	1,1	76
Pintado (<i>Pseudoplatistoma coruscans</i>)	18,6	1,3	91
Porquinho (<i>Prochilodus</i> spp.)	20,5	0,6	93
Salmão (<i>Salmo salar</i>)	19,3	9,7	170
Sardinha (<i>Sardinella brasiliensis</i>)	21,1	2,7	114
Tucunaré (<i>Cichla monoculus</i>)	18,0	1,2	88

Dentre os principais fatores extrínsecos estão a atmosfera e a temperatura (Germano & Germano, 2008). A atmosfera é crucial, pois possui composição gasosa que envolve o alimento, determinando os tipos de micro-organismos (e.g., aeróbios e anaeróbios) que se multiplicarão no produto. Em contrapartida, a temperatura de estocagem afeta a multiplicação microbiana no pescado, já que para cada micro-organismo há temperaturas mínima, máxima e ótima para sua multiplicação (Garcia-Gonzalez et al., 2007; Taniwaki et al., 2009). Assim, os micro-organismos podem ser classificados em grupos, sendo os psicrófilos os que se desenvolvem em temperaturas entre 0 e 20 °C; os psicrotróficos que são capazes de crescer a 7 °C ou menos, independentemente da temperatura ótima de crescimento; os mesófilos

que crescem preferencialmente em temperaturas moderadas e os termofílicos que crescem preferencialmente em temperaturas acima de 75 °C.

CONSERVAÇÃO DO PESCADO OU PEIXE FRESCO

De acordo com Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, Art. 333, a conservação do pescado fresco se dá apenas pela ação do gelo, mantido em temperaturas próximas à do gelo fundente, com exceção daqueles comercializados vivos (Brasil, 2020). O gelo é uma peça-chave na conservação do pescado uma vez que aumenta o tempo de *rigor mortis*, retardando as reações químicas (autólise) e as atividades microbianas, mantendo o frescor do pescado desde a recepção até a comercialização (Li et al., 2022).

Em relação à quantidade de gelo a ser empregada na conservação, isso irá depender do ambiente em que o pescado será acondicionado e do período de tempo que durará o armazenamento, podendo ser de 50 a 100 % do peso do peixe. A proporção gelo/pescado deve ser entre 1:4 e 1:1 podendo ser até 1:2, o que será definido pelas condições da comercialização. Para maior eficiência do gelo sobre o pescado é importante o formato, que não pode ser pontiagudo, para não ferir o produto, e o tamanho, pois o gelo em pequenas partículas (e.g., moído ou escamas) proporciona melhor conservação (Pereira et al., 2009). O uso do gelo é vantajoso para conservação do pescado. Primeiro por possuir grande capacidade de resfriamento. Segundo que o derretimento do gelo é um sistema de controle com temperatura independente, sendo que com a alteração física do gelo, de sólido para líquido, ocorre o envolvimento de todos os pontos do peixe, deixando-o com resfriamento uniforme (Sharanagat et al., 2019).

Além disso, o gelo deve ser produzido com água potável ou água do mar limpa (Brasil, 2017), caso contrário, pode ser uma porta para que micro-organismos contaminem o pescado (Bressan; Perez, 2001). Portanto, após a despesca, durante o transporte, armazenamento e processamento e até chegar ao consumidor, a cadeia do gelo é essencial. Isso está relacionado ao fato de que, caso ocorram interrupções nessa cadeia, pode haver desencadeamento das alterações nos parâmetros físico-químicos e consequente perda de qualidade sensorial do pescado (Vázquez-Sánchez et al., 2020).

ASPECTOS DE QUALIDADE DO PEIXE FRESCO

A busca por peixe fresco é uma tarefa complexa, pois nem sempre é possível manter temperaturas baixas e uniformes em todas as etapas da distribuição *in natura*. Na cadeia produtiva deste pescado pode haver muitas intermediações até o produto chegar à mesa do consumidor, o que contribui para que o peixe seja exposto a condições adversas (Moura et al., 2009). Portanto, o pescado é analisado sob três aspectos para se determinar sua qualidade: físico-químico, sensorial e microbiológico (Vázquez-Sánchez et al., 2020).

Aspectos físico-químicos

pH

O pH é uma das variáveis físicas mais utilizadas para a determinação do frescor de peixes em decorrência da rapidez e facilidade de medição. Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, por meio do Decreto nº 9.013, de 29 de março 2017, Art. 211, o peixe fresco deve possuir pH da carne inferior a 7,0. (Brasil, 2017). Vale ressaltar que, o pH tende a diminuir após o abate do peixe. Isso ocorre pois após o abate não há mais circulação sanguínea, assim o glicogênio muscular segue a via anaeróbica para gerar energia. Como consequência, o produto final será o trifosfato de adenosina e o ácido lático. Porém, sem a circulação sanguínea o ácido lático não chega ao fígado para ser metabolizado, mas se acumula no músculo provocando a queda do pH (Harrysson et al., 2019).

Alguns questionam o uso do pH como parâmetro de qualidade para pescado (Özogul; Özogul, 2004), já que pode variar conforme com a espécie ou métodos de captura, não devendo ser utilizado, portanto, como o único parâmetro de avaliação de frescor.

Bases voláteis totais

As bases voláteis totais compreendem compostos como amônia, dimetilamina (DMA) e trimetilamina (TMA). Esses compostos se formam com a degradação proteica devido ao acúmulo de ácido lático e queda do pH, acarretando acúmulo no pescado (Santos et al., 2008). De acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), as bases voláteis totais em pescado fresco devem ser inferiores a 30 mg (trinta miligramas) de nitrogênio/100g (cem gramas) de tecido muscular (Brasil, 2017). Mas esta legislação adverte que poderão ser estabelecidos valores para bases voláteis totais distintos dos dispostos na legislação para determinadas espécies, a serem definidas em normas complementares, quando houver evidências científicas de que os valores naturais dessas espécies diferem dos fixados. É importante destacar que a utilização de bases voláteis totais para avaliar o frescor do pescado vem sendo questionada. Isso está relacionado ao fato de algumas espécies, mesmo apresentando os níveis deste parâmetro de acordo com a legislação, não estão aptos para o consumo humano. Por isso, a princípio essa análise não deve ser usada como critério único para verificação do frescor (Andrade, 2006).

Histamina

Após o abate do peixe, caso as condições de manuseio e estocagem sejam inadequadas ocorre a multiplicação microbiana e, com isso, dá-se início ao processo de deterioração e possível formação de compostos prejudiciais aos consumidores. Um exemplo desses compostos é a histamina. Esse composto se origina pela descarboxilação da L-histidina. A histamina possui potencial alergênico, podendo ocasionar intoxicação aos consumidores, no entanto, em casos graves pode levar à morte (Asghari et al., 2022; Sadeghi et al., 2019). Vale ressaltar que a histamina pode estar presente no pescado antes de este

ser considerado inadequado para consumo. Além disso, a histamina é termorresistente e não volátil, ou seja, após formada dificilmente será destruída e pode estar presente, inclusive, em produtos enlatados. Portanto, a melhor medida a se tomar é a prevenção, sendo a higiene e baixas temperaturas fatores preponderantes nesse tocante (Souza et al., 2015). O RIISPOA (Brasil, 2017) estabelece que esse composto deve ser controlado em espécies formadoras, enquanto que a Portaria 185 (Brasil 1997) estabelece que o valor máximo não deve ser superior a 100 mg/kg em espécies histaminogênicas.

A Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, concordando com a Portaria 185, relata que o controle de histamina deve ser maior em espécies de pescado pertencentes às famílias formadoras de elevados teores de hitamina, como *Carangidae*, *Gempylidae*, *Istiophoridae*, *Scombridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryfenidae*, *Pomatomidae*, *Scombrosidae* (Brasil, 2019), estabelecendo o mesmo limite máximo de histaminas: 100 mg/kg (cem miligramas por quilograma) de tecido muscular. Neste caso, deve-se tomar como base uma amostra composta por 9 (nove) unidades amostrais e nenhuma unidade amostral pode apresentar resultado superior a 200 mg/kg (duzentos miligramas por quilograma) (Brasil, 2019). Vale ressaltar que a quantidade mínima necessária para causar intoxicação é de 100 ppm (Jay, 2005).

Controle de biotoxinas ou de outras toxinas perigosas

Por ocasião da decomposição bacteriana no músculo do pescado, pode haver liberação de enxofre proveniente de aminoácidos sulfurados, havendo formação de ácido sulfídrico em virtude de o meio estar ácido. Além disso, pode ocorrer formação do indol a partir da degradação microbiana sobre o triptofano, um aminoácido essencial. A presença de ácido sulfídrico e indol indica que o pescado já se encontra em estágios de decomposição avançados (Ndeti et al., 2021). Ambas as substâncias são tóxicas e devem ser controladas, no entanto não possuem valores na legislação vigente estabelecidos.

Aspectos sensoriais

Os aspectos sensoriais do pescado são aqueles que podem ser percebidos pelos sentidos, ou seja, sabor, odor, textura e aparência. A avaliação desses parâmetros é um método comumente utilizado para a avaliação da qualidade do peixe fresco e é denominada avaliação sensorial (Bogdanović et al., 2012). A avaliação sensorial é um método fácil e de grande importância, pois pode ser desenvolvido tanto pelos consumidores quanto pelo setor pesqueiro e serviços de inspeção na avaliação do pescado (Hyldig; Green-Petersen, 2005; Freitas et al., 2021). De acordo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Brasil, 2017), Art. 2010, na avaliação dos atributos de frescor do peixe, respeitadas as particularidades de cada espécie, devem ser verificadas os seguintes aspectos sensoriais: superfície do corpo limpa, com relativo brilho metálico e reflexos multicores próprios da espécie, sem qualquer pigmentação estranha; olhos claros, vivos, brilhantes, luzentes, convexos, transparentes, ocupando toda a cavidade orbitária; brânquias ou guelras róseas ou vermelhas, úmidas e brilhantes com

odor natural, próprio e suave; abdômen com forma normal, firme, não deixando impressão duradoura à pressão dos dedos; escamas brilhantes, bem aderentes à pele, e nadadeiras apresentando certa resistência aos movimentos provocados; carne firme, consistência elástica, da cor própria da espécie; vísceras íntegras, perfeitamente diferenciadas, peritônio aderente à parede da cavidade celomática; ânus fechado; e odor próprio, característico da espécie.

Um método que tem se mostrado rápido e eficiente para determinar o frescor e a qualidade do pescado empregando-se os aspectos sensoriais estabelecidos no Art. 210 do RIISPOA de 2017, é o Método do Índice de Qualidade (MIQ) (Vázquez-Sánchez et al., 2020). O MIQ se baseia na avaliação dos aspectos sensoriais por meio de um sistema de classificação no qual para cada um dos atributos são selecionados de 2 a 4 descritores, para cada descritor são atribuídos pontos de demérito, de 0 a 3. Os descritores usados na identificação dessas alterações sensoriais devem ser claros, breves e sem qualquer equívoco, normalmente envolvendo uma ou duas palavras, objetivando minimizar quaisquer confusões por parte do painel avaliador. Quando um descritor indica maior índice de frescor, recebe pontuação 0 (zero). Por outro lado, quando recebe pontuações maiores como 2 (dois) ou 3 (três), indica perda de frescor ou estado de degradação avançado (Bogdanović et al., 2012).

Para este último caso, vale ressaltar que o RIISPOA (Brasil, 2017), Art. 499, o pescado ou os produtos de pescado são considerados impróprios para consumo humano, na forma como se apresentam, quando: estejam em mau estado de conservação e com aspecto repugnante; apresentem sinais de deterioração; sejam portadores de lesões ou doenças; apresentem infecção muscular maciça por parasitas; tenham sido tratados por antissépticos ou conservadores não autorizados pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal; tenham sido recolhidos já mortos, salvo quando capturados em operações de pesca; ou apresentem perfurações dos envoltórios dos embutidos por parasitas.

Aspectos microbiológicos

Os métodos microbiológicos são realizados para verificar se o estado do produto é satisfatório, tendo como objetivo detectar bactérias patogênicas como: *salmonela*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, ou seja, organismos que indicam contaminação fecal, práticas de manuseio inadequadas ou outros tipos de contaminação em geral. No Brasil, o órgão responsável por definir os padrões microbiológicos para alimentos é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária por meio da Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019). Especificamente para peixe fresco, são estabelecidos critérios específicos para *Salmonella*, Estafilococos coagulase positiva e *Escherichia coli*.

Ao final dessa exposição sobre os parâmetros de qualidade do pescado, não se pode deixar de mencionar a necessidade de se observar o trinômio tempo-temperatura-higiene, que pode ser considerado como um “guarda-chuva” sob o qual todos os elos da cadeia do pescado, como manipulação, armazenamento, embalagem, transporte, comercialização etc, se encaixam. O tempo é importante por causa da velocidade com que se desenvolvem as alterações autolíticas e de origem microbiana, não

podendo, por isso, o pescado ficar excessivamente exposto a temperaturas elevadas. As baixas temperaturas, se corretamente aplicadas, evitarão ou ao menos retardarão aquelas alterações. Um nível adequado de higiene, por sua vez, evitará que micro-organismos sejam acrescentados ao pescado em virtude de manipulação inadequada ou contaminações cruzadas. Não é suficiente que seja cumprido apenas um ou dois fatores desse trinômio. Os três têm de ser observados concomitantemente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O peixe fresco, por ser conservado apenas em gelo, deve apresentar características de frescor próximas às que possuía em vida. É um alimento de excelente qualidade nutricional, sendo fonte de proteínas de alto valor biológico. Entretanto, por ser altamente perecível, são requeridos cuidados em toda sua cadeia, como a aplicação de abate humanitário e observação do trinômio tempo-temperatura-higiene. Dentre os métodos para se inspecionar a qualidade do peixe fresco, está a avaliação de parâmetros físico-químicos, sensoriais e microbiológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdollahpour, I., Nedjat, S., Mansournia, M. A., Sahraian, M. A., & Kaufmane, J. S. (2018). Estimating the marginal causal effect of fish consumption during adolescence on multiple sclerosis: a population-based incident case-control study. *Neuroepidemiology*, 50, 111-118. DOI: 10.1159/000487640
- Andrade, P. F. (2006). *Avaliação do prazo de vida comercial do atum (Thunnus atlanticus) armazenado sob refrigeração*. Dissertação, UFF, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
- Argenta, F. F. (2012). *Tecnologia de pescado: características e processamento da matéria-prima*. Monografia, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Asghari, A., Hosseini, A. H., & Ghajarbeygi, P. (2022). Fast and non-destructive determination of histamine in tuna fish by ATR-FTIR spectroscopy combined with PLS calibration method. *Infrared Physics & Technology*, 123, 104093. DOI: 10.1016/j.infrared.2022.104093
- Ashley, P. J. (2007). Fish welfare: current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104, 199-235. DOI: 10.1016/j.applanim.2006.09.001
- Bogdanović, T., Šimat, V., Frka-Roić, A., Marković, K. (2012). Development and application of quality index method scheme in a shelf-life study of wild and fish farm affected bogue (*Boops boops*, L.). *Journal of Food Science*, 77(2), S99-106. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02545.x
- Brasil. (1997). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997. Brasília.
- Brasil. (2017). Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Brasília.

- Brasil. (2019). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Brasília.
- Brasil. (2020). Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. (2020). Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Brasília.
- Brasil. (2021). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 365 de 16 de julho de 2021. Brasília.
- Bressan, M. C., & Peres, J. R. O. (2001). *Tecnologia de carnes e pescados*. Lavras: UFLA.
- Cenci-Goga, B. T., Karama, M., Hadjichralambous, C., Sechi, P., & Grispoldi, L (2020). Is EU regulation on the use of antioxidants in meat preparation and in meat products still cutting edge?. *European Food Research and Technology*, 246, 661-668. DOI: 10.1007/s00217-020-03433-y
- Conte, F. S. (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 86(3), 205-223. DOI: 10.1016/j.applanim.2004.02.003
- FAO (2010). The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: FAO.
- FAO (2020). The State of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: FAO. DOI: 10.4060/ca9229en
- Fennema, O. R., Damodaran, S., & Parkin, K. L. (2010). *Química de Alimentos de Fennema*. São Paulo: Artmed.
- Filipec, S. V., Valinger, D., Mikac, L., Ivanda, M., Kljusurić, J. G., & Janči, T. (2021). Influence of sample matrix on determination of histamine in fish by surface enhanced raman spectroscopy coupled with chemometric modelling. *Foods*, 10(8), 1767. DOI: 10.3390/foods10081767
- Fogaça, F. H. S., & Sant'Ana, L. S. (2009). Lipid oxidation in fishes: action mechanism and prevention. *Archives of Veterinary Science*, 14(2), 117-127.
- Fontenele, R. M. M., Santos, E. S., & Mota, S. (2013). Índice de rigor mortis de tilápias do Nilo abatidas de diferentes formas após cultivo em esgoto doméstico tratado. *Conexões - Ciência e Tecnologia*, 7(2), 61-72.
- Franco, B. D. G. M., & Landgraf, M. (2008). *Microbiologia dos Alimentos*. Rio de Janeiro: Atheneu.
- Freitas, J., Vaz-Pires, P., & Câmara, J. S. (2021). Quality Index Method for fish quality control: Understanding the applications, the appointed limits and the upcoming trends. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 333-345. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.03.011
- Galhardo, L., & Oliveira, R. (2006). Bem-estar em peixes bem-estar animal: um conceito legítimo para peixes? *Revista de Etologia*, 8, 51-61.
- Garcia-Gonzalez, L., Geeraerd, A. H., Spilimbergo, S., Elst, K., Ginneken, L. V., Debevere, J., Impe, J. F. V., & Devlieghere, F. (2007). High pressure carbon dioxide inactivation of microorganisms in foods: the past, the present and the future. *International Journal of Food Microbiology*, 117(1), 1-28. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.02.018

- Germano, P. M. L., & Germano, M. I. S. (2008). Higiene e vigilância sanitária de alimentos. São Paulo: Manole.
- Harrysson, H., Swolin, B., Axelsson, M., & Undeland, I. (2019). A trout (*Oncorhynchus mykiss*) perfusion model approach to elucidate the role of blood removal for lipid oxidation and colour changes in ice-stored fish muscle. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2462-2471. DOI: 10.1111/ijfs.14497
- Hoffmann, F. L. (2001). Fatores limitantes à proliferação de micro-organismos em alimentos. *Brasil alimentos*, 9(1), 23-30.
- Hyldig G., & Green-Petersen, D. M. B. Quality index method - an objective tool for determination of sensory quality. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13(4), 71-80. DOI: 10.1300/J030v13n04_06
- Inoue, L. A. K. A., Neto, C. S., & Moraes, G. (2005). Effects of clove oil on the stress response of matrinxã (*Brycon cephalus*) subjected to transport. *Acta Amazônica*, 35(2), 289-295. DOI: 10.1590/S0044-59672005000200018
- Jay, J. M. (2005). *Microbiologia de Alimentos*. Porto Alegre: Artmed.
- Kestin, S. C., Robb, D. H., & Vis, J. W. V. (2002). Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*, 150(10), 302-307. DOI: 10.1136/vr.150.10.302
- Learmonth, M. J. (2020). The matter of non-avian reptile sentience, and why it “matters” to them: a conceptual, ethical and scientific review. *Animals*, 10(5), 901. DOI: 10.3390/ani10050901
- Li, X., Tu, Z., Sha, X., Li, Z., Li, J., & Huang, M. (2022). Effect of coating on flavor metabolism of fish under different storage temperatures. *Food Chemistry: X*, 13, 100256. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100256
- Libanori, M. C. M., Casado, R. P., Sola, M. C., & Marcusso, P. F. (2020). Contradictions and challenges of fish slaughter in Brazil. *Veterinária Notícias*, 26(2), 154-166.
- Lines, J. A., Robb, D. H., Kestin, S. C., Crook, S. C., & Benson, T. (2003). Electric stunning: a humane slaughter method for trout. *Aquacultural Engineering*, 28, 141-154.
- Lustosa Neto, A. D., Ferreira, R. N. C., Bezerra, J. H. C., Pinto, C. R. S., Leite, M. B., Marques, C. H. P., Facundo, G. M., & Costa, J. M. *Operador de beneficiamento de pescado*. Fortaleza: Pronatec.
- Matos, A. P., Matos, A. C., & Moecke, E. H. S. (2019). Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2018193. DOI: 10.1590/1981-6723.19318
- Minozzo, M. G. (2011). *Processamento e conservação do pescado*. Curitiba: IFPR.
- Mohri S., & Kanauchi M. (2018). Isolation of lactic acid bacteria eliminating trimethylamine (TMA) for application to fishery processing. In Kanauchi, M. (Orgs.). *Lactic acid bacteria: methods in molecular biology*. New York: Humana Press. DOI: 10.1007/978-1-4939-8907-2_10

- Moura, M. A. M., Galvão, J. A., Henrique, C. M., Silva, L. K. S., & Oetterer, M. (2009). Características físico-química e de frescor de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundas da pesca extrativista no médio Rio Tietê/SP, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35, 487-495.
- Ndeta, G. A., Lamsis, J., Portales A., & Mvoula L. (2021). Full Length Research Paper Health risk associated with eating fish from brackish water. *Journal of Medical Laboratory and Diagnosis*, 11(1), 1-12. DOI: 10.5897/JMLD2020.0162
- Nepea (2011). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Campinas: FODEPAL.
- Nordgreen, A. H., Slinde, E., Møller, D., & Roth, B. (2008). Effect of various electric field strengths and current durations on stunning and spinal injuries of Atlantic herring. *Journal of Aquatic Animal Health*, 20, 110-115. Doi: 10.1577/H07-010.1
- Nunes, M. L., Batista, I., & Cardoso, C. (2007). Aplicação do índice de qualidade (QIM) na avaliação da frescura do pescado. Lisboa: IPIMAR.
- Oetterer, M., Galvão, J. A., & Savay-da-Silva, L. K. (2014). Qualidade do pescado: sistemas para Padronização. In Galvão, J. A., & Oetterer, M. (Orgs.). *Qualidade e Processamento de Pescado*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Oetterer, M., Regitano-D'Arce, M. A. B. Spoto, M. H. F. (2006). *Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos*. Barueri: Manole.
- Oliveira, R. C., Bernardi, J. V. E., Wanderley, R., Almeida, R. Y., & Manzatto, A. G. (2010). Fish consumption by traditional subsistence villagers of the Rio Madeira (Amazon): impact on hair mercury. *Annals of Human Biology*, 37, 629-642. DOI: 10.3109/03014460903525177
- Ordóñez, J. A. (2005). *Tecnologia de alimentos de origem animal*. São Paulo: Artmed.
- Özogul Y., & Özogul F. (2004). Effects of slaughtering methods on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) stored in ice and MAP. *European Food Research Technology*, 219, 211-216. DOI: 10.1007/s00217-004-0951-0
- Pedrazzani, A. S., Molento, C. F. M., Carneiro, P. C. F. & Castilho, M, F. (2007). Senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. *Panorama da Aquicultura*, 1, 24-28.
- Pedrazzani, A. S., Molento, C. F. M., Carneiro, P. C. F., & Castilho, M, F. (2008). Opinião pública e educação sobre o abate humanitário de peixes no município de Araucária, Paraná. *Ciência Animal Brasileira*, 9(4), 976-983.
- Peixe BR (2021). *Anuário brasileiro da piscicultura*. Associação Brasileira da Piscicultura. São Paulo: Peixe BR.
- Pereda, J. A. O. (2005). *Tecnologia de Alimentos: alimentos de origem animal*. São Paulo: Artmed.
- Pereira, D. S.; Julião, L.; Sucasas, L. F. A., Silva, L. K. S., Galvão, J. A., & Oetterer, M. (2009). *Boas práticas para manipuladores de pescado: o pescado e o uso do frio*. Piracicaba: ESALQ.

- Pis-Ramírez, M. A. P., Miranda, G. D., Escobar, M. P., Hernández, M. N., Gago, M. M., Izquierdo, O. R., Rico-Izquierdo, O., Basante, J. D. V., Martínez- Mariño, Y., & Manuel-Alvarez, Z. (2015). Water and sediment of a harvest season of *Claria gariepinus* in Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(9), 1-9.
- Poli, B. M., Parisi, G., Scappini, F., & Zampacavallo, G. (2005). Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquaculture International*, 13, 29-49. DOI: 10.1007/s10499-004-9035-1
- Prezenza, L., Fabrício, L. L. F., Galvão, J. A., & Vieira, T. M. F. S. (2022). Simplex-centroid mixture design as a tool to evaluate the effect of added flours for optimizing the formulation of native Brazilian freshwater fish burger. *LWT*, 156, 113008. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.113008.
- Prezenza, L., Santos, A. S., Silva, A. C. F, Bernabé, C. V., Ferreira, J. V. F., Dayrell, L. C., Garcia, R. C. P., Lavander, H. D., & Minozzo, M. G. (2021). Rigor index of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*): study with anesthesia (eugenol) and hypothermia. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 8(4), 123-127. DOI: 10.22161/ijaers.84.14
- Rathod, N. B., Ranveer, R. C., Benjakul, S., Kim, S. K., Pagarkar, A. U., Patange, S., & Ozogul, F. (2021). Recent developments of natural antimicrobials and antioxidants on fish and fishery food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 4182-4210. DOI: 10.1111/1541-4337.12787
- Ribas, L., Flos, R., Reig, L., Mackenzie, S., Barton, B. A., & Tort, L. (2007). Comparison of methods for anaesthetizing Senegal sole (*Solea senegalensis*) before slaughter: stress responses and final product quality. *Aquaculture*, 269, 250-259. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.05.036
- Sadeghi, N., Behzad, M., Jannat, B., Oveisi, M. R., Hajimahmoodi, M., & Mozafazri, M. (2019). Determination of histamine in canned tuna fish available in Tehran market by ELISA method. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 5(1), 46-50.
- Santos, T. M., Martins, R. T., Santos, W. L. M., & Martins, N. E. (2008). Inspeção visual e avaliações bacteriológica e físico-química da carne de piramutaba (*Brachyplatistoma vaillantii*) congelada. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(6), 1538-1545. DOI: 10.1590/S0102-09352008000600034
- Sharanagat, B. S., Kansal, V., & Singh, L. (2019). Fish freezing: principles, methods, and scope. In Goyal, M. R., Suleria, H. A. R., & Kirubanandan, S. *Technological processes for marine foods, from water to fork*. New York: ImprintApple Academic Press.
- Silva, D. M. L (2016). *Eletronarçose em tilápias do Nilo (Oreochromis niloticus) e qualidade do filé*. Dissertação, UNIOESTE, Toledo, Paraná, Brasil.
- Silva, N., Hernández, E. P., Araújo, C. S., Joele, M. R. S. P., & Lourenço, L. (2018). Development and optimization of biodegradable fish gelatin composite film added with buriti oil. *CyTA Journal of Food*, 16, 340-349. DOI: 10.1080/19476337.2017.1406005

- Silva-Rodrigues, M. C., Vilar-Nogueira, W., Magalhaes-Lopes, V., & Bianchini-Pontuschka, R. (2020). Avaliação microbiológica de uma estação de piscicultura no Território Central do Estado de Rondônia, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 12(1), e743. DOI: 10.24188/recia.v12.n1.2020.743
- Soares, K. M. P., & Gonçalves A. A. (2012). Qualidade e segurança do pescado. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71(1), 1-10.
- Souza, A. L. M., Calixto, F. A.A., Mesquita, E. F. M., Packness, M. P., & Azeredo, D. P. (2015). Histamine and traceability of fish: literature review. *Arquivos do Instituto Biológico*, 82, 1-11. DOI: 10.1590/1808-1657000382013
- Taniwaki, M. H., Hocking, A. D., Pitt, J. I., & Fleet, G. H. (2009). Growth and mycotoxin production by food spoilage fungi under high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, 132(3), 100-108. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.04.005
- Tavares, M., & Gonçalves, A. A. (2011). Aspectos físico-químicos do pescado. In Gonçalves, A. A. (Orgs.). *Tecnologia do Pescado*. Rio de Janeiro: Atheneu.
- Tilami, S. k., & Sampels S. (2018). Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243-253. DOI: 10.1080/23308249.2017.1399104
- Vargas, S. C., Filho, P. R. C. O., Natori, M. M., Lima, C. G., & Viegas, E. M. M. (2013). Evaluation of different stunning methods on aspects of animal welfare and meat quality of matrinxã (*Brycon cephalus*). *Italian Journal of Food Science*, 25(3), 255-263, 2013. DOI:
- Vázquez-Sánchez, D., García, E. E. S., Galvão, J. A., & Oetterer, M. (2020). Quality index method (QIM) scheme developed for whole Nile tilapias (*Oreochromis niloticus*) ice stored under refrigeration and correlation with physicochemical and microbiological quality parameters. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(3), 307-319. DOI: 10.1080/10498850.2020.1724222
- Viegas, E. M. M., Pimenta, F. A., Previero, T. C., Gonçalves, L. U., Durães, J. P., Ribeiro, M. A. R., & Oliveira Filho, R. P. C. (2012). Slaughter methods and fish meat quality. *Archivos de Zootecnia*, 61, 41-50.
- Zhao, Y. M., Alba, M., Sun, D. W., & Tiwari, B. (2019). Principles and recent applications of novel non-thermal processing technologies for the fish industry - a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(5), 728-742. DOI: 10.1080/10408398.2018.1495613

Índice Remissivo

A

alimentos, 57, 58, 61, 62, 64

E

enzimas, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

F

fermentativos, 58, 59, 60, 64

M

micotoxinas, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 67

U

ultrassom, 62

Sobre o organizador



Wesclen Vilar Nogueira

Graduado em Engenharia de Pesca pela UNIR. Mestre e doutorando em Engenharia e Ciência de Alimentos pela FURG.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br

