

The background of the entire page is a close-up photograph of several fish, likely salmon or trout, piled together. The image is heavily filtered with a monochromatic blue color, which softens the details and creates a cohesive, aquatic aesthetic. The fish are oriented in various directions, with their scales and fins visible despite the color overlay.

Capítulo 3

Água de glaciamento em indústria de pescado

Uma reflexão sobre o controle de qualidade

Jonas de Toledo Guimarães

André Luiz Medeiros de Souza

Ana Iraidy Santa Brigida

Danielle de Bem Luiz

Viviane Rodrigues Verdolin dos Santos

Patrícia Costa Mochiaro Soares Chicrala

Angela Aparecida Lemos Furtado

Eliana de Fátima Marques de Mesquita

Introdução

Os produtos à base de pescado são altamente perecíveis devido ao alto teor de água nos tecidos e à presença de macrocomponentes facilmente digeríveis. Além da rápida deterioração, o pescado passa por perdas pós-processamento, ocasionadas pelo crescimento microbiano e reações bioquímicas que são agravadas pelas altas temperaturas de conservação (Al-Busaidi et al., 2016). O objetivo deste estudo foi avaliar as características da água usada durante a etapa de congelamento de diversos produtos congelados de pescado em uma planta de processamento, com vistas à produção de pescado congelado de alta qualidade no Brasil.

A conservação de produtos alimentícios, principalmente os de degradação rápida como carnes e derivados, precisa de meios que mantenham ou evitem alterações em sua qualidade, seja sensorial, nutricional ou em relação à segurança do alimento. As alterações são produzidas por causa das alterações microbianas, químicas e físicas (Huss, 1995).

A manutenção do frescor e da qualidade do pescado é mais difícil em relação aos outros tipos de carne (Venugopal, 2006). Dentre os métodos de conservação de pescado, os mais importantes são aqueles que empregam as baixas temperaturas, eficazes na preservação do aroma e do valor nutricional (Chevalier et al., 2001; Gonçalves; Gindri Júnior; 2009). O armazenamento do pescado congelado é um método eficiente de conservação, mas não melhora a qualidade do produto. Desse modo, a qualidade do produto final dependerá da sua qualidade no momento do congelamento, bem como de outros fatores durante o armazenamento e distribuição (Johnston et al., 1994; Chevalier et al., 2000; Gonçalves; Gindri Júnior; 2009).

Algumas alterações lesivas podem ocorrer durante o armazenamento do produto congelado, como oxidação lipídica, desidratação superficial e desnaturação proteica, afetando negativamente a qualidade sensorial e nutricional do pescado (Soares et al., 2013). A oxidação é um processo degradante e de fácil ocorrência, especialmente em peixes considerados gordos, como o salmão (Sánchezalonso; Borderias, 2008). A oxidação de lipídios pode ocorrer durante o processamento por tratamento térmico e armazenamento, afetando as características sensoriais, tornando o produto impróprio para consumo. Selami e Sadoki (2008) citam que a rancificação *off-flavor* é uma das principais causas de rejeição à produção e comercialização de produtos de peixe.

De acordo com a FAO (2014), em 2012 o congelamento foi o principal método de conservação de pescado para o consumo humano, representando 54 % do total processado para este fim e 25 % de toda produção. De acordo com Brasil (2011), os congelados foram relevantes e o tipo mais comercializado no país em 2011, correspondendo às importações e exportações de 233.427 e 26.867 t de pescado, respectivamente. Em 2013, foram produzidas 105.852 t de pescado inteiro e congelado no Brasil. Para produção de filé e outros cortes, foram industrializadas 413.468 t

(Brasil, 2013). Portanto, aproximadamente 25,6 % do total processado no Brasil é vendido inteiro e congelado.

Para a conservação sob congelamento, a indústria utiliza o método de congelamento rápido e subsequente glaciamento. O congelamento deve ser feito com equipamento adequado, proporcionando ao pescado a temperatura de -18°C no seu centro de massa (FAO, 1995). Já o glaciamento é a aplicação de uma fina camada de gelo protetora na superfície do produto congelado, seja pelo método de imersão em água gelada ou por aspersão de água gelada diretamente na superfície do pescado (FAO, 2020). Tais técnicas evitam a desidratação e a oxidação lipídica durante o armazenamento do produto, além de preservar seu sabor, aroma e textura, minimizando os efeitos do gotejamento durante o descongelamento (Soares et al., 2013; Jacobsen; Fossan, 2001).

A água utilizada nas unidades de produção de alimentos é um fator crucial no controle de qualidade e preservação. Esse recurso hídrico pode ser usado como ingrediente, na lavagem final dos equipamentos ou, ainda, em contato com o produto ao longo do processamento (Huss, 1993). Assim como os alimentos, a água é veículo de transmissão de muitos patógenos que são causadores de doenças em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Uma das formas de contaminação por agentes infecciosos ou compostos químicos tóxicos dá-se mediante a ingestão da água propriamente dita ou de alimentos contaminados por causa do contato direto com a água contaminada ou, ainda, pela manipulação na produção ou processamento industrial (Kirby et al., 2003).

No glaciamento, a água integra o produto final. Sendo assim, seu uso de forma saneada é imprescindível. A legislação brasileira (Brasil, 2007) e o *Codex Alimentarius* (FAO, 1995) estabeleceram que a água usada para o processamento do pescado, no qual está incluído o glaciamento, deve atender aos parâmetros de potabilidade descritos pela legislação brasileira e internacional. Os padrões de potabilidade da água para consumo humano são estabelecidos internacionalmente nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde, intitulada *Guidelines for Drinking-Water Quality* (World Health Organization, 2011), pela Diretiva Consular da União Europeia 98/83/EC (European Union, 1998) e, no Brasil, pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 (Brasil, 2011).

De acordo com Johnston et al. (1994), o glaciamento pelo método de imersão possui limitações, bem como o risco de contaminação da água após um período de tempo de processamento. Uma das limitações citadas por Gonçalves e Gindri Junior (2009) é que o glaciamento pelo método de imersão pode provocar variação na espessura da camada de gelo, o que interfere na capacidade de preservação do pescado e no teor de água do produto final.

Segundo o código de práticas para pescados, do *Codex Alimentarius* (FAO, 2020), a água de glaciamento deve ser trocada regularmente, a fim de garantir a baixa carga de micro-organismos e prevenir o acúmulo de material orgânico. Entretanto, não foram encontradas na literatura quaisquer referências que especifiquem ou justifiquem a frequência que esta água deve ser trocada, ficando a critério da indústria a definição da constância de troca.

Material e métodos

As amostras de água foram coletadas em uma planta de processamento de pescado no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Na indústria estudada, o glaciamento era realizado por imersão do pescado congelado em água gelada (2 ± 1 °C) e, em seguida, armazenado em tanques plásticos de 500 l. Nessa indústria, a mesma água era usada para o glaciamento de diferentes tipos de pescado, dependendo da demanda de processamento do dia. A renovação completa da água era feita, em média, após 4 horas de processamento, independentemente do tipo e da quantidade de produto.

As amostras foram coletadas uma vez por mês, durante um ano (total de 12 coletas) e eram feitas sempre no período da manhã (entre duas a quatro horas após o início do turno de trabalho). No entreposto foram submetidas ao glaciamento, não necessariamente no mesmo dia, as seguintes espécies: merluza (*Merluccius* spp.), panga (*Pangasius bocourti*), salmão-do-atlântico (*Salmo salar*), cação (*Squalidae*), congro-rosa (*Genypterus* spp.), camarão (*Penaeidae*), badejo (*Mycteroperca* spp.), dourado-do-mar (*Coryphaena hippurus*), peixe-prego (*Ruvettus pretiosus*), polaca-do-alasca (*Theragra chalcogrammus*), polvo (*Octopus vulgaris*), lula (*Loligo vulgaris*) e pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*).

As amostras de água foram analisadas quanto aos parâmetros de cor aparente, turbidez, demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), pH, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitratos, nitritos, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, alumínio e coliformes totais. Para tanto, foram utilizadas as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Tabela 1) (APHA, 2012):

Tabela 1. Métodos utilizados para as análises dos parâmetros da água de glaciamento.

Parâmetro	Método
Cor aparente	SMEWW 2120 C – Espectrofotométrico – método de comprimento único de onda
Turbidez	SMEWW 2130 B – método nefalométrico
DBO	SMEWW 5210-B – teste 5 dias DBO
DQO	SMEWW 5220 – D – refluxo fechado, método colorimétrico.
pH	SMEWW 4500 H+B – método eletrométrico
Nitrogênio amoniacal	SMEWW 4500 NH ₃ – F – método fenato
Nitrogênio total	SMEWW 4500-N método Kjeldahl
Nitrato	SMEWW 4500 NO ₃ -D. – método do eletrodo para nitrato.
Nitrito	SMEWW 4500 NO ₂ - B – método colorimétrico
Alcalinidade	SMEWW 2320 B – método titulométrico
Dureza	SMEWW 2340 C – método titulométrico com EDTA
Cloreto	SMEWW 4500-Cl- B – método argenteo métrico
Ferro total	SMEWW 3030E – digestão de ácido nítrico e 3111B – método direto de chama ar-acetileno
Alumínio total	SMEWW 3030 E – digestão de ácido nítrico e 3111D – método direto de chama óxido nítrico-acetileno
Coliformes totais	SMEWW 9223 B – teste de coliforme por substrato enzimático

Resultados e discussão

A planta estudada processa diversas espécies comerciais de pescado. Ademais, ela executa uma mistura de processos primários e secundários, incluindo filetagem, evisceração, retirada de pele, lavagem, resfriamento, defumação, congelamento, glaciamento e embalagem.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados na água de glaciamento, usada para o processamento de diversos produtos congelados na planta sob estudo. A maioria dos parâmetros obteve uma preponderante diferença entre os valores mínimos e máximos analisados. Esses dados refletem as variações nas condições de processamento, bem como nas quantidades e tipos de pescado processado. O pH, a dureza, o nitrito e o cloreto foram os parâmetros que menos sofreram alterações, indicando que as condições de processamento exerceram pouca influência sobre eles.

Inúmeras indústrias brasileiras apresentaram padrões de produção semelhantes à indústria estudada, isto é, processam diferentes espécies de pescado na mesma planta, o que também é uma realidade em outros países, a exemplo do Reino Unido, onde 52 % das plantas estão envolvidas na produção de espécies variadas (Seafish Industry Authority, 2012). Isto denota a importância

de se estudar e conhecer os processos envolvidos nas unidades de processamento, visando a melhoria na qualidade e segurança dos produtos.

Embora cada país tenha leis regulamentares específicas no que diz respeito à qualidade da água de processamento em indústrias de alimentos, o *Codex Alimentarius* declara que a água de glaciamento deve ser potável (FAO, 2020), de acordo com os padrões de potabilidade descritos pela OMS (2011).

Tabela 2. Médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e tempo de coleta da água usada no glaciamento.

Amostra	Espécies processadas	Tempo de coleta (h)	Cor aparente (UH)	Turbidez (NTU)	DBO (mg de O ₂ /L)	DQO (mg/L)	pH	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Nitrogênio total (mg/L)
1	Merluza, Panga, Salmão	2,5	25	35,8	163,0	189	6,93	43,13	81,16
2	Cação, Congro-rosa, Merluza	3,5	10	13,9	288,0	344	7,85	25,09	51,43
3	Camarão, Cação	4,0	100	29,2	160,7	228,0	7,03	37,12	123,70
4	Filé de merluza, camarão	3,5	20	42,6	188,8	218	8,21	3,01	29,59
5	Filé de badejo, filé de dourado	3,5	5	13,3	60,4	90	6,98	15,35	16,96
6	Lombo de peixe prego, filé de salmão, camarão	4,0	5	390,0	128,0	213	8,15	18,76	22,27
7	Polaca do Alasca e Salmão	3,0	5	24,0	113,1	121	7,82	26,42	38,29
8	Camarão, posta de cação, filé e posta de salmão, lombo de dourado	4,0	20	48,8	253,7	323	7,65	3,22	133,34
9	Tentáculos de polvo e anéis de lula	3,5	25	28,3	126,2	150	6,94	4,97	134,99
10	Filés de salmão e de dourado	3,0	30	38,2	240,7	372	6,89	10,30	12,77
11	Camarão	2,0	20	16,2	121,0	283	6,38	14,91	20,79
12	Posta de dourado e pescado amarela, filé de salmão e tentáculos de polvo	3,0	100	413,0	62,9	273	7,13	49,20	182,93
Valor máximo	-	4,0	100	413,0	288,0	372	8,21	49,20	182,93
Valor mínimo	-	2,0	5	13,3	60,4	90	6,38	3,01	12,77
Média	-	3,3	30	91,1	158,9	233,7	7,33	20,96	70,69
DP	-	0,6	34	145,5	72,4	88,6	0,6	15,60	58,60
CV (%)	-	-	103	137	50	44	26	75	82

Continua...

Tabela 2. "Continuação".

Amostra	Espécies processadas	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Alcalini- dade (mg/L)	Dureza (mg/L)	Clore- tos (mg/L)	Ferro total (mg/L)	Alumínio total (mg/L)	Colifor- mes totais (NM- P/100mL)
1	Merluza, Panga, Salmão	0,57	< 0,01	48,3	46	30,28	0,047	0,094	7,0x10 ⁵
2	Cação, Congro-rosa, Merluza	0,45	< 0,01	313,9	41	47,00	0,173	0,094	4,9x10 ⁷
3	Camarão, Cação	15,71	< 0,01	167,0	42	23,07	0,120	0,153	5,0x10 ⁵
4	Filé de merluza, camarão	1,02	< 0,01	152,0	45	41,25	0,231	0,100	1,4x10 ⁸
5	Filé de badejo, filé de dourado	2,50	< 0,01	136,0	45	26,87	0,114	0,832	1,8x10 ⁰
6	Lombo de peixe prego, filé de salmão, camarão	2,50	< 0,01	146,0	47	44,32	0,103	0,693	1,6x10 ⁸
7	Polaca do Alasca e Salmão	1,60	< 0,01	205,0	55	29,54	0,103	0,132	1,7x10 ¹
8	Camarão, posta de cação, filé e posta de salmão, lombo de dourado	2,50	< 0,01	150,0	42	20,83	< 0,047	< 0,094	2,4x10 ⁶
9	Tentáculos de polvo e anéis de lula	5,44	0,02	160,0	48	31,73	0,113	0,250	2,4x10 ⁵
10	Filés de salmão e de dourado	2,22	< 0,01	148,5	43	21,28	0,270	0,289	2,1x10 ⁴
11	Camarão	0,78	0,01	165,0	70	30,62	0,175	0,235	1,0x10 ³
12	Posta de dourado e pescada amarela, filé de salmão e tentáculos de polvo	< 0,01	< 0,01	880,0	46	41,57	< 0,047	0,332	2,4x10 ⁶
Valor máximo	-	15,71	0,02	880,0	70	47,00	0,270	0,832	1,6x10 ⁸
Valor mínimo	-	< 0,01	< 0,01	48,3	41	20,83	< 0,047	< 0,094	1,8x10 ⁰
Média	-	3,21	0,02	222,6	47	32,36	0,14	0,29	2,9x10 ⁷
DP	-	4,38	0,01	215,4	8	9,09	0,1	0,25	5,8x10 ⁷
CV (%)	-	135	34	100	30	35	57	86	135

Cor aparente e turbidez

O valor médio encontrado para a cor aparente foi de 30 (\pm 34) Unidades Hazen (UH), acima dos 15 UH, limite permitido para água potável. Acima desse valor, os consumidores podem detectar mudanças na água e rejeitá-la, independente dos riscos à saúde (European Union, 1998; Brasil, 2011; World Health Organization, 2011).

A cor aparente da água potável pode ser associada à presença de matéria orgânica colorida, principalmente ácidos húmicos e fúlvicos, bem como à presença de ferro e outros metais. Segundo Prasertsan e Choirit (1988), a causa da cor avermelhada nos efluentes de uma planta de processamento de atum está relacionada à presença de um fotopigmento produzido por uma bactéria fotossintética, a astaxantina, que é um cetocarotenoide vermelho usado como fonte de pigmentação na aquicultura de espécies marinhas, amplamente utilizado no cultivo de salmonídeos. De acordo com Stepnowski et al. (2004), a extração de astaxantina da matriz da casca de crustáceos é um processo normal que, por sua vez, pode ser encontrada e extraída de efluentes industriais provenientes do processo de cozimento do camarão (Torrissen, 1995; World Health Organization, 2011; Amado et al., 2015).

Das doze amostras analisadas, oito tiveram cor aparente acima de 15 UH, sendo que sete delas envolviam o glaciamento de salmão ou camarão, logo, é possível que essas espécies tenham contribuído para o aumento da cor aparente na água. Estes resultados são consistentes com a possibilidade de a astaxantina (presente no camarão, salmão selvagem e no salmão de cultivo) ter sido liberada na água de glaciamento após a imersão do pescado. Estes resultados não têm correlação sanitária para a produção de pescado congelado, mas evidenciam a possibilidade de contaminação cruzada de produtos glaciados com substâncias naturais de outras espécies.

O valor médio de turbidez foi de 91,1 (\pm 145.5) de unidade nefalométrica de turbidez (NTU). Para água potável, este valor não deveria ultrapassar 1 NTU. Duas amostras apresentaram valores elevados de turbidez (390 e 413 NTU), mas não puderam ser associados a um produto específico (European Union, 1998; Brasil, 2011; World Health Organization, 2011).

De acordo com Allen et al. (2008), a turbidez pode ser um grande indicador de mudanças na qualidade da água, que pode ser associada ao aumento de carga microbiana. A alta turbidez também pode estar relacionada às partículas suspensas ou ao material coloidal, tanto orgânico quanto inorgânico, que servem de substrato para a fixação de micro-organismos. Segundo Payment (1999) e World Health Organization (2011), esse fenômeno pode reduzir a eficácia da inativação microbiana pelo cloro, então a turbidez é utilizada como indicador precoce da qualidade da água.

Embora a turbidez indique anormalidades na água, o aumento deste parâmetro não necessariamente representa riscos à saúde. Isto porque as diferentes fontes e os tipos de partículas podem contribuir para o aumento da turbidez e nem todo o aumento desse parâmetro está associado à contaminação (Hsieh et al., 2015).

A elevada variação na cor aparente e na turbidez indica grande influência da qualidade e quantidade do pescado processado por litro de água. No entanto, não foi possível estabelecer uma relação entre as várias espécies estudadas e o recurso hídrico analisado. Mesmo que as legislações nacionais e internacionais proponham que a água potável seja límpida e incolor, foram observados valores médios acima do permitido por lei, tanto para cor aparente como para turbidez na água de glaciamento durante o processamento.

DBO e DQO

Os aumentos na cor aparente e na turbidez são indicadores eficientes de presença de matéria orgânica (World Health Organization, 2011), que pode ser confirmada pela DBO, a qual apresentou valor médio de 158,9 (\pm 72,4 mg O₂/L: maior que o nível permitido pelo Conama, que é de 3 mg O₂/L para água doce de classe I, destinada ao consumo humano após tratamento simplificado (Brasil, 2005).

No âmbito internacional, não há limites estabelecidos de DBO e DQO para água potável, pois estes parâmetros são avaliados apenas na água bruta, antes do tratamento, visando seu consumo (European Union, 1998; WHO, 2011). Existem poucos estudos que avaliam efluentes industriais de plantas processadoras de pescado, sendo que os dados de DBO encontrados na literatura são muito variados, tanto dentro da própria indústria como quando comparados a outras. Jamieson et al. (2017) citaram valores entre 236 mg/L e 268 mg/L em efluentes de processamento de salmão e linguado, enquanto Cristóvão et al. (2015) encontraram valores de DBO entre 241 mg/L e 27.946 mg/L para efluentes em indústria de pescado em conserva. Prasertsan et al. (1994) avaliaram a DBO de efluentes provenientes do processo de congelamento do atum e reportaram o valor médio de 814 mg/L, muito maior que o obtido neste estudo para a água de glaciamento.

Nos efluentes do processamento de pescado, a DBO alta é proveniente de compostos derivados de carbono ou que contenham nitrogênio (proteínas, peptídeos e aminas voláteis) (Chowdhury et al., 2010). Entretanto, altos níveis de DBO não foram associados ao aumento dos valores de nitrogênio amoniacal ou nitrogênio total dentro deste estudo. Os óleos e as graxas (O&G) também são parâmetros relevantes para a caracterização de efluentes de pescado e podem contribuir para o aumento da DQO.

Murray e Burt (2001) afirmaram que embora 75 % das amostras tenham apresentado níveis de óleos e gorduras (O&G) < 10 mg/L (dados não apresentados), esses compostos podem ter influenciado os níveis de DBO, principalmente nas amostras provenientes do processamento do salmão, espécie que, entre as estudadas por esses autores, caracteriza-se por possuir maior teor lipídico, apresentando 3 % a 14 % de gordura em seus músculos. A julgar pelos altos valores de DBO encontrados nas amostras 2, 8 e 10 e os pelos dados das amostras 5 e 11, é provável, que as espécies que mais contribuíram para o aumento da DBO na água de glaciamento tenham sido o camarão, o salmão, o cação e o dourado. Cabe frisar que estas espécies foram processadas com maior frequência na indústria estudada, fazendo com que o fluxo do glaciamento destas seja mais intenso.

No que diz respeito à DQO, o valor médio encontrado foi de 233,7 (\pm 88,6) mg/L, maior que o reportado em estudos que avaliaram efluentes do cozimento do atum (73.6 mg/L – 157 mg/L) (Prasertsan et al., 1993, 1997). Prasertsan et al. (1994) analisaram a DQO de efluente gerado no processo de congelamento do atum e observaram um valor médio de 1464 mg/L, valor mais alto que os encontrados neste estudo. Jamieson e colaboradores (2016) também encontraram valores mais altos de DQO (458 mg/L – 1129 mg/L) em efluentes do processamento de salmão e linguado.

A DQO de um efluente geralmente é maior que a DBO (Chowdhury et al., 2010). A proporção DBO:DQO oscila dentro da mesma indústria e entre indústrias diferentes, variando de 1,1:1 a 3:1 (Wastewater..., 1994). Segundo Carawan et al. (1979), a DBO (500 mg/L - 1500 mg/L) de um efluente de processamento de atum representou apenas 40 % da DQO (1300 mg/L - 3250 mg/L). Neste estudo, a DBO foi responsável por 68 % da DQO, indicando haver maior contaminação por matéria orgânica biodegradável na água de glaciamento.

pH

O pH dos efluentes de indústrias de processamento de pescado raramente é ácido, sendo geralmente próximo de 7 ou alcalino (Chowdhury et al., 2010). O pH alcalino em águas residuais do processamento de pescado é gerado pela decomposição de matéria proteica e liberação de compostos relacionados à amônia (Gonzales, 1996). O valor médio de pH encontrado no presente estudo foi de 7,3 (\pm 0,6), próximo da neutralidade, apesar da variação encontrada entre 6,3 a 8,2. O pH da água antes do processamento era de 6.7 \pm 0.2 (dado não apresentado). Os valores máximos encontrados foram de 8,15 e 8,21, observados no glaciamento combinado de peixe-prego, filé de salmão e camarão, como também no glaciamento de filés de merluza e camarão.

No Brasil, o pH recomendado para água potável é de 6,0 a 9,5 (Brasil, 2011), valor semelhante ao recomendado pela união europeia de 6.5 a 9.5 (European Union, 1998). De acordo com

WHO (2011), nenhum valor limite de pH foi estipulado, uma vez que tem baixa influência sobre a saúde. Os resultados obtidos na análise de efluentes do processamento de quatro diferentes indústrias de pescado na Columbia Britânica, que processavam diferentes espécies de pescado, como o salmão, bacalhau, arenque e peixes de fundo, tiveram efluentes com pH na faixa de 5,7 a 7,4, com uma média de 6,48 (Wastewater..., 1994).

A variação do pH no pescado pode ser atribuída à espécie, estação do ano, dieta, ao nível de atividade, estresse durante a captura e tipo de músculo. O pH pode aumentar com o tempo de estocagem e o alto pH *post-mortem* no pescado afeta a taxa de deterioração do produto, motivo pelo qual ocasiona a curta validade comercial do pescado fresco (Gram; Huss, 1996; Ocaño-Higuera et al., 2009).

Um aumento no pH muscular também está relacionado à acumulação de vários compostos alcalinos como amônia, trimetilamina (TMA) entre outras bases voláteis produzidas pela *proliferação de microrganismos* na carne. Entretanto, o pH não é um indicador de crescimento microbiano e o pH final, que pode indicar dano à musculatura, é o que se encontra acima de 7 (Ocaño-Higuera et al., 2009; Soto-Valdez et al., 2015).

Moura et al. (2003) reportaram o pH muscular de algumas espécies de camarão que estão entre 7,1 e 8,1. Buchtová et al. (2015) encontraram pH muscular médio de 6,3 ($\pm 0,14$) para as espécies *Lepidocybium flavobrunneum* da família do peixe-prego (*Ruvettus pretiosus*). Ruiz-Capillas e Moral (2001) encontraram pH muscular de 6,1 a 7,2 em merluza resfriada, sendo que o menor valor foi observado no pescado recém-armazenado e o maior valor após 25 dias de armazenamento. Ocaño-Higuera et al. (2009) analisaram as mudanças post-mortem na musculatura de cação armazenado em gelo e o pH variou de 6,43 no dia 1 a 6,78 no dia 18. Considerando que o pH da água de glaciamento também pode ser influenciado pelo pH muscular, entende-se que o camarão pode ter sido o principal responsável pelo aumento do pH da água.

Nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito

Neste estudo foram encontrados valores médios elevados de nitrogênio total e amoniacal (70,7 mg/L \pm 58,6 mg/L e 21,0 mg/L \pm 15,6 mg/L). Estes dados são consistentes com resultados de pH acima de 7.

As indústrias de pescado no Canadá citaram concentrações de amônia em efluentes de processamento de salmão e peixes de fundo de 42 mg/L e 20 mg/L (Wastewater..., 1994). A presença de nitrogênio na água pode estar relacionada, principalmente, com a degradação de proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas por causa da autólise que ocorre naturalmente no período post-mortem no pescado. Também ocorre pela ação de bactérias proteolíticas, reduzindo o óxido

de trimetilamina (OTMA) em TMA e produzindo amônia, entre outras bases voláteis totais (BVT) (Huss, 1995; Ahmed et al., 2015). Algumas destas substâncias, como aminoácidos livres e bases nitrogenadas, são chamadas de extractive substances ou substâncias extrativas, pois são facilmente extraídas da carne do pescado por água ou soluções aquosas. Muitas dessas substâncias contribuem diretamente para o sabor e aroma característicos de cada espécie (Murray; Burt, 2021).

Segundo a Resolução do Conama nº 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005), o teor de nitrogênio amoniacal permitido na água doce destinada ao abastecimento para consumo humano deve ser menor que 3,7 mg/L e o valor médio encontrado na água de glaciamento (21 mg/L \pm 16 mg/L) ultrapassou esse limite. Na indústria, o íon amônio acumulado na água do tanque pode interagir com o cloro utilizado no início do processo, reduzindo a fração de cloro livre e formando cloraminas, que possuem baixa eficácia de desinfecção (Huss, 1993; Who, 2011). Sendo assim, a presença de altos níveis de nitrogênio amoniacal pode dificultar a manutenção dos níveis baixos de contaminação microbiana da água de glaciamento. Além disso, a contaminação cruzada de produtos de pescado por aminoácidos livres e bases voláteis na água de glaciamento podem depositar sabor e aroma desagradáveis para esses produtos.

Nas análises para o presente estudo, os valores de nitrato e nitrito obtidos foram de 3,2 mg/L \pm 4,4 mg/L e 0,02 mg/L \pm 0,01 mg/L. As legislações internacionais permitem níveis de nitrato e nitrito de 50 mg/L e 3,0 mg/L. De acordo com WHO (2011), na União Europeia (European Union, 1998) os limites são 50 mg/L e 0,5 mg/L para nitrato e nitrito, respectivamente. No Brasil, a legislação estabelece limites de 10 mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito (Brasil, 2011). Portanto, com base nestes dados, as amostras da água de glaciamento estão em conformidade com os padrões para água potável.

Alcalinidade e dureza

Quanto à alcalinidade, observou-se uma variação de 48,3 mg/L a 880 mg/L, com média 222,6 mg/L (\pm 215,4) mg/L. O valor máximo de 880 mg/L foi observado durante o glaciamento combinado de postas de dourado e pescada amarela, filé de salmão e tentáculos de polvo.

Na faixa de pH das amostras (6,4 – 8,2), os compostos que alteram a alcalinidade da água são os bicarbonatos. A alcalinidade total não tem regulamento sanitário para a água potável e não há padrão estabelecido pela legislação internacional (European Union, 1998; World Health Organization, 2011). A alcalinidade é associada com corrosividade, que afeta a aceitabilidade da água, pois influencia no sabor da água potável (Dietrich; Burlingame). Os altos valores de alcalinidade também estão relacionados aos processos de decomposição de matéria orgânica e CO² dissolvido em água (Brasil, 2014). Portanto, os níveis altos para este parâmetro em efluentes de pesca-

do podem indicar deterioração indesejada do pescado em processo. As análises apresentaram dureza total no valor médio de 47 mg/L \pm 8 mg/L e o valor máximo de 70 mg/L foi observado durante o glaciamento de camarão.

É sabido que os consumidores costumam notar mudanças na dureza da água e, em alguns casos, eles toleram a dureza em excesso na água de até 500 mg/L (World Health Organization, 2011). Dependendo da interação com outros fatores, como pH e alcalinidade, as águas com dureza acima de 200 mg/L podem causar degradação de minerais. Em contrapartida, a dureza abaixo de 100 mg/L pode resultar em baixa capacidade de tamponamento, tornando a água corrosiva para tubulações de metal (World Health Organization, 2011). No Brasil, o padrão organoléptico de dureza para água potável permite um valor máximo de 500 mg/L (Brasil, 2011).

De acordo com World Health Organization (2011), não há valores estipulados, no que diz respeito à saúde, para este parâmetro em água potável. Logo, para os valores observados de dureza na água de glaciamento (47,5 mg/L \pm 8,0 mg/L), não há riscos de mudanças na qualidade sensorial do pescado processado.

Cloreto

No estudo, o valor médio de cloreto encontrado foi de 32,4 (\pm 9,1) mg/L. O cloreto em água potável não tem implicação sanitária quando presente em níveis altos. Entretanto, quando atinge níveis de 200 mg/L– 300 mg/L de sódio, potássio ou cloreto de cálcio, o cloreto muda suas propriedades sensoriais, como o gosto da água (Dietrich; Burlingame, 2015).

De acordo com leis internacionais e brasileiras, o máximo de cloreto permitido em água potável é de 250 mg/L (European Union, 1998; Brasil, 2011; World Health Organization, 2011), assim, os valores encontrados na água de glaciamento atendem aos padrões estabelecidos. O valor máximo de 47 mg/L foi observado durante o glaciamento combinado de cação, congro-rosa e merluza. Portanto, independente das espécies processadas no tanque de glaciamento, o teor de cloreto na água não atingiu concentrações suficientes a ponto de causar possíveis alterações sensoriais nos produtos de pescado glaciados.

Ferro total

Foi constatado no estudo que o ferro total foi de 0,14 mg/L \pm 0,1 mg/L. O valor máximo (0,270 mg/L) foi observado durante o glaciamento de salmão e filés de dourado. No mais, foi observado o valor de 0,23 mg/L na água de glaciamento de merluza e camarão.

De acordo com a literatura, os seguintes valores (mg/kg peso úmido) de ferro podem estar presentes na musculatura de camarão, salmão, merluza e dourado: 24,1 (Martin et al., 2000), 2,16 – 9,25 (Ikem; Egiebor, 2005), 5,1 (Martínezvalverde et al., 2000), e 2,24 – 5,83 (Kojadinovic et al., 2007). Em duas das amostras do processamento de diferentes espécies, o ferro total excedeu o limite estabelecido pelas leis da União Europeia, que é de 0,2 mg/L para água potável (European Union, 1998). O valor dos parâmetros estudados atende aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde do Brasil, que é de 0,3 mg/L (Brasil, 2011). Segundo World Health Organization (2011), não há limite estabelecido em água potável para este parâmetro.

No abastecimento de água potável, sais de ferro (Fe^{2+}) são instáveis e precipitados como hidróxido de ferro insolúvel (Fe^{3+}), que se deposita como um lodo cor de ferrugem. A turbidez e cor aparentes podem desenvolver-se em tubulações com níveis de ferro acima de 0,05 mg/L – 0,1 mg/L (World Health Organization, 2003a). Embora nove amostras tenham apresentado níveis de ferro total acima de 0,1 mg/L, apenas cinco delas tiveram cor acima de 15 UH, indicando que, neste caso, o ferro na água não é um fator importante para o aumento da cor das amostras.

Embora o teor total de ferro não pareça prejudicial à saúde humana, os níveis observados podem contribuir para mudanças na qualidade do pescado processado. De acordo com Repetto et al. (2012), em alimentos ricos em gorduras poli-insaturadas, como o pescado, podem ocorrer mudanças significativas tanto sensoriais quanto nutricionais, graças ao desenvolvimento de rancidez oxidativa, em que o processo de peroxidação lipídica é induzido pelo efeito pró-oxidante dos metais de transição. Em estudo avaliando os efeitos de diferentes íons metálicos na oxidação lipídica do pescado, foi observado que o ferro II (Fe^{2+}) causa forte peroxidação lipídica e seus efeitos não dependem da concentração deste metal (Thanonkaew et al., 2006).

Devido às variações do teor de ferro na musculatura de diferentes espécies de pescado, é indicado que o glaciamento de espécies com maior teor de ferro, como o camarão, seja realizado de forma separada, já que podem causar contaminação cruzada quando realizado junto às outras espécies que apresentaram baixos teores de ferro. A contaminação pelo ferro pode aumentar o risco de oxidação lipídica desses produtos e, conseqüentemente, reduzir seus prazos de vida de prateleira.

Alumínio total

Para alumínio total, foi observado o valor médio de 0,29 ($\pm 0,25$) mg/L e o valor máximo de 0,8324 mg/L foi encontrado no glaciamento combinado de badejo e filés de dourado. Seis amostras excederam o limite máximo permitido, pois estes valores não estão em conformidade com as normas internacionais e brasileiras para água potável, que é de 0,2 mg/L (European Union, 1998; Brasil, 2011; WHO, 2011).

Yilmaz et al. (2010), estudando três espécies de peixes demersais, encontraram teores musculares de alumínio variando de 2,23 mg/kg a 4,93 mg/kg (peso úmido). Em vista disso, o pescado pode ser uma fonte de alumínio para a água de glaciamento. Embora o alumínio não seja um metal com forte propriedade próoxidante, sabe-se que sua ingestão constante e excessiva pode causar graves problemas à saúde (Wills; Savory, 1983). Por muitos anos, tem-se acreditado que o alumínio seja um desencadeador da doença do Alzheimer, por relatos de intoxicação deste metal, porém, os estudos acerca desse assunto ainda são controversos (Tomljenovic, 2011; Barnard et al., 2014; Kandimalla et al., 2016).

Bactérias coliformes

Foram encontrados níveis de coliformes totais na água de glaciamento entre $1,8 \times 10^0$ e $1,6 \times 10^8$ NMP (número mais provável) por 100 mL, com um valor médio $2,9 \times 10^7$ NMP/100 mL. Os coliformes totais incluem micro-organismos que podem sobreviver e crescer na água, podendo servir como indicadores de falhas na desinfecção (World Health Organization, 2011). A alta contagem de coliformes totais na água de glaciamento pode indicar ausência de boas práticas de manipulação ou falhas nos processos de desinfecção da superfície do pescado em etapas anteriores ao glaciamento. Esta contaminação também indica que a frequência da renovação da água não é suficiente para manter os níveis de coliformes baixos que se acumulam no tanque de glaciamento.

O cloro na água de glaciamento atua como um agente desinfetante. Embora a água usada nesta etapa possa ser clorada, a alta turbidez, o alto pH e os altos níveis de nitrogênio amoniacal reduzem o potencial desinfetante do cloro. Ademais, o cloro, quando combinado com matéria orgânica, pode formar cloraminas e trihalometano (THM), que são danosos à saúde do ser humano, além de possuírem fracas propriedades de desinfecção (World Health Organization, 2011). As leis internacionais e brasileira estabelecem um limite máximo de cloro na água potável de 5 mg/L e este nível de cloro (5 mg/L) foi utilizado na água de glaciamento da indústria em estudos (World Health Organization, 2003b; Brasil, 2011). No Brasil, além do limite máximo de 5 mg/L, também é estabelecido um limite mínimo de 0,2 mg/L (Brasil, 2011). Nos estudos de Souza et al. (2018), na análise do teor de cloro livre na água de glaciamento por imersão foi observado que o processamento de 3,8 kg a 4,3 kg de lombo de peixe-prego congelado/L de água de glaciamento foi o suficiente para reduzir o cloro livre de 3,78 mg/L para 0,09 mg/L no início e fim do processo, respectivamente.

Visando solucionar o problema da deficiência do cloro, alguns estudos têm sido conduzidos a fim de testar outros agentes antimicrobianos na água de glaciamento, com foco na qualidade da água e do pescado. Zhang et al. (2015) observaram a atividade inibitória de alguns micro-organismos usando água eletrolisada, fracamente acidificada, no glaciamento de pescado.

Duas amostras, nas quais foram observados os maiores valores de pH, foram as que apresentaram as mais altas contagens de coliformes totais: $1,6 \times 10^8$ e $1,4 \times 10^8$. Outras amostras com pH elevado também tiveram altas contagens de coliformes totais e isso ocorre porque o pH interfere na eficiência de desinfecção com cloro, que é melhor quando o pH está abaixo de 7 (Huss, 1993). Assim, a água clorada usada para a reposição da água do tanque do glaciamento pode não estar sendo capaz de manter a baixa contagem de micro-organismos, gerando a contaminação do pescado com alto pH muscular, contribuindo para a contaminação da água.

Alguns estudos afirmam que a água de glaciamento não influencia significativamente no crescimento de bactérias durante o armazenamento do pescado glaciado (Soares et al., 2013; Zhang et al., 2015). Entretanto, essas pesquisas foram conduzidas em escala laboratorial, com o controle da água potável, o que não representa a situação real na maioria das indústrias que produzem pescado congelado.

De acordo com Souza et al. (2018), a contaminação da matéria-prima pode afetar a qualidade da água de glaciamento, mas a água parece não afetar o crescimento microbiológico do produto glaciado, avaliado após 24 horas de armazenamento. No entanto, ainda não há certeza se pode ocorrer proliferação dos micro-organismos ao longo do período de armazenamento do produto congelado, principalmente de fungos que são resistentes às baixas temperaturas. Diante disso, mais pesquisas são necessárias para avaliar o efeito real da água na qualidade microbiológica do pescado glaciado.

Conclusão

Foi observado que diversos parâmetros analisados na água de glaciamento, após 2 a 4 horas de utilização, estavam acima dos limites permitidos para água potável. Na indústria modelo, devido à grande variedade de espécies e produtos de peixes processados é inviável o uso de equipamentos específicos por tipo de produto ou espécie processada. A consequência disto é que cada espécie ou produto contribui de maneira diferente para a contaminação da água de glaciamento, seja devido às diferenças na microbiota natural do pescado ou às composições físico-químicas que variam muito entre as espécies e indivíduos, dependendo da idade, sexo, ambiente e estação do ano.

A variação foi observada na água de glaciamento onde diversos produtos foram imersos. Logo, os resultados das análises foram bem distintos, apresentando grande variabilidade nos dados para cada parâmetro analisado. Isso indica que, além das espécies, a massa total do pescado processado também influenciou os parâmetros de qualidade da água.

Apesar da regularidade no horário das coletas de amostras, houve discrepância nos dados, mesmo quando processados em matrizes similares. Sendo assim, a frequência da renovação da água de glaciamento deve considerar não somente o tempo decorrido da última renovação de água, mas também a quantidade de pescado processada e o tipo de produto glaciado. Os resultados indicam que a renovação da água, após quatro horas de uso, não foi suficiente para atender aos padrões de potabilidade da água de glaciamento e, desse modo, é importante incluir a renovação frequente de água do tanque de glaciamento no programa de higiene e sanitização das indústrias de pescado congelado. De todo modo, a indústria estudada passa por inspeções sanitárias regulares e seus produtos estão sempre de acordo com os padrões de qualidade microbiológicas definidos pela legislação brasileira RDC nº 331 (Brasil, 2019) e IN nº 60 (Brasil, 2019).

Muitas regiões do Brasil e do mundo têm sofrido com a falta de água potável, especialmente em áreas industrializadas. Controlar o uso da água de glaciamento pelo método de imersão também tem seu benefício ao meio ambiente, como meio consciente e racional do uso da água. Por causa da relevância no processo de congelamento do pescado e o uso do glaciamento pelo método de imersão, sem critérios bem estabelecidos para a manutenção da qualidade da água, este estudo tem como um de seus objetivos encorajar pesquisas que avaliem a relação entre a água e o produto final, com foco no aspecto sanitário para o reúso seguro da água de glaciamento.

Referências

- AHMED, Z.; DONKOR, O.; STREET, W. A.; VASILJEVIC, T. Calpains and cathepsins induced myofibrillar changes in postmortem fish: impact on structural softening and release of bioactive peptides. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 130-146, 2015.
- AL-BUSAIDI, M. A.; JUKES, D. J.; BOSE, S. Seafood safety and quality: an analysis of the supply chain in the Sultanate of Oman. **Food Control**, v. 59, p. 651-662, 2016.
- ALLEN, M. J.; BRECHER, R. W.; COPES, R.; HRUDEY, S. E.; PAYMENT, P. **Turbidity and microbial risk in drinking water**. British Columbia: Minister of Health, 2008.
- AMADO, I. R.; VÁZQUEZ, J. A.; MURADO, M. A.; GONZÁLEZ, M. P. Recovery of astaxanthin from shrimp cooking wastewater: optimization of astaxanthin extraction by response surface methodology and kinetic studies. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 2, p. 371-381, 2015.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22, ed. Washington, DC, 2012.
- BARNARD, N. D.; BUSH, A. I.; CECCARELLI, A.; COOPER, J.; DE JAGER, C. A.; ERICKSON, K. I.; FRASER, G.; KESLER, S.; LEVIN, S. M.; LUCEY, B.; MORRIS, M. C.; SQUITTI, R. Dietary and lifestyle guidelines for the prevention of Alzheimer's disease. **Neurobiol. Aging**, v. 35, p. 74-8, 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 53, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, n. 249, p. 96, 23 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, n. 249, p. 133-148, 23 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controlada qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2. 914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, DF, 12 dez. 2011.

BUCHTOVÁ, H.; ĐORĐEVIĆ, D.; KOČÁREK, S.; CHOMÁT, P. Analysis of chemical and sensory parameters in different kinds of escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) products. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 33, n. 4, p. 346-353, 2015.

CARAWAN, R. E.; CHAMBERS, J. V.; ZALL, J. V. **Seafood water and wastewater management**. Raleigh: North Carolina Agricultural Extension Services, 1979.

CHEVALIER, D; SEQUEIRA-MUNOZ, A; LE BAIL, A; SIMPSON, B. K; GHOU, M. Effect of freezing conditions and storage on ice crystal and drip volume in turbot (*Scophthalmus maximus*): evaluation of pressure shift freezing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 1, n. 3, p. 193-201, 2000.

CHOWDHURY, P.; VIRARAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater: a review. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 439-449, 2010.

CRISTÓVÃO, R. O.; BOTELHO, C. M.; MARTINS, R. J. E.; LOUREIRO, J. M.; BOAVENTURA, R. A. R. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse e a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 603-612, 2015.

DAMS, R. I.; TEIXEIRA, E.; BEIRÃO, L. H. Práticas de higiene e sanificação em indústria de pescado congelado. **B. CEPPA**, v. 15, n. 2, p. 159-66, jul. /dez. 1997.

DIETRICH, A. M.; BURLINGAME, G. A. Critical review and rethinking of USEPA secondary standards for maintaining organoleptic quality of drinking water. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 2, p. 708-720, 2015.

EUROPEAN UNION. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. **Official Journal of the European Communities**, L330, p. 32-53, 1998.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2014**: Opportunities and challenges. Rome, 2014.

FAO. **Code of practice for fish and fishery products**: CXC 52-2003. Roma, 2020.

FAO. **Codex standard for quick frozen finfish, uneviscerated and eviscerated**: Codex Stan 36–1981. Noruega, 1995.

GONÇALVES, A. A.; GINDRI JUNIOR, C. S. G. The effect of glaze uptake on storage quality of frozen shrimp. **J. Food Eng.**, v. 90, n. 2, p. 285-90, 2009.

GONZALEZ, J. F. Wastewater characterization. *In*: GONZALEZ, J. F. (ed.). **Wastewater treatment in the fishery industry**. Rome, n. 355, 1996. 433p.(FAO fisheries technical paper. 355).

GRAM, L.; HUSS, H. H. Microbiological spoilage of fish and fish products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 33, p. 121-137, 1996.

GUIMARÃES, J. T. et al. Quantification and characterization of effluents from the seafood processing industry aiming at water reuse: a pilot study. **Journal of Water Process Engineering**, v. 26, p. 138-145, 2018. ISSN 2214-7144.

HSIEH, J. L. NGUYEN, T. Q.; MATTE, T.; ITO, K. Drinking water turbidity and emergency department visits for gastrointestinal illness in New York city, 2002–2009. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0125071.

HUSS, H. H. Cleaning and sanitation in seafood processing. In: HUSS, H. H. (ed.). **Assurance of seafood quality**. Rome, n. 334, 1993. 169 p. (FAO Fisheries Technical Paper, n. 334).

HUSS, H. H. Post mortem changes in fish. In: HUSS, H. H. (ed.). **Quality and quality changes in fresh fish**. Rome, n. 348, 1995. 203 p. (FAO Fisheries Technical Paper, n. 348).

IBGE. **Pesquisa industrial**, v. 32, n. 2, p. 1-164, 2013.

IKEM, A.; EGIEBOR, N. O. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 8, p. 771-787, 2005.

JACOBSEN, S.; FOSSAN, K. M. Temporal variations in the glaze uptake on individually quick frozen prawns as monitored by the CODEX standard and the enthalpy method. **Journal of Food Engineering**, v. 48, p. 227-233, 2001.

JAMIESON, B. L.; GAGNON, G. A.; GONÇALVES, A. A. Physicochemical characterization of Atlantic Canadian seafood processing plant effluent. **Marine Pollution Bulletin**, v. 116, n. 1, p. 137-142, 2017.

JOHNSTON, W. A. ; NICHOLSON, F. J.; ROGER, A.; STROUD, G. D. Treatment of fish after freezing. In: JOHNSTON, W. A. et al. (ed.). **Freezing and refrigerated storage in fisheries**. Rome, 1994. (FAO Fisheries Technical Paper, n. 340).

KANDIMALLA, R. ; VALLAMKONDU, J.; CORGIAT, E. B.; GILL, K. G. Understanding Aspects of Aluminum Exposure in Alzheimer's Disease Development. **Brain Pathology**, v. 26, n. 2, p. 139-154, 2016. DOI: 10.1111/bpa.12333.

KIRBY, R. M.; BARTRAM, J.; CARR, R. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. **Food Control**, v. 14, n. 5, p. 283-299, 2003.

KOJADINOVIC, J. ; POTIER, M.; LE CORRE, M.; COSSON, R. P.; . Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. **Environmental Pollution**, v. 146, n. 2, p. 548-566, 2007.

MARTIN, R. E. ; CARTER, E. P.; FLICK JUNIOR, G. J.; DAVIS, L. M. (ed.) **Marine and Freshwater Products Handbook**. Lancaster: Technomic., 2000.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I. ; PERIAGO, M. J.; SANTAELLA, M.; ROS, G.. The content and nutritional significance of minerals on fish flesh in the presence and absence of bone. **Food Chemistry**, v. 71, n. 4, p. 503-509, 2000.

MOURA, A. F. P. MAYER, M. del B.; LANDGRAF, M.; TEUTA FILHO, A. Qualidade química e microbiológica de camarão-rosa comercializado em São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 2, p. 203-208, 2003.

MURRAY, J. ; BURT, J. R. **The composition of fish**. [S.l.]: Ministry of Technology: Torry Research Station, 2001. 14 p. (Torry Advisory Note, 38).

OCAÑO-HIGUERA, V. M.; MARQUEZ-RÍOS, E.; CANIZALES-DÁVILA, M.; CASTILLO-YÁÑEZ, F. J.; PACHECO-AGUILAR, R.; LUGO-SÁNCHEZ, M. E.; GARCÍA-OROZCO, K. D.; GRACIANO-VERDUGO, A. Z. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. **Food Chemistry**, v. 116, n. 4, p. 933-938, 2009.

PAYMENT, P. Poor efficacy of residual chlorine disinfectant in drinking water to inactivate waterborne pathogens in distribution systems. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 45, n. 8, p. 709-715, 1999.

PRASERTSAN, P.; CHORIT, W. Problem and solution of the occurrence of red colour in wastewater of seafood processing plant. **Songklanakarin Journal of Science Tehnology**, v. 10, n. 4, p. 439-446, 1988.

PRASERTSAN, P.; CHORIT, W.; SUWANNO, S. Optimisation for growth of *Rhodocyclus gelatinosus* in seafood processing effluents. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 9, n. 5, p. 590-592, 1993.

PRASERTSAN, P.; JUNG, S.; BUCKLE, K. A. Anaerobic filter treatment of fishery wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 11-13, 1994.

PRASERTSAN, P.; JATURAPORNPIPAT, M.; SIRIPATANA, C. Utilization and treatment of tuna condensate by photosynthetic bacteria. **Pure and Applied Chemistry**, v. 69, n. 11, p. 2439-2445, 1997.

REPETTO, M.; SEMPRINE, J.; BOVERIS, A. Lipid Peroxidation: chemical mechanism, biological implications and analytical determination. In: CATALA, A. (ed.). **Lipid Peroxidation**. [S.l.]: InTech, 2012, DOI: 10.5772/45943. 2012.

RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. **Food Research International**, v. 34, n. 5, p. 441-447, 2001.

SÁNCHEZ-ALONSO, I.; BORDERIAS, A. Technological effect of red grape antioxidant dietary fiber added to minced fish muscle. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 6, p. 1009-1018 2008.

SEAFISH INDUSTRY AUTHORITY. **Survey of the UK seafood processing industry**. Scotland: [s.n.], 2012.

SELAMI, S.; SADOKI, S. The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* Linnaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus)) during chilled storage. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 3, n. 1, p. 36-45, 2008.

SOARES, N. M.; MENDES, T. S.; VICENTE, A. A. Effect of chitosan-based solutions applied as edible coatings and water glazing on frozen salmon preservation: a pilotscale study. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n. 2, p. 316-323, 2013.

SOTO-VALDEZ, H.; EZQUERRA-BRAUER, J.; MÁRQUEZ-RIOS, E.; TORRES-ARREOLA, W. Effect of previous chilling storage on quality loss in frozen (-20 °C) sierra (*Scomberomorus sierra*) muscle packed with a low-density polyethylene film containing butylated hydroxytoluene. **Food Science and Technology** (Campinas), Campinas, v. 35, n. 1, p. 202-206, 2015.

SOUZA, A. L. M. de; GUIMARÃES, J. de T.; BRIGIDA, A. I. S.; LUIZ, D. de B.; FRANCO, R. M.; MESQUITA, E. de F. M. de. Qualidade microbiológica no congelamento de peixe-prego. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DO PESCADO (SIMCOPE), VII, 2018, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: Instituto de Pesca, 2018.

STEPNOWSKI, P.; ÓLAFSON, G.; HELGASON, H.; JASTORFF, B. Preliminary study on chemical and physical principles of astaxanthin sorption to fish scales towards applicability in fisheries waste management. **Aquaculture**, v. 232, n. 1-4, p. 293-303, 2004.

THANONKAEW, A.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; DECKER, E. A. The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. **Food Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 591-609, 2006.

TOMLJENOVIC, L. Aluminum and Alzheimer's disease: after a century of controversy, is there a plausible link? **J. Alzheimer's Dis.**, v. 23, n. 4, p. 567-98, 2011.

TORRISSEN, O. J. Strategies for salmonid pigmentation. **Journal of Alzheimer's Disease**, v. 11, p. 276-281, 1995.

VENUGOPAL, V. **Seafood Processing**: adding value through quick freezing, retortable packing and cook-chilling. Boca Raton: CRC, 2006.

WASTEWATER **characterization** of fish processing plant effluents: New Westminster, B.C.: Fraser River Estuary Management Program, 1994. 94 p. (Technical Report Series ; DOE FRAP 1993-39).

WILLS, M. R.; SAVORY, J. Aluminium poisoning: dialysis, encephalopathy, osteomalacia and anemia. **Lancet**, v. 2, n. 8340, p. 29-34, 1983.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chloride in drinking-water**. Geneva: World Health Organization, 2003b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Iron in Drinking-water**. Geneva, 2003a.

YILMAZ, A. B.; SANGÜN, M. K.; YAGLIOGLU, D.; TURAN, C. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from İskenderun Bay, Turkey. **Food Chemistry**, v. 123, n. 2, p. 410-415, 2010.

ZHANG, B.; MA, L.; DENG, S.; XIE, C.; QIU, X. Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging. **Food Control**, v. 51, p. 114-121, 2015.