



CLAUDIA DANIELA RAMIREZ PINCHI

**TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE
PESCADO: UMA REVISÃO**

LAVRAS – MG

2021

CLAUDIA DANIELA RAMIREZ PINCHI

**TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE PESCADO:
UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Engenharia de Alimentos, para
a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Maria Emilia de Sousa Gomes

Orientadora

MSc. Francielly Corrêa Albergaria

Coorientadora

LAVRAS – MG

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pinchi, Claudia Daniela Ramirez.

Tecnologia de Processamento Mínimo de Pescado: Uma
revisão / Claudia Daniela Ramirez Pinchi. - 2021.

55 p.

Orientador(a): Maria Emília de Sousa Gomes.

Coorientador(a): Francielly Corrêa Albergaria.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Processamento Mínimo. 2. Pescado. 3. Qualidade. I. Gomes,
Maria Emília de Sousa. II. Albergaria, Francielly Corrêa. III. Título.

CLAUDIA DANIELA RAMIREZ PINCHI

**TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE PESCADO:
UMA REVISÃO
MINIMAL PROCESSING TECHNOLOGY FOR FISH AND SHELLFISH:
A REVIEW**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 04 de Junho de 2021
Dra. Maria Emilia de Sousa Gomes
MSc. Francielly Corrêa Albergaria
Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho

Profa. Dra. Maria Emilia de Sousa Gomes

Orientadora

MSc. Francielly Corrêa Albergaria

Coorientadora

LAVRAS – MG

2021

A minha mãe, por todo seu amor e luta.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais Roberto e Maria por por juntos me darem a oportunidade de crescimento e aprendizado longe de casa, sem o apoio de vocês eu não estaria onde estou.

À minha orientadora Maria Emília, por despertar meu interesse pelo tema, pelo apoio, paciência, ensinamentos e por ter me motivado a fazer o melhor.

À minha coorientadora Francielly pelo suporte com este trabalho e por sua disposição e amabilidade em todo momento.

Ao meu noivo, companheiro e melhor amigo Luiz Gustavo, por seu apoio e amor em todos os momentos durante todos estes anos.

A meu amado companheiro e melhor amigo de 4 patas Milo, por ter me dado sua companhia e amor incondicional, uma vida eterna nunca será suficiente para te agradecer por tanto.

As minhas amigas que dividiram comigo o caminho até aqui durante o curso de Engenharia de Alimentos, Valeria Resende, Daniele Silva, Jessica Costa e todos os que foram parte desta caminhada. Tenho um carinho especial por vocês.

À Universidade Federal de Lavras por ter sido meu lar durante esses anos e por ter me proporcionado Bolsas de Iniciação Científica que me deram ensinamentos e experiência na Pesquisa, e me ajudaram a crescer como profissional e sobre tudo por representar o meu maior desafio concluído! .

MUITO OBRIGADA!

“Todas as conquistas começam com o simples ato de acreditar que elas são possíveis.”

(Anônimo)

RESUMO

O pescado é uma das principais fontes primárias de proteína de alto valor biológico, ácidos graxos insaturados e nutrientes essenciais na alimentação humana. Dentro desse grupo, a demanda por produtos oriundos da piscicultura tem crescido consideravelmente, e tende a aumentar nas próximas décadas, tanto pela demanda do consumidor, como pelas inovações tecnológicas que a mesma vem passando, principalmente nas técnicas de processamento mínimo para desenvolvimento de produtos práticos e convenientes. O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica a respeito da qualidade e tecnologia do processamento mínimo de peixes e mariscos, e destacar os aspectos a serem melhorados dentro da cadeia produtiva nacional. A segurança e a qualidade dos alimentos são as principais prioridades para os consumidores em todo o mundo. Os peixes, e os demais produtos oriundos do pescado de modo geral são tidos como um alimento de fácil deterioração, necessitando de técnicas de processamento adequadas e altamente eficientes. Ao longo dos anos, a indústria de processamento de peixes lançou-se mão de diversas técnicas de processamento mínimo utilizando métodos térmicos e não térmicos. A adoção de uma tecnologia em detrimento de outra depende, dentre outras coisas, do nível tecnológico da indústria e público alvo do produto final. Muitas das técnicas de processamento mínimo utilizadas no mundo ainda são pouco aplicadas no Brasil ou até mesmo inexistentes. As novas tecnologias de processamento de alimentos, como ozônio, aquecimento ôhmico, micro-ondas, alta pressão e campos elétricos pulsados, oferecem alimentos seguros e de alta qualidade, no entanto, uma série de questões foram identificadas que atrasam a implementação mais ampla dessas técnicas, incluindo as questões do enorme custo de investimento e a falta de regulamentações adequadas no país. O Brasil apresenta grande potencial de expansão das atividades aquícolas, mas ainda há a necessidade de desenvolvimento de projetos de apoio técnico na área, bem como de maior divulgação das pesquisas para os produtores. O estudo demonstrou que entre todos os processamentos mínimos térmicos, não térmicos, antimicrobianos e de uso de barreiras, o tratamento de Alta Pressão (HPP), ainda segue sendo o tratamento térmico mais bem sucedido, porém ainda tem algumas desvantagens por causa de perdas na qualidade sensorial devido ao uso de alta pressão que afeta os principais constituintes do peixe, o HPP foi o método de processamento mínimo em que foi encontrado mais pesquisas realizadas no trabalho atual. O método de uso de barreiras demonstrou ser promissor para futuras pesquisas, porém essas barreiras devem ser selecionadas de forma inteligente e combinadas de forma apropriada para não perder os atributos dos alimentos.

Palavras-chave: Processamento Mínimo, Pescado, Qualidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Tecnologias de processamento mínimo de produtos de peixe.	17
Figura 2- Exemplo da tecnologia de obstáculos na preservação de peixes.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 METODOLOGIA	13
3 DESENVOLVIMENTO	13
3.1 Pescados no Brasil e no mundo	13
3.2 Qualidade dos alimentos	16
3.3 Técnicas de processamento mínimo de peixes	17
3.3.1 Processamento mínimo com métodos térmicos	18
3.3.1.1 Processamento <i>sous-vide</i>	18
3.3.1.2 Aquecimento Infravermelho (IR)	20
3.3.1.3 Aquecimento de micro-ondas (MW)	21
3.3.1.4 Aquecimento ôhmico (OH)	23
3.3.2 Processamento mínimo com métodos não térmicos	24
3.3.2.1 Processamento de alta pressão (HPP)	25
3.3.2.2 Ozônio	28
3.3.2.3 Campos Elétricos Pulsados (CEP)	29
3.3.2.4 Processamento de ultrassom	31
3.3.2.5 Métodos de embalagem	32
3.3.2.5.1 Embalagem com atmosfera modificada (MAP)	33
3.3.2.5.2 Embalagem Ativa e Inteligente	35
3.3.3 Processamento mínimo com biopreservação e antimicrobianos naturais	37
3.3.4 Processamento mínimo com tecnologia de barreira	39
4 CONCLUSÃO	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O pescado é uma das principais fontes primárias de proteína de alto valor biológico, ácidos graxos insaturados e nutrientes essenciais na alimentação humana (SOARES; GONÇALVES, 2012). A sua captura por pesca e produção aquícola são atividades que tem crescido mundialmente nos últimos anos, tendo uma ampla contribuição no processo de desenvolvimento econômico e social, por meio da produção de alimentos, geração de emprego e renda (KIRCHNER et al., 2016).

A produção aquícola nacional ainda apresenta números incipientes se comparada a dos maiores produtores mundiais, como a China, a Índia, o Vietnã e a Indonésia (BRABO et al., 2016), no entanto o Brasil tem grande potencial para incrementar a sua produção pesqueira e aquicultura, tanto por seu extenso litoral, quanto pela abundância de águas continentais, clima favorável e matriz energética (KIRCHNER et al., 2016; ROCHA et al., 2013), o que lhe dá plenas condições de participar mais ativamente deste setor produtivo e também alavancar o mercado interno (XIMENES; VIDAL, 2018).

Entre os produtos de origem animal, o pescado representa o mais susceptível ao processo de deterioração. Isso se deve à associação de fatores intrínsecos e extrínsecos, que em conjunto contribuem rapidamente para sua desvalorização ou rejeição (SOARES; GONÇALVES, 2012). Apesar de as formas tradicionais de processamento de peixes serem ainda bem-aceitas, a crescente demanda por produtos práticos e convenientes, que não tenham características de frescor alteradas, fez surgir a necessidade de novas tecnologias, tais como as técnica de processamento mínimo, que permitem a manutenção das qualidades sensoriais do produto no estado fresco e com garantia de segurança dos mesmos, em relação à saúde pública (OETTERER; SAVAY-DA-SILVA; GALVÃO, 2012; SANTOS et al., 2019).

Em geral, as características sensoriais são uma das mais importantes propriedades dos alimentos para os consumidores. Com base neste conhecimento, a indústria vem de maneira incisiva dispensando esforços e recursos na busca de desenvolvimento de tecnologias que sejam capazes de preservar e criar qualidades tanto sensoriais quanto nutricionais, uma vez que a preservação de atributos naturais e a inserção de novos, tornam os produtos mais desejáveis (NAGARAJARAO, 2016).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento e expansão da cadeia produtiva da piscicultura, os produtos à base de pescado têm sido objeto de interesse de várias classes sociais, uma vez que a inserção desses produtos na dieta pode representar uma fonte rica em proteínas, vitaminas,

minerais e gorduras, que são de extrema importância no suprimento diário de nutrientes como ferro (Fe) e magnésio (Mg), que são reconhecidamente importantes para o bom funcionamento do organismo (ROSNES; SKIPNES, 2017).

A combinação de fatores como a disseminação do uso de eletrodomésticos, como o micro-ondas pela população das classes C e D e a insuficiência de tempo das pessoas, principalmente das grandes metrópoles, para o preparo de pratos mais elaborados, há, portanto, uma maior predisposição das pessoas em consumir produtos já processados. Logo, o mercado de peixes encontra-se diante da necessidade de expansão para atender a este público, ao mesmo tempo em que precisa desenvolver produtos e embalagens que sejam capazes de atender a estes objetivos, além de produtos que possam ser levados ao micro-ondas, há a necessidade de comercializar produtos em embalagem menores para consumo como porção única, ou seja, embalagem individuais. Este cenário tem levado a indústria a considerar a adoção de uma série de novas tecnologias, uma vez que o peixe, como produto, é altamente perecível, assim as tecnologias tem se guiado não somente em atender a um novo nicho de mercado, mas em expandir o uso dessas tecnologias para todos os produtos, de maneira que seja possível manter os produtos com maior tempo de prateleira, bem como as empresas poder ter maior capilaridade geográfica, pois assim é possível enviar os produtos pra lugares mais longínquos (BANERJEE; VERMA, 2015).

A tecnologia de barreira já é bem estabelecida na indústria de alimentos, e por conseguinte, na indústria do processamento mínimo de peixes tem demonstrado resultados de grande valia, uma vez que a combinação de dois ou mais métodos é capaz de eliminar ou controlar o crescimento, desenvolvimento e proliferação de patógenos. De maneira que a adição de conservantes, assim como o sal, a fumaça e a diminuição do pH, por meio do uso de ácidos, são capazes não somente de aumentar a vida útil dos produtos, mas também preservar as qualidades sensoriais, tão importantes para a comercialização, principalmente de peixes (BANERJEE; VERMA, 2015; GUERRA, 2013).

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo realizar uma revisão bibliográfica a respeito da qualidade e tecnologia do processamento mínimo de pescados e mariscos, bem como destacar os aspectos a serem melhorados.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a realização de uma pesquisa de natureza qualitativa, descritiva, com base bibliográfica, através da utilização de dados oriundos de publicações e resultados de pesquisas específicas sobre o Processamento Mínimo térmicos, não térmicos, de barreira e com uso de biopreservação, em peixes e mariscos. Para este trabalho se usaram literaturas desde o ano 1995 até o ano 2021, 58% dos trabalhos revisados para este trabalho foram dos últimos 10 anos, em que a maioria das pesquisas foram encontradas em artigos em inglês, no entanto, também se usaram pesquisas do Brasil.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Pescados no Brasil e no mundo

A expansão populacional incentivou a maximização da demanda por alimentos, além disso, a diversificação das preferências alimentares vem crescendo de maneira significativa, o que está atrelado ao aumento da renda da população e à elevação do consumo. Nesse contexto, a pesca e aquicultura demonstram papel primordial na alimentação das pessoas (BARBOSA; OTANI, 2018). Segundo o relatório do Comitê Mundial em Segurança Alimentar sobre aquicultura (HLPE, 2014), a produção de peixes e outros produtos aquícolas contribuem significativamente para a segurança alimentar e nutricional, além de constituírem uma fonte de renda estratégica em inúmeras comunidades, apoiando a subsistência de centenas de milhões de pessoas em todo o mundo (FAO, 2020; KIRCHNER et al., 2016).

De modo geral, o termo, "Pescado" compreende os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada, usados na alimentação humana (RIISPOA, 2020).

A carne de pescado constitui uma excelente fonte de proteínas, caracterizado por elevada digestibilidade e alto valor biológico, além de um elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados e baixo colesterol. Em vários países, como os da Europa e da Ásia, é a proteína de origem animal mais consumida, sendo considerado um alimento saudável do ponto de vista nutritivo, capaz de promover melhoras significativas na saúde humana (SOARES; GONÇALVES, 2012; KIRCHNER et al., 2016).

A aquicultura é entendida como a produção em cativeiro de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático, onde a atividade de cultivo implica a intervenção do homem no processo de criação para aumentar a produção, em

operações como a semeadura, alimentação e proteção contra predadores. A produção proveniente da aquicultura corresponde a quase metade da produção mundial de pescado, e tem apresentado um crescimento significativo com relação à pesca extrativa (FAO, 2020; KIRCHNER et al., 2016; BOMBARDELLI; SYPERRECK; SANCHES, 2005).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2020), em sua última estatística publicada, a produção mundial de pescado foi de aproximadamente 178,5 milhões de toneladas em 2018, representando um recorde histórico, com aumento de 3,4% em relação ao ano anterior. Deste total, a pesca extrativista contribuiu com 96,4 milhões de toneladas e a produção advinda da aquicultura atingiu o pico de 82,1 milhões de toneladas, com aumento, respectivamente, de 3,6% e 3,2% a mais do que em 2017. O consumo humano direto de peixes, crustáceos, e outros animais aquáticos no mundo foi de 156 milhões de toneladas, que corresponde a cerca de 88% do total produzido. Os 12% restantes (22 milhões de toneladas) foram destinados para produtos não alimentícios, principalmente na fabricação de farinha e óleo de peixe.

Em 2018, os sete maiores países pesqueiros (China, Indonésia, Peru, Índia, Rússia, Vietnã e Estados Unidos) representaram quase 50% da produção total. Enquanto os vinte primeiros responderam por quase 74% das capturas extrativistas mundiais. Na aquicultura, os principais produtores foram China, Índia, Indonésia, Vietnã, Bangladesh, Egito, Noruega, Chile, Mianmar e Tailândia, que juntos produziram 72,8 milhões de toneladas e contribuíram com 88,7% da quantidade total produzida (FAO, 2020). Segundo Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR), em 2020, o Brasil produziu 802.930 toneladas (t) de peixes de cultivo, o que representa um crescimento de 5,93%, sendo 60% da produção só de tilápia com mais de 486 mil toneladas, o Brasil teve um aumento de 12,5% de produção de tilápia em 2020. Os peixes nativos, mesmo que representando um segmento muito importante da piscicultura brasileira, teve produção reduzida para 278.672 t em 2020, o que foi 3,2% menor que no ano de 2019 (287.930 t). Outras espécies, como carpa, truta, e pangasius, principalmente, cresceram sua produção em 10,9% (ANUÁRIO PEIXE BR, 2021).

O consumo anual de pescado por habitante no Brasil foi de apenas 9,1 kg em 2017, valor bem inferior à média mundial estimada em 20,3 kg per capita. Com uma população de 209 milhões de habitantes e uma produção pesqueira relativamente pequena, o Brasil se tornou um grande importador de pescado. Neste mesmo ano, o país importou 716 mil toneladas contra uma exportação de apenas 51 mil, contribuindo em um déficit de 665 mil toneladas na balança comercial (FAO, 2020; KUBITZA, 2015).

No Brasil, a cadeia produtiva nacional ainda apresenta fatores limitantes para o seu desenvolvimento, como elevado custo de produção, assistência técnica insuficiente, baixa qualificação dos produtores, dificuldade de acesso ao crédito para investimento e custeio, baixos preços pagos ao piscicultor, dificuldade de acesso à tecnologia e falta de políticas públicas eficientes (BRABO et al., 2016).

Apesar desse cenário atual na produção nacional, dentre os países com maior potencial de desenvolvimento da aquicultura, seja do ponto de vista das condições naturais ou dos aspectos socioeconômicos, o Brasil tem papel de destaque, em especial por seu amplo território, clima favorável, boa disponibilidade hídrica e áreas favoráveis para a construção de tanques e açudes, além de possuir uma faixa costeira de 8.500 km com aptidão para desenvolvimento da maricultura e ocorrência natural de uma grande diversidade de espécies aquáticas com potencial zootécnico e mercadológico (BRABO et al., 2016; KUBITZA, 2015).

O banco de dados da FAO de pescas em águas interiores e marinhas inclui estatísticas para mais de 2.221 espécies capturadas, das quais os peixes representaram cerca de 85% da produção total de capturas mundiais em 2018. Na aquicultura, a produção de peixes chegou a 66,1% (54,3 milhões de toneladas) do total de espécies cultivadas no mesmo ano (FAO, 2020).

No Brasil, a piscicultura é o ramo mais desenvolvido dentro da aquicultura, onde o Sul concentra a maior parcela da produção nacional (31,1%), sendo seguido das regiões Nordeste (18,8%), Norte (18,5%), Sudeste (17,6%) e Centro-Oeste (13,9%) (ANUÁRIO PEIXE BR, 2021).

A demanda por produtos oriundos da piscicultura tem crescido consideravelmente, e em 20 anos, o Brasil tende a ser o maior produtor mundial de peixes de cultivo, com a liderança da tilápia (ANUÁRIO PEIXE BR, 2021).

O consumo *per capita* de camarão marinho do Brasil em 2019, incluindo a produção extrativa, foi de 570 gr/ano, enquanto o camarão cultivado foi de 430 gr/ano. As perspectivas de produção de camarão cultivado para 2021 é de 150.000 t e para 2022 é de 200.000 t, as perspectivas são de um crescimento expressivo e continuado. O consumo *per capita*/ano de camarão marinho em 2020 foi de 1,68 kg (México), 2,2 kg (EUA) e 2,6 kg (China) e o desafio, segundo a Associação Brasileira de Camarões, é que até 2022 no Brasil o consumo *per capita*/ano seja de 1 kg (ROCHA et al., 2020).

3.2 Qualidade dos alimentos

Os peixes e os demais produtos oriundos do pescado, de modo geral, apresentam características peculiares inerentes ao modo de captura, biologia e tipo de processamento, tornando-se diferentes dos outros tipos de carnes, necessitando, por tanto, de técnicas de processamento adequadas e altamente eficientes, pois é tido como um alimento de fácil deterioração (MINOZZO, 2011), principalmente por apresentar elevada quantidade de água, pH próximo a neutralidade, alto teor de nutrientes facilmente utilizáveis pelos microrganismos, e rápida ação destrutiva das enzimas presentes nos tecidos e nas vísceras dos peixes (SOARES; GONÇALVES, 2012).

A segurança e a qualidade dos alimentos são as principais prioridades para as autoridades e consumidores em todo o mundo, o que é evidenciado pelo aumento do número de leis que exigem a qualidade dos alimentos nas várias etapas da cadeia de produção (ESTEVES; ANÍBAL, 2007; BANERJEE; VERMA, 2015). Com relação à carne de pescado, é crescente a procura por produtos de alta qualidade e convenientes, contendo sabor natural, aparência fresca e nutritivo, sem aditivos e seguros (BANERJEE; VERMA, 2015).

No intervalo decorrido da captura até o processamento ou comercialização, o pescado fica sujeito a perdas de qualidade dos atributos físico-químicos, sensoriais e microbiológicos. O consumo da carne submetida à manipulação inadequada pode causar riscos à saúde pública (SOARES; GONÇALVES, 2012). Por outro lado, o processamento de peixes por meio de técnicas convencionais, que aplicam tratamento extremo com um período de tempo maior para alcançar a segurança alimentar, acabam por incorrer em perdas substanciais de vários nutrientes essenciais. Diante disso, a produção e processamento de produtos de pescado sem comprometer a segurança e a qualidade estimulou o desenvolvimento de técnicas e pesquisas para o implemento de tecnologias alternativas, como o processamento mínimo (BANERJEE; VERMA, 2015).

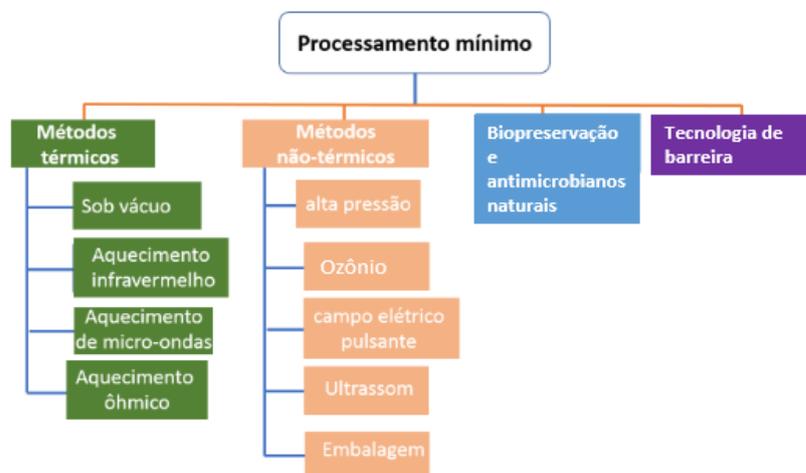
O processamento mínimo é definido como qualquer alteração física causada em alimentos *in natura*, mas que preserva o produto com o mínimo de dano, mantendo a qualidade nutricional, microbiológica e sensorial do alimento fresco (SANTOS et al., 2019; GUDMUNDSSON; HAFSTEINSON, 2002). O processamento mínimo engloba diferentes técnicas que são usadas isoladamente ou em combinação de duas ou mais para obter o produto com os atributos desejados, de modo que podem ser categorizadas em várias técnicas térmicas e não térmicas, aplicação de biopreservação ou antimicrobianos naturais, entre outras (BANERJEE; VERMA, 2015).

3.3 Técnicas de processamento mínimo de peixes

Ao longo dos anos a indústria de processamento de peixes lançou-se mão de diversas técnicas de processamento mínimo, no entanto, as que apresentaram melhores resultados, e são, portanto, tidas como estabelecidas na indústria, são aquelas que usam métodos térmicos e não térmicos. A adoção de uma tecnologia em detrimento de outra depende, dentre outras coisas, do nível tecnológico da indústria e público alvo do produto final. Dependendo do objetivo, a adoção de um método tradicional ou a combinação de dois ou mais pode atender de forma satisfatória (ROSNES; SKIPNES, 2017).

De maneira generalizada, é possível afirmar que um dos principais objetivos do processamento mínimo de peixes é a de paralisar ou reduzir o crescimento de microrganismos, principalmente aqueles com potencial para serem patógenos. Entre as tecnologias utilizadas, a pasteurização tem sido usada há muito tempo na indústria de peixes como uma técnica térmica, entretanto, as pesquisas vêm demonstrando que a viabilidade técnica e econômica de tecnologias não-térmicas, uma vez que estas apresentam resultados similares ou superiores na inativação de microrganismos. À medida que estas tecnologias têm se demonstrado eficientes, a indústria de processamento de peixes as vem adotando de forma paulatina (BANERJEE; VERMA, 2015). Assim, já é uma realidade o uso de técnicas inovadoras que são capazes de descontaminar os produtos oriundos de peixes que são destinados ao consumo humano. A descrição dos principais métodos de processamento mínimo utilizados em peixes pode ser vista na Figura 1.

Figura 1- Tecnologias de processamento mínimo de produtos de peixe.



Fonte: Da autora (2021)

3.3.1 Processamento mínimo com métodos térmicos

Por sua eficácia, praticidade e viabilidade econômica, o processamento térmico é um dos métodos mais comuns para obter produtos de peixe de conveniência seguros com uma vida útil prolongada, e se tornou ao longo do tempo o pilar da indústria de alimentos. Com o aumento da demanda por peixe tanto no mercado interno quanto para exportação, tem-se notado um aumento significativo da diversidade de produtos à base de peixe que passaram por algum tipo de tratamento térmico. Estabelecer um processo térmico para produtos de pesca, normalmente na faixa de 60–95 ° C por 10 a 30 min, é um desafio, uma vez que a carga de calor necessária para inativar microrganismos alvo pode causar alterações de qualidade indesejáveis na fração de lipídios e proteínas. O principal objetivo dos novos métodos de processamento mínimos é diminuir os efeitos negativos do tratamento térmico (ROSNES; SKARA; SKIPNES, 2011).

3.3.1.1 Processamento *sous-vide*

Sous-vide, cuja tradução significa “sob vácuo”, consiste em um método de conservação pelo qual os alimentos frescos são embalados a vácuo em bolsas ou filmes plásticos de alta barreira e estáveis ao calor e, em seguida, submetidos ao cozimento (pasteurização) em condições de tempo e temperatura controladas, resfriados rapidamente e armazenados sob refrigeração (BANERJEE; VERMA, 2015).

Existem preocupações quanto aos riscos apresentados por patógenos anaeróbicos, principalmente *Clostridium botulinum*, por isso o *Sous-vide* Advisory Committee (SVAC) recomenda que os produtos *sous-vide* sejam pasteurizados projetados especificamente para produzir uma redução de 6D (6 ciclos log) no número de esporos de *Clostridium botulinum* mais resistente ao calor, seguido por armazenamento a uma temperatura para evitar a germinação de quaisquer esporos (BANERJEE; VERMA, 2015).

Nos dias atuais, a aceitabilidade e o aumento do consumo de alimentos *sous-vide*, tanto para domicílio quanto para o mercado de serviço de alimentação, são verificados pela facilidade de preparação e, ainda, por oferecer uma série de vantagens associadas ao processamento, como a redução na contaminação microbiana, uma vez que o produto não é exposto a microrganismos após o tratamento térmico, além de apresentar perfil de sabor superior, aumento da maciez, melhora na cor e retenção de nutrientes, e vida útil aprimorada, proporcionando melhor qualidade sensorial e nutricional (BANERJEE; VERMA, 2015; SILVA, 2012; FÉLEX, 2015; LAGE, 2012). No entanto, cozinhar em baixas temperaturas por um curto período pode permitir a sobrevivência de formas vegetativas de bactérias patogênicas nos alimentos e pode levar a doenças de origem alimentar. Os alimentos *sous-vide* são geralmente armazenados em

temperaturas refrigeradas e, em geral, não são cozidos novamente após o armazenamento refrigerado. Portanto, a sobrevivência e o desenvolvimento de bactérias patogênicas durante o armazenamento devem ser levados em consideração (DONNELLY, 2002; HANSEN; KNØCHEL, 2001).

A aplicação do processamento *sous-vide* em produtos de carne de peixe já foi relatada por vários pesquisadores no Brasil. Lage (2012) avaliou as condições de tempo e temperatura do tratamento térmico no processo *sous-vide* de salmão (*Salmo salar*), bem como a influência desses fatores nas características do produto durante a sua vida útil. Ramos et al. (2016) avaliaram os parâmetros de qualidade microbiológica, física e físico-química de tambaqui (*Colossoma macropomun*) submetido à mesma técnica, sendo o tratamento de *sous-vide* considerado, por ambas pesquisas, uma tecnologia eficiente como método de conservação para produtos minimamente processados, apresentando grande aceitabilidade pelo mercado brasileiro (LAGE, 2012).

Além desses, García Linares et al. (2004) estudaram truta e salmão frescos embalados a vácuo, pasteurizados a 90 °C por 10 min e armazenados por 3, 20 e 45 dias a 4 °C, os autores demonstraram que a truta cozida pelo método *sous-vide* e armazenada por 20 e 45 dias manteve o conteúdo lipídico da espécie crua em comparação ao método tradicional. Para o salmão o método tradicional quanto o método *sous-vide* manteve e até aumentou o teor de lipídios, bem como as características de ácidos graxos.

No salmão processado em várias condições de tempo-temperatura, armazenados a 2 °C ou 10 °C, não foram encontrados *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* e *Listeria monocytogenes* em nenhuma das amostras, e o tratamento térmico de 90 °C por 15 min foi mais eficaz para prolongar a vida útil dos peixes (>45 dias) e as características sensoriais foram abaixo do ideal (GONZALES-FANDOS et al., 2005).

Para a truta arco-íris embalada a vácuo em uma bolsa de polietileno-poliamida, processada em diferentes combinações de tempo-temperatura e armazenamento a 2 °C e 10 °C, os lotes armazenados a 2 °C apresentaram menores contagens de mesófilos e psicrotóxicos e diminuíram com o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento. *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* e *Listeria monocytogenes* estavam ausentes em todas as amostras. Não foram encontrados esporos aeróbicos nem anaeróbicos nas amostras de trutas processadas a 90 °C por 15 min e armazenadas a 2 °C após 45 dias. O tratamento térmico de 90 °C por 15 min foi o mais eficaz para prolongar a vida útil (GONZALES-FANDOS et al., 2004).

O processo *sous-vide* tem como vantagens perfil de sabor superior, aumento da maciez, retenção de cor e nutrientes, redução de alterações oxidativas e aumento da vida útil (CHURCH; PARSONS 2000; VAUDAGNA et al., 2002).

Foi alegado, no entanto, que o tratamento térmico necessário causa danos inaceitáveis à qualidade sensorial, por tanto, tratamentos térmicos menos severos foram propostos com a aplicação de obstáculos adicionais (conservantes, sal, temperos, bacteriocinas) (BANERJEE; VERMA, 2015).

3.3.1.2 Aquecimento Infravermelho (IR)

A radiação infravermelha (IR) é a parte do espectro eletromagnético que fica entre a energia ultravioleta (UV) e a micro-ondas (MW). Pode ser infravermelho próximo (0,7-2,5 μm), infravermelho médio (2,5-25 μm) e infravermelho distante (25-1000 μm) (ZEITLER et al., 2007). O aquecimento por infravermelho é um importante meio de descongelamento, cozimento, secagem, torrefação, cozimento, branqueamento e pasteurização de alimentos e produtos agrícolas (LLOYD et al., 2003; RANJAN et al., 2002; STAACK et al., 2008).

O infravermelho é uma fonte de aquecimento exclusiva e sua energia térmica é absorvida principalmente em superfícies de alimentos sólidos e possui capacidade de penetração muito limitada. A exposição de um objeto a uma fonte de aquecimento infravermelho faz com que sua superfície aumente a temperatura, seguida pela consequente transferência de calor para o centro do alimento sólido por condução. A maioria dos alimentos sólidos é geralmente baixa em condutividade térmica, por isso a transferência de calor para o interior é muito lenta quando comparada com materiais altamente condutores (HUANG, 2004).

Segundo Sakai e Mao (2006) o descongelamento de atum com aquecimento infravermelho distante, evitou perdas de gotejamento e descoloração, o que levou ao desenvolvimento de equipamentos comerciais de descongelamento e a um refrigerador com sistema de degelo parcial usando energia IR. A evolução da temperatura da superfície devido à absorção de energia IR é um parâmetro significativo para controlar o degelo usando energia IR.

A secagem convencional com ar quente é comumente usada para a secagem de peixes e não é muito eficiente. O processo de secagem com ar quente é demorado, pois tem baixa condutividade térmica e problemas de endurecimento. A secagem com ar quente requer longos tempos de secagem que afetam adversamente a composição nutricional dos peixes. Embora os secadores elétricos ajudem na obtenção de produtos secos de qualidade, os custos de eletricidade incorridos na secagem tornam os pescadores relutantes em usá-los. Além disso, o processo requer mais de 8 h para a secagem adequada dos peixes e torná-los estáveis na

prateleira. A exposição de peixes a temperaturas elevadas por muito tempo em secadores de ar quente convencionais frequentemente causa deterioração da qualidade em peixes e produtos pesqueiros. Assim, existe a necessidade de uma técnica inovadora e nova que aumente a taxa de secagem e influencie positivamente a qualidade do produto (DELFIYA et al., 2020).

Os secadores IR ajudam a produzir peixes secos com melhor qualidade em menos tempo de secagem do que a secagem convencional e geram melhores oportunidades de subsistência para pequenos pescadores. Produtos finais de melhor qualidade podem ser fornecidos aos consumidores. Produtos de boa qualidade ajudam a obter maiores receitas para os comerciantes e processadores de pescado em pequena escala. Este sistema desenvolvido seria útil para atender a demanda futura por pescado de boa qualidade por parte do consumidor. Os processadores de peixe podem processar e preservar o peixe fresco sem nenhuma perda significativa de qualidade, além de ter um controle sobre o processo de secagem para melhorar a qualidade do pescado seco por meio dessa gradação em relação às tecnologias de secagem tradicionais (DELFIYA et al., 2020).

A radiação infravermelha não tem necessidade direta de aquecer o ar para manter a temperatura do forno com umidade reduzida. Isso pode resultar em vantagens como economia de energia e conservação da perda de cozimento (SHERIDAN; SHILTON 1999).

A secagem por infravermelho oferece menos tempo de secagem, alta eficiência energética, uniformidade na secagem e produtos secos de boa qualidade. O infravermelho oferece secagem mais rápida de produtos com consumo mínimo de energia e perdas de nutrientes do que os secadores convencionais. Além disso, o aquecimento IR fornece alta transferência de calor com menos tempo de secagem e custo de energia. A secagem usando radiação IR resultará em produtos de melhor qualidade do que outros processos de secagem, uma vez que o aquecimento é rápido e uniforme. Esta nova tecnologia de secagem garante produtos secos de qualidade com o mínimo de tempo de secagem necessário em cada hora (DELFIYA et al., 2020).

A aplicação de aquecimento por infravermelho para o processamento de peixe não é totalmente explorada e espera-se que a atualização do aquecimento por infravermelho no setor de processamento de alimentos, seja totalmente aproveitado em um futuro próximo (BANERJEE; VERMA, 2015).

3.3.1.3 Aquecimento de micro-ondas (MW)

O aquecimento por micro-ondas é uma tecnologia promissora, com aplicação em uma ampla variedade de operações de processamento de alimentos domésticos, comerciais e

industriais (ATUONWU; TASSOU, 2018), que incluem secagem, descongelamento, aquecimento, branqueamento, cozimento/fritura, pasteurização e esterilização de produtos alimentícios (BINSI et al., 2014, ORSAT; RAGHAVAN; MEDA, 2005).

O aquecimento por micro-ondas envolve a exposição à radiação de ondas eletromagnéticas de certas frequências para gerar calor no material. As frequências de micro-ondas geralmente usadas para aplicações em alimentos são 2450 MHz e 915 MHz. Entre as duas frequências, 2450 MHz tem sido amplamente utilizado em fornos micro-ondas domésticos e algumas aplicações industriais (BANERJEE; VERMA, 2015; BINSI et al., 2014).

Entre as principais vantagens desse método inclui a redução do tempo de descongelamento, aumento das condições de higiene e diminuição da carga microbiológica patogênica dos produtos descongelados, prolongando o tempo de deterioração dos peixes. Além disso, a pasteurização com uso de micro-ondas tem a capacidade de aquecer o produto 3–5 vezes mais rápido do que o sistema de esterilização convencional (ROSNES; SKIPNES, 2017; BANERJEE; VERMA, 2015).

O aquecimento MW tem sido usado em diferentes aplicações relacionadas a produtos de peixe, como a inativação de microrganismos em refeições de peixe, culinária, estudando alterações em ácidos graxos e secagem de alimentos (ROSNES; SKIPNES, 2017).

Baygar et al. (2004) estudaram as alterações de qualidade de anchova descongelada por geladeira, micro-ondas e água corrente e foram comparadas. O degelo por micro-ondas prolongou a deterioração dos peixes. A deterioração das amostras descongeladas em água e uma geladeira ocorreu após o terceiro processo de descongelamento, enquanto as amostras descongeladas por micro-ondas foram deterioradas após o quarto processo de descongelamento.

Boonsumrej et al. (2007), avaliaram o efeito de diferentes métodos de degelo, como degelo por micro-ondas e geladeira, na qualidade do camarão e o resultado demonstrou que o descongelamento por micro-ondas resultou em maior perda de descongelamento do que no refrigerador, no entanto, não afetou significativamente a textura dos camarões.

De acordo com Mahmoud et al. (2009) durante o aquecimento por micro-ondas de polpa de peixe fresca, os lipídios contidos neles eram relativamente estáveis em relação à oxidação. Pequenas mudanças nos ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados ocorreram na polpa de peixe picada após 24 min de aquecimento por micro-ondas.

A implementação industrial dessa tecnologia no Brasil depende de uma produção econômica, complexidade de operações e valor agregado aos produtos finais. O cozimento por micro-ondas em escala industrial ainda é limitado e possui um mercado muito pequeno em comparação com o mercado de fornos micro-ondas domésticos. Por outro lado, tem sido

observada uma crescente popularidade do seu uso no processamento de alimentos. Isso também se reflete no fato de que, o número de artigos revisados sobre aplicações de aquecimento por micro-ondas tem aumentado constantemente (ROSNES; SKIPNES, 2017).

No caso da pasteurização, o micro-ondas diminui a contagem microbiana patogênica. O cozimento por micro-ondas também está associado ao aquecimento não uniforme dos alimentos, à falta de cor e ao desenvolvimento do sabor. Assim, a combinação de micro-ondas com outros métodos de aquecimento pode ser usada para superar essas desvantagens (BANERJEE; VERMA, 2015).

3.3.1.4 Aquecimento ôhmico (OH)

Nas últimas décadas, tecnologias que utilizam a passagem de corrente elétrica diretamente por produtos alimentícios vêm recebendo atração pela indústria alimentícia. Algumas delas, como as tecnologias de cozimento ôhmico, estão agora sendo usadas em escala comercial para processar uma ampla variedade de carnes e outros produtos alimentícios (BANERJEE; VERMA, 2015). Diversos trabalhos de pesquisa já foram desenvolvidos no mundo, a fim de contribuir para a validação desta tecnologia para uso em diversas aplicações industriais em alimentos (CAPPATO et al., 2017; GAVAHIANA et al., 2019; ITO et al., 2014; JAKÓB et al., 2010; NASCIMENTO; REIS; REBELLO, 2014; PIRES et al., 2020).

Esta tecnologia emergente utiliza corrente elétrica alternada que passa diretamente através do alimento, por meio de eletrodos, com o objetivo de o aquecer. A resistência que o produto oferece à passagem da corrente elétrica permite a geração interna de energia, dissipada sob a forma de calor (PEREIRA et al., 2015).

Melhor qualidade do produto e tempos de processamento reduzidos são as principais vantagens do aquecimento ôhmico em relação a outros processos convencionais. O processamento ôhmico permite aquecer materiais a taxas extremamente rápidas com redução substancial no tempo de processamento, resultando em maior qualidade do produto (ou seja, integridade do produto, retenção de sabor e nutrientes). O tratamento ôhmico encontrou uma ampla gama de aplicações, como pré-aquecimento, cozimento, escaldamento, pasteurização, esterilização e extração de produtos alimentícios (BANERJEE; VERMA, 2015).

Suas vantagens em relação às técnicas convencionais incluem elevada eficiência de aquecimento com maior uniformidade e rapidez, tecnologia considerada mais limpa e sustentável, contribuindo para a preservação do meio ambiente, além de possibilitar maior rendimento e maior retenção dos nutrientes, tendo como característica baixo estresse mecânico

induzido no alimento, ideal para alimentos sensíveis cuja integridade se pretenda preservar (NASCIMENTO; REIS; REBELLO, 2014; PEREIRA et al., 2015).

O aquecimento ôhmico é uma técnica ainda pouco utilizada pelas indústrias alimentícias, apesar de constituir-se em um importante método para estender a vida útil e facilitar o processamento de alimentos em razão da distribuição uniforme de temperatura e cozimento mais rápido (NASCIMENTO; REIS; REBELLO, 2014).

O aquecimento ôhmico tem problemas relacionados à natureza elétrica dos alimentos tratados, compostos com baixa condutividade, como gordura, não gera calor com a mesma taxa que os músculos, criando pontos frios (SHIRSAT et al., 2004).

De acordo com Richa et al. (2017), estudos utilizando a metodologia de superfície de resposta da aplicação do OH em peixes verificaram que o uso dessa tecnologia inativa enzimas endógenas e interrompe o crescimento microbiano, além de manter a boa qualidade do produto. Corroborando com esses resultados, Yelian, Jie e Akinori (2007) também constataram vantagens da utilização do aquecimento ôhmico no descongelamento de cubos de surimi com solução salina congelada, onde houve uma distribuição mais homogênea de temperatura e uma taxa de descongelamento mais alta (ZHAO et al., 2019).

Em estudos com camarões Roberts, Balaban e Luzuriaga (2002) mostraram que o descongelamento ôhmico é capaz de descongelar blocos de camarão em tempos comparáveis ao método convencional de descongelamento. Lascorz et al. (2016) demonstrou que esse método pode reduzir em até 50% o tempo de descongelamento.

A aplicação de aquecimento ôhmico pode ser alcançada em escala comercial, seja de forma contínua ou de forma semicontínua (LASCORZ et al., 2016).

3.3.2 Processamento mínimo com métodos não térmicos

O tratamento térmico é um método tradicional de processamento de alimentos, que pode matar microrganismos, mas também pode causar danos físico-químicos e sensoriais à qualidade, especialmente em alimentos sensíveis à temperatura. Hoje em dia, o crescente interesse dos consumidores em produtos de segurança microbiana com aparência, sabor, grande valor nutricional e vida útil estendida tem promovido o desenvolvimento de tecnologias emergentes de processamento de alimentos não térmicos como alternativa ou substituição aos métodos térmicos tradicionais. O peixe é um alimento importante e mundialmente conhecido, mas tem vida útil curta devido à sua característica extremamente perecível, e a deterioração

microbiana e o processo oxidativo acontecem rapidamente desde o momento da captura, tornando-o fortemente dependente da preservação pós-colheita (ZHAO et al., 2019).

3.3.2.1 Processamento de alta pressão (HPP)

O processamento de alta pressão é para a indústria de alimentos uma tecnologia relativamente nova, sendo considerada entre os métodos não térmicos recentes o mais bem-sucedido até agora. Tem sido amplamente utilizado para prolongar a vida útil de alimentos conservados livres de aditivos químicos (ROSNES; SKIPNES, 2017).

O HPP trata o produto estaticamente em ou acima de 100 MPa por meio de um transmissor de líquido, sendo mais comumente utilizado pressões de 500 a 900 MPa. Os alimentos utilizando essa técnica podem ser processados em refrigeração, temperatura ambiente ou de aquecimento moderado, sendo aplicado uma pressão com transmissão isostática, de modo que o material sofre a pressão instantaneamente sem gradiente, resultando em um tratamento uniforme, independentemente do tamanho e do formato do produto. Essa característica do processamento com HPP leva a menos degradação na qualidade geral dos alimentos quando comparada a outras tecnologias existentes, além de demandar menos tempo e energia (BANERJEE; VERMA, 2015; SIMONIN et al., 2012).

Uma das primeiras aplicações de alta pressão (HPP) na indústria de alimentos é o processamento de ostras. Nesse caso, o processo trabalhoso de liberação manual do músculo adutor da casca poderia ser substituído por HPP. Como resultado do tratamento com HPP, a abertura da concha da ostra tornou-se fácil de fazer, o líquido na ostra é retido e não há danos à carne ou lascas da concha. Além disso, o HPP também reduz a presença de bactérias como *Vibrio parahaemolyticus* e *Vibrio vulnificus*, ocasionalmente presentes na microflora estuariana natural de ostras (CRUZ-ROMERO; KELLY; KERRY, 2008). Atualmente, quase metade das 200.000 toneladas de alimentos tratados anualmente pela HPP são carnes, peixes ou frutos do mar (BUCKOW; SIKES; TUME, 2013).

Os lipídios de peixes têm um conteúdo único de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) da família n-3. Numerosos benefícios para a saúde foram associados a altos níveis de PUFAs na dieta, incluindo prevenção da aterosclerose, redução da pressão arterial e proteção contra arritmia, melhora da resposta anti-inflamatória e desenvolvimento do cérebro e da retina ocular em bebês (BORDA et al., 2018). Há evidências de que a HPP afeta, até certo ponto, tanto a hidrólise lipídica quanto a oxidação lipídica do músculo dos peixes (BUCKOW; SIKES; TUME, 2013; TRUONG et al., 2015).

A hidrólise lipídica produz um acúmulo de ácidos graxos livres (AGLs) que pode

resultar na aceleração da oxidação lipídica, alterações na textura muscular e desenvolvimento de odor desagradável, levando finalmente à redução do prazo de validade (VÁZQUEZ et al., 2013). O conteúdo de AGL aumenta no salmão prateado após a pressurização a 100–200 MPa, durante 10 dias de armazenamento refrigerado (ORTEA et al., 2010).

Pesquisas mostraram que aplicando HPP como tratamento antes do congelamento e armazenamento congelado, foi obtida uma redução na formação de AGL a uma pressão de 300 ou 450 MPa, enquanto a 150 MPa, o efeito inibitório foi aparente apenas após 3 meses de armazenamento (VÁZQUEZ et al., 2013). No entanto, tanto as espécies de peixes gordos quanto magros apresentaram hidrólise lipídica significativa durante o armazenamento congelado, sendo este um dos principais mecanismos de deterioração que produzem redução da vida de prateleira dos produtos congelados.

A oxidação de ácidos graxos insaturados ou triglicerídeos em frutos do mar ocorre por meio da formação de radicais livres. HPP aumentou a oxidação lipídica no músculo dos peixes após o tratamento e durante o armazenamento refrigerado subsequente de bacalhau, carpa e truta arco-íris (SEQUEIRA-MUNOZ et al., 2006; TRUONG et al., 2015). No entanto, a intensidade da oxidação é influenciada não apenas pelo regime de pressão-tempo-temperatura aplicado, as espécies de peixes e o tipo de músculo (branco ou escuro), mas também pelos antioxidantes / pró-oxidantes presentes no sistema (SEQUEIRA-MUNOZ et al., 2006; TRUONG et al., 2015).

Para bacalhau defumado a frio tratado de 400 a 600 MPa, 5-10 min e armazenado a 5 °C por 60 dias, as mudanças de cor produzidas pelo HPP não induziram a rejeição do consumidor (MONTIEL et al., 2012a).

A cor vermelha é muito importante para a aceitação do consumidor do músculo de salmão e do atum, e sua intensidade é diminuída pelo HPP (TRUONG et al., 2015).

De acordo com o estudo de Montiel et al. (2012b), bacalhau defumado a frio pressurizado e armazenado não teve nenhuma diferença significativa na aparência, qualidade e intensidade do odor de fumaça nas amostras tratadas com HPP em todo o armazenamento refrigerado.

Aubourg et al. (2013), avaliaram as propriedades sensoriais da cavala do Atlântico antes do congelamento, os pesquisadores mostraram que os valores de dureza e mastigabilidade das amostras tratadas com HPP e do controle eram semelhantes, porém a descoberta mais importante foi que a aceitabilidade sensorial das amostras cozidas no forno tratadas com HPP foi melhor do que os controles e semelhante à da cavala fresca, confirmando que o HPP tem um impacto mínimo no sabor do produto.

HPP reduz efetivamente a carga microbiana no músculo do peixe, produzindo desnaturação de proteínas de membrana e inibição da captação de aminoácidos, proporcionando assim uma vida útil longa e perda mínima da qualidade (WANG et al., 2015).

As bactérias deteriorantes mais sensíveis ao HPP são os microrganismos presentes no músculo dos peixes resfriados após 1–2 semanas de armazenamento, ou seja, *Pseudomonas* e *Shewanella* (TRUONG et al., 2015). O tratamento com HPP a 100 MPa e 5 °C por 30 min inativa efetivamente essas bactérias (AMANATIDOU et al., 2000). Em geral, as bactérias gram-negativas possuem maior suscetibilidade ao HPP em comparação com as bactérias gram-positivas devido à complexidade das membranas celulares gram-negativas, com exceção da *Escherichia coli* O157 (MURCHIE et al., 2005).

De acordo com Murchie et al. (2005), os esporos bacterianos são altamente resistentes à inativação por HPP, por exemplo, esporos de *Clostridium botulinum* podem sobreviver a condições extremas de tratamento (827 MPa por 30 min a 75 °C), porém, o uso de tratamentos oscilatórios de HPP onde uma HPP menor favorece a germinação dos esporos permitindo sua inativação por um ciclo subsequente em uma HPP maior tem se mostrado bem sucedido.

Listeria monocytogenes é um patógeno que pode causar uma doença grave, é parcialmente inativada por HPP até 250 MPa por 20 min a 9 °C em salmão defumado (LAKSHMANAN; DALGAARD, 2004). Na pasta de cavala, *Listeria monocytogenes* é completamente inativada no salmão defumado a frio após 10 segundos entre 700 e 900 MPa (GUDBJORNSDOTTIR et al., 2010).

A inativação de espécies de *Vibrio* associadas com ostras cruas também é garantida por uma combinação de HPP (200-250 MPa) e temperaturas amenas (40°C-45°C) que reduziram *Vibrio parahaemolyticus* e *Vibrio vulnificus* a níveis não detectáveis (LONG et al., 2015).

A deterioração dos peixes como resultado da atividade microbiana é frequentemente avaliada quimicamente pela presença de odores estranhos, particularmente compostos não proteicos, dos quais as bases voláteis amônia trimetilamina (TMA) e nitrogênio volátil total (TVB-N) são igualmente importantes. Em frutos do mar, o valor de TVB-N abaixo de 35 mg/100 g e TMA-N abaixo de 15 mg/100 g indica que o peixe está fora da zona de deterioração (KAUR et al., 2013). Em um estudo (RODE; HOVDA, 2016) sobre o efeito do HPP (200 e 500 MPa, 120 s) em bactérias aeróbias totais de salmão, bacalhau e cavala armazenados refrigerados a 0,5 °C, foi observado que HPP a 500 MPa para bacalhau e cavala conteve a flora bacteriana que não atingiu o nível de deterioração após 26 dias de armazenamento, ao contrário das amostras de salmão expostas a 500 MPa, que apresentaram

sinais de deterioração após 14 dias de armazenamento refrigerado (MURCHIE et al., 2005).

Apesar do trabalho que foi feito para explicar a influência da HPP na oxidação de lipídios em peixes, o mecanismo íntimo permanece um tanto obscuro. Pesquisas futuras devem esclarecer melhor quais componentes podem inclinar a balança para a aceleração da oxidação ou para diminuir a taxa de reação.

Foi demonstrado que, em geral, o HPP em 300–500 MPa pode estender a vida útil do peixe congelado ou refrigerado pela inativação de microrganismos patogênicos e deteriorantes em alimentos, com menos alterações nas características sensoriais e uma maior retenção de micronutrientes. Melhora também a textura, apesar de poder ter alguns efeitos prejudiciais na hidrólise de cor e lipídios, dependendo das espécies de peixe e dos parâmetros de processamento (ROSNES; SKIPNES, 2017). Assim, o HPP confere aos alimentos frescos sabores naturais à medida que é exigido pelos consumidores e torna-se muito útil como uma tecnologia de preservação pós-embalada para produtos de peixes inteiros ou fatiados prontos para comer (BANERJEE; VERMA, 2015).

Apesar de ser uma tecnologia relativamente nova para a indústria marinha, o HPP demonstra trazer muitas vantagens, sendo elas, tecnologia amigável ao ambiente, sem subprodutos, usa menos energia, método de processamento não termal melhora a segurança microbiana e estende a validade. Mas o HPP não é efetivo o suficiente na inativação do microrganismo e pode reduzir a qualidade sensorial e nutricional, pois tratamentos de alta pressão afetam os principais constituintes do peixe (proteínas, lipídios e enzimas), o que afeta sua propriedade sensorial. Combinar com outros métodos pode ajudar a assegurar tempo de validade suficiente e segurança do produto com perda mínima da qualidade do alimento. As aplicações do HPP dependerão das preferências dos consumidores, como redução de sal ou obter produtos com funcionalidades aprimoradas (SIDDHNATH et al., 2018).

Outra área de interesse no futuro próximo é a aplicação de processamento assistido por pressão, como a esterilização térmica assistida por pressão (PATs) devido à sua capacidade de inativar esporos microbianos, e também o descongelamento assistido por pressão (PAT) e o congelamento por deslocamento de pressão; entretanto, o mercado de equipamentos industriais deve vir com soluções novas e viáveis para a implementação dessas novas tecnologias (BORDA et al., 2018).

3.3.2.2 Ozônio

O ozônio (O_3) é uma forma alotrópica de oxigênio (O_2), sendo um dos oxidantes mais poderosos. O ozônio em excesso se decompõe automática e rapidamente para produzir oxigênio

e, portanto, não deixa resíduos nos alimentos. A multifuncionalidade do O₃ o torna um agente promissor no processamento de alimentos (O'DONNELL et al., 2012). Hoje em dia, o ozônio tem sido considerado um método econômico, seguro e sem aditivos na indústria de alimentos e tem se mostrado eficaz contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, fungos e leveduras, esporos (RESTAINO et al., 1995; KHADRE; YOUSEF, 2001). O ozônio foi aplicado à desinfecção de alimentos, incluindo peixes e frutos do mar (CROWE; BUSHWAY; DAVIS-DENTICI, 2012; OKPALA, 2014).

Uma investigação feita por De Mendonça Silva e Gonçalves (2017) em amostras de tilápias do Nilo (inteiro e em filés), com concentrações de água ozonizada e diferentes tempos de contato, mostraram um grande aumento, com redução de 88,25% e 79,49%, no efeito antimicrobiana quando usado 1,5 ppm e contato de 15 min, respectivamente. Apesar do pequeno aumento em TBARS, no pH e na cor, os filés da tilápia não foram influenciados pela água ozonizada. Com a aplicação de pulverizações de ozônio aquoso em filés de salmão do Atlântico, a redução efetiva nas contagens aeróbicas originais e *Listeria innocua* foram obtidas sem afetar significativamente a oxidação lipídica, mas algum aumento em TBARS e valor de propano foram observados. Embora a extensão da vida útil do salmão refrigerado não tenha sido observada, os efeitos de inativação dos sprays de ozônio ofereceram uma maneira adicional de manter os filés de salmão em armazenamento congelado (CROWE; BUSHWAY; DAVIS-DENTICI, 2012).

O revestimento de polifenol do chá (TP) em combinação com a lavagem com água de ozônio em sargos listrados, mostrou que as cargas microbianas, oxidação de lipídios e decomposição de proteínas foram significativamente reduzidas pelo tratamento com TP + O₃, enquanto características melhoradas na cor, textura e sensorial foram observadas em comparação com os controles (não tratado, tratado com TP ou tratado com ozônio apenas) (FENG et al., 2012). Esses estudos demonstraram que o ozônio é promissor na indústria pesqueira, especialmente quando combinado com outras tecnologias.

3.3.2.3 Campos Elétricos Pulsados (CEP)

A técnica de campo elétrico pulsado é uma técnica não-térmica usada na indústria para a conservação de alimentos e consiste em um tratamento elétrico de curto tempo (de vários nanosegundos a vários milissegundos) com intensidade de campo elétrico de pulso variando de 100-300 V/cm a 20-80 kV/cm (BUCKOW et al., 2013; KOUBAA et al., 2015; ZHAO et al., 2014).

O tratamento CEP é conduzido em temperatura ambiente, subambiente, ou ligeiramente acima da temperatura ambiente por menos de 1 s, na forma de pulsos exponencialmente decedentes, de onda quadrada, bipolar ou oscilatório e a perda de energia devido ao aquecimento dos alimentos é minimizada. Em campos elétricos elevados (>20 kV/cm), pode constituir uma alternativa ao processamento térmico tradicional para inativar microrganismos patogênicos e enzimas relacionadas à qualidade (SÁNCHEZ-VEGA et al., 2015).

Barba et al. (2015) afirma que com a aplicação do CEP na indústria é vantajosa porque, além da praticidade e economicidade é possível melhorar a funcionalidade, capacidade de extração e recuperação de compostos nutricionalmente valiosos, bem como a biodisponibilidade de micronutrientes e componentes em uma grande variedade de alimentos, de maneira que, com o uso de CEP a qualidade dos alimentos seria maior, além de ser possível observar maior tempo de prateleira dos produtos comercializados.

O uso do CEP permite que o consumidor tenha acesso à um alimento de maior qualidade, e por isso essa é uma tecnologia considerada superior aos tradicionais métodos baseados em processamento térmico, e ainda apresentam menor gasto energético. A indústria de peixe tem investido tanto recurso humanos quanto financeiros em pesquisas, e os dados disponíveis até o momento têm demonstrado a compensação que esta tecnologia tem dado ao setor alimentar (BARBA et al., 2015; BUCKOW et al., 2013). No comércio internacional, mesmo tendo tido seu uso limitado por vários anos, tem se observado uma ampla gama de usos do CEP, principalmente devido ao desenvolvimento de geradores de energia de pulso.

Até onde sabe, o efeito do CEP na descontaminação de peixes é escasso. Segundo Guerrero-Beltran e Welti-Chanes (2016), os produtos de carne e peixe não resistem à força do CEP além de 10 kV/cm, pois a maior intensidade tende a alterar a textura muscular. Isso está de acordo com Gudmundsson e Hafsteinsson (2001), que investigaram o efeito do CEP e sua combinação com a alta pressão na microestrutura de ovas de salmão e peixe-lapa. Eles concluíram que a baixa intensidade de campo (menos de 2 kV/cm e 20-40 pulsos) foi eficaz para diminuir o crescimento microbiano, mas a textura e a microestrutura do salmão foram afetadas negativamente. No entanto, constatou-se que a textura e a microestrutura das ovas de peixe-lapa, não foram afetadas mesmo após o tratamento de CEP de 12 kV/cm e 12 pulsos, provavelmente por causa das três camadas principais da membrana, que oferece muita resistência e proteção. Portanto, o tratamento com CEP pode ser valioso como um pré-tratamento para ovas e para extrair substâncias de resíduos da indústria pesqueira (ZHAO et al., 2019).

No Brasil ainda são poucas as pesquisas para a aplicação dessa técnica em produtos provenientes da piscicultura.

3.3.2.4 Processamento de ultrassom

O ultrassom é uma onda sonora com frequência que excede o limite de audição do ouvido humano (~20 kHz). Alguns animais utilizam o ultrassom para navegação ou caça, usando as informações transportadas pelas ondas sonoras de dispersão traseira. É uma das tecnologias emergentes que minimiza o processamento, maximiza a qualidade e garante a segurança dos produtos alimentícios. O ultrassom confere efeitos positivos no processamento de alimentos, como melhoria na transferência de massa, preservação de alimentos, assistência a tratamentos térmicos e manipulação de textura e análise de alimentos (KNORR et al., 2011). Com base na faixa de frequência, as aplicações do ultrassom no processamento, análise e controle de qualidade de alimentos podem ser categorizadas em baixa e alta energia. O ultrassom de baixa potência possui frequências acima de 100 kHz em intensidades abaixo de 1 W/cm², que podem ser utilizadas para análise e monitoramento não invasivos de vários materiais alimentares, incluindo carne e derivados durante o processamento e armazenamento, para garantir alta qualidade e segurança. O ultrassom de baixa potência tem sido utilizado para avaliar a composição de produtos de peixe (AWAD et al., 2012).

As aplicações individuais do ultrassom ou sua combinação com outras tecnologias de descontaminação têm sido estudadas em diferentes produtos pesqueiros, a fim de melhorar a segurança microbiológica e melhorar a qualidade sensorial.

Pedrós-Garrido et al. (2017) investigaram os efeitos do tratamento ultrassônico a 30 kHz em banho ultrassônico por 5 a 45 min em peixes gordos (salmão e cavala) e peixes brancos (bacalhau e pescada) o resultado demonstrou uma redução microbiana muito maior em peixes gordos do que em peixes brancos, portanto, presumiu-se que em peixes gordos o maior teor de gordura, pode ajudar a promover o desprendimento bacteriano quando tratados por ultrassom, uma vez que estudos anteriores demonstraram que o ultrassom pode aumentar a extração de lipídios em plantas ou sementes. Depois de 45 min de tratamento com ultrassom, não houve mudança significativa no teor de lipídios nas quatro espécies, mas foi detectada uma redução significativa de TBARS e uma diminuição da vermelhidão (a*) e do amarelo (b*) no salmão, entretanto, um aumento da vermelhidão (a*) foi observado na pescada. O nível de umidade não mudou significativamente, exceto para a pescada. Esses resultados demonstraram que o ultrassom pode ser usado como uma tecnologia de descontaminação de superfície.

Segundo Mikš-Krajnik et al. (2017) o ultrassom combinado com luz ultravioleta (UV) ou a combinação de ultrassom com UV e água eletrolisada ácida (AEW) foram os tratamentos mais eficazes para diminuir *Listeria monocytogenes* e contagens viáveis totais (TVC) em filés de salmão crus. No entanto, a aplicação individual de ultrassom ou AEW não afetou significativamente a carga microbiana. Similarmente ao estudo mencionado, uma diminuição da vermelhidão (a *) e do amarelecimento (b *) foi observada em filés de salmão, mas a textura e a firmeza não foram afetadas significativamente.

O sashimi é um prato japonês convencional e popular, composto por frutos do mar crus fatiados e um molho simples. Sem quaisquer sabores ou sabores extras, a textura é a qualidade sensorial crítica para determinar a aceitação dos consumidores. Chang e Wong (2012) usaram banho ultrassônico para amaciar o sashimi de cobia, e a firmeza ótima foi alcançada com o tratamento de 60 e 90 min. Comparado com o processo de envelhecimento tradicional, no qual foi obtida textura mais macia no dia 7 mas menor frescor, o ultrassom é muito mais eficiente e também permite o frescor e a boa qualidade sensorial do peixe.

As vantagens do ultrassom sobre a pasteurização por calor incluem perda de sabor minimizada, maior homogeneidade e economia significativa de energia (PIYASENA et al., 2003). Em combinação com o calor, o ultrassom pode acelerar a taxa de esterilização de alimentos, diminuindo assim a duração e a intensidade do tratamento térmico e os danos resultantes (PIYASENA et al., 2003).

As vantagens da tecnologia são versáteis e lucrativas para à indústria de alimentos, embora ainda sejam necessários esforços de pesquisa para projetar e desenvolver sistemas ultrassônicos de potência eficientes que suportem operações em grande escala e que podem ser adaptados a vários processos (GALLEGO-JUÁREZ et al., 2010).

3.3.2.5 Métodos de embalagem

O ritmo de vida faz com que os consumidores tenham cada vez menos tempo para se dedicar à alimentação, preferindo alimentos saudáveis e de rápida e fácil preparação, porém alguns dos alimentos nutricionalmente mais recomendados são os que apresentam maiores desafios de conservação, uma vez que para os consumidores mais conscientes, não deve ser adicionados conservantes químicos para resolver o problema (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Os produtos da pesca são altamente perecíveis durante o armazenamento refrigerado sendo que a degradação é o resultado de processos físico-químicos, autolíticos e microbiológicos (BORDA et al., 2018).

Em geral, o principal objetivo das embalagens de alimentos é manter a qualidade dos alimentos embalados durante a distribuição, porém com o estilo de vida moderno, o significado de várias funções da embalagem também está mudando em vários aspectos. A preferência dos consumidores por produtos pré-processados frescos ou parecidos, convenientes, fáceis de preparar e sem aditivos promoveu o desenvolvimento de tecnologias alternativas para embalagem, distribuição e armazenamento de alimentos (BANERJEE; VERMA, 2015).

Porções de frutos do mar podem ser apresentadas em embalagens para micro-ondas, fáceis de abrir, fechar novamente etc. A própria embalagem pode ser importante como uma interface de comunicação que informa os consumidores e muitas vezes os induz a comprar produtos. Embalagem com atmosfera modificada (MAP) é provavelmente o método mais comum de embalagem de frutos do mar resfriados, mas hoje em dia, pode ser considerada uma metodologia convencional. Métodos mais modernos de embalagem incluem embalagem ativa, embalagem inteligente e revestimentos e filmes comestíveis. Também há muito interesse atualmente em materiais de embalagem sustentáveis feitos de amido, celulose e outros recursos de base biológica renováveis que podem ser reutilizados e reciclados (BORDA et al., 2018).

3.3.2.5.1 Embalagem com atmosfera modificada (MAP)

Existem vários métodos e materiais para embalar alimentos minimamente processados, sendo uma área de grande crescimento e inovação no nível tecnológico. Essas inovações visam manter a qualidade dos alimentos durante um maior período de tempo possível, procurando, simultaneamente, produzir um menor impacto ambiental, por meio de novas aplicações de materiais obtidos de fontes renováveis, biodegradáveis e/ou com menor uso de material (HAUGAARD; MORTENSEN, 2003).

Geralmente, o principal objetivo da embalagem de alimentos é manter a qualidade dos produtos embalados durante a distribuição, no entanto, com a mudança do estilo de vida modernos e avanço da sociedade, a preferência dos consumidores por produtos pré-processados com alto grau de frescor, convenientes e fáceis de preparar tem demandado das indústrias o desenvolvimento de tecnologias alternativas para embalagem, distribuição e armazenamento de alimentos (BANERJEE; VERMA, 2015; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

A embalagem em atmosfera modificada (MAP), também denominada de atmosfera protetora, está bastante presente no mercado de alimentos minimamente processados (SANTOS; OLIVEIRA, 2012), e tem possibilitado o fornecimento de produtos ao mercado com melhor prazo de validade e qualidade.

O princípio da aplicação da MAP é a substituição do ar existente no interior da embalagem por uma mistura de gases de concentração otimizada, sendo os mais utilizados o dióxido de carbono (CO₂), o oxigênio (O₂) e o nitrogênio (N₂), usados em várias proporções para manter a qualidade e estabilidade dos produtos. Em peixes frescos geralmente é utilizado a mistura de 25% de O₂, 60% de CO₂ e 15% de N₂ (BANERJEE; VERMA, 2015).

A tecnologia de embalagem em atmosfera modifica (MAP) é largamente utilizada para frutas, vegetais frescos e carnes minimamente processados (SIVERTSVIK et al., 2002). Os consumidores não reconhecem o pescado como um produto conveniente, mesmo sendo um alimento saudável, porque a compra e a preparação deste se encaixam nas preferências dos novos consumidores, que não querem perder muito tempo na preparação das suas refeições. Se disponibilizar o pescado já limpo e filetado numa embalagem com atmosfera modificada, o produto torna-se mais atraente para o consumidor (SANTOS; OLIVEIRA, 2012). A utilização de MAP pode significar um aumento da vida útil do pescado de 50 a 100% nos peixes crus e 100 a 200% no marisco cozido (SIVERTSVIK et al., 2002; HOVDA et al., 2007).

Teodoro et al. (2007) avaliaram a evolução do crescimento microbiano e as características físico-químicas em sardinhas (*Sardinella brasiliensis*) embaladas em atmosfera modificada, apresentando um bom desempenho para a conservação dessa espécie utilizando o MAP. O mesmo resultado foi observado em filés de pintado Amazônico (ARAÚJO, 2012), pirarucu (*Arapaima gigas*) (JÚNIOR, 2010) e matrinxã (*Brycon amazonicus*) (VIANA, 2016). A aplicação dessa técnica associada a outros métodos também apresenta resultados positivos na extensão na validade comercial de peixes. Monteiro et al. (2012) verificaram o efeito, isolado e combinado, da embalagem com atmosfera modificada e da irradiação em de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados, sendo encontrado os melhores resultados no uso combinado das duas técnicas para a conservação dos filés.

O pescado minimamente processado pode ter na sua microflora organismos patogênicos que não são eliminados pelo MAP, podendo potencializar o desenvolvimento em casos como, por exemplo, o abuso de temperatura da cadeia de distribuição. Por isso, a segurança desses alimentos é uma preocupação para os produtores porque existe a possibilidade de seus produtos serem vinculadores de doenças de origem alimentar (GOULAS; KONTOMINAS, 2007).

É possível distinguir duas categorias de produtos no pescado embalada a MAP: os que vão ser consumidos sem nenhum tratamento térmico (sashimi, sushi, salmão defumado, marisco cozido) e aqueles que serão cozidos como o peixe fresco. Os microrganismos

patogênicos que podem estar presentes nesses alimentos encontram-se naturalmente no meio aquático, são frequentes nesse ambiente ou têm uma origem animal/humana. O risco de desenvolvimento da maioria dessas espécies de bactérias não aumenta com a utilização da MAP, sendo o seu crescimento inibido pela presença de uma atmosfera diferente do ar e pela baixa temperatura de armazenamento (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

3.3.2.5.2 Embalagem Ativa e Inteligente

Embalagem inteligente é definida como uma embalagem que contém um sensor que avisa ao consumidor que o produto está danificado e pode começar a sofrer alterações prejudiciais (KAREL, 2000).

Em geral, a embalagem deve fornecer uma boa barreira, tanto ao oxigênio, para evitar o crescimento de microrganismos e reações químicas, quanto à umidade, para evitar desidratação ou queima de congelador. No entanto, não é incomum que o plástico se rasgue ou as vedações vazem, causando a deterioração do produto. Existem sistemas não invasivos que podem ser usados como indicadores de integridade para alertar sobre a permeação de oxigênio na embalagem. O método requer um indicador colorimétrico de oxigênio que pode ser montado usando um fotossensibilizador semiconductor acoplado a um corante redox e um doador de elétrons de sacrifício na forma de uma tinta inteligente (MILLS; HAZAFY, 2008).

Existem novas tendências de embalagens no mercado denominadas de embalagens “ativas” e embalagens “inteligentes” (SOUSA et al., 2012). A embalagem ativa pode ser definida como uma tecnologia que incorpora e, ou imobiliza certos aditivos à embalagem em vez da incorporação direta no produto. Essa alteração envolve a inclusão de alguns aditivos ao material que é feito a embalagem, de modo que ocorra a interação entre esses componentes e a atmosfera de alimentos ou gás interno (COSTA et al., 2019).

Diversas são as embalagens ativas já desenvolvidas, contendo substâncias que removem compostos indesejáveis que aceleram a degradação do produto alimentício como: oxigênio, excesso de umidade, etileno, odor, dióxido de carbono e outros compostos específicos. Há também aquelas substâncias que emitem ativamente compostos ao produto acondicionado ao espaço livre da embalagem como: dióxido de carbono, etanol, antioxidantes ou conservantes, filmes contendo agentes antimicrobianos, entre outros (SOUSA et al., 2012). Por meio desses mecanismos, a embalagem ativa prolonga a vida útil dos alimentos, mantém sua qualidade nutricional, inibe o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes, previne a

migração de contaminantes, garantindo assim a segurança alimentar, despertando grande interesse nas indústrias de alimentos (BANERJEE; VERMA, 2015; MERLO, 2017).

A embalagem inteligente é definida como uma embalagem que monitora as condições dos alimentos embalados, gerando informações sobre sua qualidade durante o transporte e armazenamento (NAGARAJARAO, 2016). Geralmente são compostos por rótulos, etiquetas ou filmes que proporcionam maiores possibilidades de monitoramento do alimento acondicionado. Os dispositivos utilizados hoje são: código de barras, etiquetas de identificação de radiofrequência, indicadores de tempo-temperatura, indicadores de gás e de patógenos (COSTA et al., 2019).

O código de barras, o mais amplamente utilizado, é um símbolo legível por máquina óptica, composto por um padrão de barras e números, onde são incluídas informações como data de embalagem, peso, lote, fabricante, entre outras. As etiquetas de identificação por radiofrequência são mais vantajosas que os códigos de barra, armazenam mais informações, permite melhor rastreabilidade do pacote e não necessita de contato direto com a leitora de código de barras. Porém, essa tecnologia ainda não pode substituir o código de barras porque apresenta alto custo e uma rede de informações mais complexa (COSTA et al., 2019).

Os indicadores de tempo e temperatura são dispositivos simples e baratos presentes nos produtos. São frequentemente utilizados como etiquetas em pacotes, em que um material termo sensível imita a taxa de perda de um fator de qualidade para a produção de uma cor ou de cores de contraste para uma escala de referência. Os indicadores de gases são pequenos mecanismos e se apresentam em forma de etiqueta ou são impressos na embalagem, reagindo à mudança de cor quando há uma alteração na concentração e composição dos gases no interior da embalagem, o que facilita interpretação por parte do consumidor. E para a detecção de microrganismos patógenos são utilizados biossensores (enzimas, anticorpos, ácidos nucleicos, corantes de pH, etc.) para identificar a formação de metabólitos secundários, porém ainda é uma tecnologia que requer mais estudos para melhor aplicabilidade e confiabilidade do método (COSTA et al., 2019; SOUSA et al., 2012).

A maior parte das pesquisas no Brasil são direcionadas para o desenvolvimento de novas embalagens ativas e inteligentes, tal como Nunes (2014), que verificou a eficácia do revestimento de quitosana (biopolímero de carboidratos com propriedades antioxidantes e antimicrobianas) na extensão da vida útil de filés de Pargo (*Lutjanus purpureus*). Por outro lado, Merlo (2017) desenvolveu uma metodologia para o uso de filme de quitosana sobre a vida útil do salmão do Atlântico (*Salmo salar*), embalado em atmosfera modificada, demonstrando

a importância da associação de duas técnicas para aumentar ainda mais a qualidade e tempo de prateleira para armazenamento e comercialização dos produtos.

3.3.3 Processamento mínimo com biopreservação e antimicrobianos naturais

Na produção de alimentos é muito importante que sejam tomadas as medidas adequadas para garantir a estabilidade do produto durante todo o seu armazenamento e distribuição. Atualmente, os consumidores também demonstram interesse em melhorar a qualidade, com baixo teor de conservantes, além disso, a utilização de conservantes químicos ou sintéticos está sendo desafiada pelos consumidores devido aos problemas de saúde associados a vários aditivos alimentares (BANERJEE; VERMA, 2015). Os conservantes e aditivos usados de forma incorreta, não seguindo os limites definidos na legislação podem trazer problemas de saúde para o consumidor (RDC Nº 329, 2019).

A exploração de opções adicionais como biopreservação e antimicrobianos naturais foi iniciada com a ajuda de antimicrobianos de fontes naturais e microbianas. A preservação de alimentos usando sua microbiota natural ou controlada ou seus metabólitos antimicrobianos como bacteriocinas tem sido denominada bioproteção ou biopreservação. O principal objetivo da biopreservação é a extensão do prazo de validade, bem como a melhoria da segurança alimentar (BANERJEE; VERMA, 2015).

As bacteriocinas são um grupo heterogêneo de proteínas antibacterianas que variam em espectro de atividade, modo de ação, peso molecular, origem genética e propriedades bioquímicas. As bacteriocinas e as cepas de bactérias ácido láticas produtoras de bacteriocina são de grande interesse, pois podem obter mais facilmente o status de “geralmente reconhecido como seguro (GRAS)” e seus produtos podem ser considerados biopreservadores naturais (STILES, 1996), satisfazendo a demanda do consumidor por alimentos naturalmente preservado, higienicamente seguro e também rico em nutrientes e minimamente processado.

Compostos naturais, como óleos essenciais de ervas e especiarias extratos de ervas, oleorresinas, quitosana, lisozima e lactoferrina também foram investigados por suas atividades antimicrobianas e podem ser usados para substituir conservantes químicos para obter produtos de 'rotulo verde'. Especiarias são usadas principalmente para adicionar sabor aos alimentos, mas alguns deles também são conhecidos por propriedades antioxidantes e antimicrobianas. A atividade antimicrobiana das especiarias está em seu óleo essencial, que consiste em uma complexa mistura de ésteres, aldeídos, cetonas e terpenos. A atividade antimicrobiana das especiarias depende fortemente da composição do óleo essencial; a capacidade de inibir

bactérias gram-positivas ou gram-negativas é determinada por esses fatores de composição. Os óleos essenciais podem ser usados diretamente nos alimentos, proporcionando uma funcionalidade adicional, como agentes antimicrobianos e aromatizantes (SEÑORANS et al., 2003).

Para a biopreservação de produtos crus, Nykänen et al. (2000) observaram que tanto a nisina quanto o lactato de sódio inibiram o crescimento de *Listeria monocytogenes* em peixes defumados, mas a combinação dos dois compostos foi ainda mais eficaz.

Kim et al. (2002) relataram a influência dos filmes revestidos com bacteriocina (nisin ou lacticin NK24) na preservação da qualidade e extensão da vida útil de ostras frescas. Comparados aos filmes simples de polietileno de baixa densidade, os filmes plásticos com bacteriocinas incorporadas diminuíram o crescimento microbiano e contribuíram em algum grau para a preservação da qualidade química e o aumento da vida útil significativamente. Os efeitos dos filmes antimicrobianos na supressão do crescimento bacteriano coliforme foram mais pronunciados a 10 °C do que a 3 °C, enquanto os efeitos sobre as bactérias aeróbicas totais foram consistentemente evidentes em ambas as temperaturas.

Para biopreservação de produtos prontos para consumo, no salmão defumado a frio, Katla et al. (2001) constataram que a sakacina P teve um efeito inibidor inicial no crescimento de *Listeria monocytogenes*, enquanto as culturas de *Lactobacillus sakei* foi adicionada ao salmão juntamente com a sakacina P, foi observado um efeito bacteriocida contra *Listeria monocytogenes*.

Kykkidou, et al. (2008) demonstraram com base principalmente em dados sensoriais que a vida útil de peixes espada do mediterrâneo frescos refrigerados foi de 8 dias em condições aeróbicas e 13 dias em condições de MAP. A adição de óleo essencial de tomilho a 0,1% estendeu a vida de prateleira do produto em condições aeróbicas em 5 dias, enquanto a combinação de MAP e óleo de tomilho resultou em uma extensão significativa da vida de prateleira dos filetes de peixe espada, ou seja, em aproximadamente 7 dias e meio, de acordo com dados, em comparação com a amostra de controle.

Conforme Ye et al. (2008), foi observado eficácia de filmes plásticos revestidos com quitosana contendo nisina, lactato de sódio, diaceto de sódio, sorbato de potássio e benzoato de sódio contra *Listeria monocytogenes* em salmão defumado a frio, sendo o filme revestido com lactato de sódio o mais eficaz inibindo completamente o crescimento de *Listeria monocytogenes* durante 10 dias de armazenamento, nos outros quatro filmes, teve crescimento porém as contagens foram menores.

Um estudo mostrou que as sinergias de extratos de água de orégano e cranberry oferecem maiores obstáculos para o controle de *Listeria monocytogenes*, tanto em sistemas de carne quanto de peixes (LIN et al., 2004).

Estudos demonstraram a atividade antimicrobiana do orégano e dois de seus principais componentes, o carvacrol e o timol (EXARCHOU et al., 2002; SEABERG et al., 2003; AHN et al., 2004). O fruto de cranberry contém uma ampla gama de fitoquímicos fenólicos e tem sido associado a benefícios positivos para a saúde, incluindo efeitos antimicrobianos, sejam resultado dos fitoquímicos fenólicos constituintes, como ácidos fenólicos e bifenólicos (VATTEM; SHETTY, 2005).

Um estudo de Speranza, et al. (2012) em filetes de dourada demonstrou que *Pseudomonas fluorescens* pode ser considerada como o microrganismo limitante para a definição do limite de aceitabilidade microbiológica. Sua inibição poderia ser alcançada por um tratamento de imersão em uma solução ativa contendo quitosana, timol e extrato de semente de uva (GFSE), estes efeitos de combinação podem ser potencializados por uma atmosfera modificada com alto teor de CO₂ (95%). Do ponto de vista prático, o uso da abordagem de desejabilidade produziu um resultado de grande preocupação: um tratamento de imersão em uma solução contendo 2% de quitosana e 6 000 ppm de timol e GFSE, combinado com embalagem abaixo de 5:95 O₂/CO₂, mantém os filés no nível máximo de qualidade microbiológica por pelo menos 8–10 dias e os atributos sensoriais em níveis aceitáveis por cerca de 20 dias.

3.3.4 Processamento mínimo com tecnologia de barreira

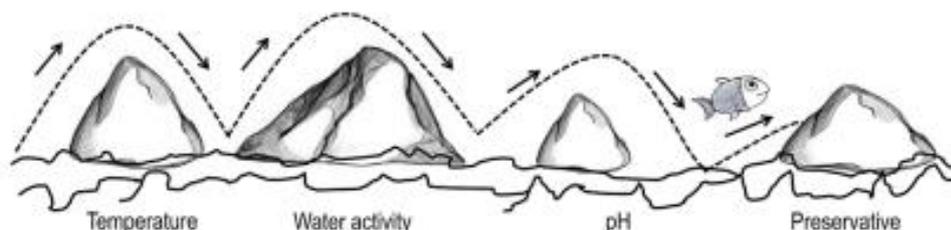
A tecnologia de barreira tornou-se promissora por simultaneamente reduzir as perdas de qualidade nutricional e sensorial e melhorar a segurança alimentar. Ela visa melhorar a qualidade total dos alimentos e reduzir as altas intensidades de tratamento (KHAN et al., 2017).

Essa técnica pode ser definida como uma aplicação combinada de várias tecnologias de preservação existentes e novas, a fim de estabelecer uma série de fatores de preservação (barreiras) que interagem de forma cumulativa ou sinérgica para controlar a população microbiana nos alimentos (TSIRONI et al., 2020).

Os efeitos das barreiras na qualidade da carne podem ser positivos ou negativos, dependendo de como estão sendo aplicados e em que nível. Assim, vários obstáculos devem ser aplicados de forma muito criteriosa e inteligente para reduzir a intensidade dos processamentos (BANERJEE; VERMA, 2015), com a combinação adequada de parâmetros

como tratamento térmico brando ou moderado, leve redução da atividade de água (a_w); redução de pH; adição simples ou combinada de agentes antimicrobianos, conservantes, entre outros, como ilustrado na Figura 2. Dessa maneira obtêm-se alimentos estáveis à temperatura ambiente e com baixos custos de produção (FERNANDES, 2015).

Figura 2- Exemplo da tecnologia de obstáculos na preservação de peixes.



Fonte: TSIRONI et al., 2020.

No caso de produtos perecíveis como o peixe, as baixas temperaturas são o principal e, por vezes, o único obstáculo aplicado. No entanto, se o peixe é exposto a temperaturas abusivas durante a distribuição e armazenamento, este obstáculo quebra, resultando em deterioração da qualidade e aumento dos riscos de segurança (TSIRONI et al., 2020). Algumas combinações bem-sucedidas de técnicas de descontaminação já foram encontradas para peixes (MEJLHOLM; DALGAARD, 2015; TSIRONI et al., 2015; CHOULITOU DI et al., 2016; SOFRA et al., 2018).

É aconselhável o uso de mais barreiras ao desenvolvimento microbológico em conjunto com a MAP e a refrigeração, como a adição de sal e óleo de orégano (GOULAS; KONTOMINAS, 2007) e de ácido láurico (PASTORIZA et al., 2002) para conseguir o período de vida útil com maior segurança em produtos de peixe.

Um estudo recente chamou a atenção para as vantagens da abordagem de barreira ao combinar HPP e o uso de filme de gelatina-lignina a fim de superar os efeitos negativos associados ao tratamento térmico em músculo de salmão pronto para consumo ou semipreparados. Segundo os autores, é preferível aplicar o tratamento HPP em temperatura de refrigeração (300 MPa por 10 min a 5 °C), sendo possível preservar a coloração avermelhada e prevenir a desnaturação e oxidação das proteínas sem comprometer a aparência, cobrindo os filés de peixe, antes dos tratamentos de HPP com um filme de gelatina-lignina (OJAGH et al., 2011).

Os consumidores estão preferindo alimentos formulados com antimicrobianos naturais pela preocupação com os conservantes sintéticos. Um exemplo são os óleos essenciais de

plantas ou ácidos orgânicos, que têm sido usados para prevenir a deterioração de alimentos (DAVIDSON et al., 2015) e sua adição ajuda a fornecer segurança em peixes *sous-vide* contra patógenos, como *Listeria monocytogenes* (DOGRUYL et al., 2020).

Espinosa et al. (2015), desenvolveram um prato refrigerado de conveniência e segurança de file de dourada, usando molho verde (azeite, vinagre de vinho, alho, salsa fresca, pimenta do reino, manjericão e sal) e tratamento *sous-vide* com 60 °C de temperatura de cozimento e conseguiram manter um produto refrigerado e de alta qualidade por até 62 dias de armazenamento, o que mostra como o método *sous-vide* junção com compostos antimicrobianos naturais dá uma boa expansão na gama de produtos no mercado.

Outro estudo mostrou que o potencial de combinação de HPP e fumo moderado para a inativação de *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli* com mais de 6 logs em filetes de truta arco íris defumados, depois de um tempo, uma parte das células de *Listeria monocytogenes* foi reativada, enquanto, a *Escherichia coli* foi totalmente inativada e nenhuma reativação aconteceu (MENGDEN et al., 2015).

Santos (2017), avaliou o uso combinado da tecnologia de ozônio com a tecnologia da embalagem em atmosfera modificada (100% CO₂), como alternativa ao uso do cloro para garantir a qualidade microbiológica, físico-química e sensorial assim como o aumento da vida de prateleira do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) inteiro armazenado na temperatura de refrigeração (4°C) durante 12 dias e os resultados demonstraram que o efeito de combinar ozônio e MAP (100 CO₂) aumento a vida de prateleira do camarão branco (24 dias), quando comparado com método tradicional com cloro (11 dias) e o controle (9 dias).

4 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que todos os métodos de processamento mínimo deste trabalho têm vantagens assim como desvantagens.

O processamento *sous-vide* demonstrou ser bom para a redução na contaminação microbiana e tratamento quando o alimento é armazenado a temperaturas baixas, porém em temperaturas baixas em curtos períodos de tempo podem facilitar a sobrevivência de formas microbianas.

Ainda são poucas as pesquisas de aquecimento IR, porém, mostraram que é um bom método para evitar perdas por gotejamento e/o descoloração, no entanto, o aquecimento pode levar mais tempo, devido à baixa condutividade. A combinação com outras técnicas precisa ser estudada. O aquecimento por micro-ondas em escala industrial ainda é limitado e pequeno

comparado ao uso doméstico, além de desenvolvimento de pontos quente e frios que depende de parâmetros como a geometria, propriedades dielétricas, embalagem, entre outros, porém a qualidade de diminuição de tempo sugere poder estudar a combinação com outras técnicas para poder ser melhorada.

O aquecimento ôhmico é uma técnica ainda pouco utilizada pelas indústrias por seus problemas relacionados à natureza elétrica dos alimentos tratados, assim como a geometria, e entre outros.

O HPP é o tratamento que demonstrou ser o mais bem sucedido, tanto na segurança microbiana, extensão da vida de prateleira, como o uso de menos energia. Porém o aumento da pressão pode afetar várias características na qualidade do produto. A eficácia do HPP também é influenciada pelas propriedades físicas e mecânicas da embalagem, por isso o material da embalagem deve ser forte, com boas propriedades de vedação.

Nem HPP, nem CEP demonstraram ter efetividade na inativação de esporos, porém, esporos demonstraram ser sensíveis ao Ozônio, por isso o ozônio é promissor na indústria pesqueira, especialmente quando combinado com outras tecnologias.

O CEP é uma tecnologia considerada superior aos métodos tradicionais baseados em processamento térmico, porém está associado ao envolvimento de grande capital inicial, e se tem poucas pesquisas para a aplicação a produtos provenientes da piscicultura.

O Ultrassom é uma tecnologia com vantagens sobre os métodos tradicionais em perdas de sabor minimizadas, entre outros, além de depender da disponibilidade de instrumentação de baixo custo, porém ainda são necessários mais esforços de pesquisa para desenvolver essa tecnologia na indústria.

A utilização de MAP, além de vantagens como praticidade, garante também vantagens para os produtores e distribuidores nos custos, porém o êxito dessa tecnologia depende da qualidade inicial do produto e ainda existem questões relacionadas a logística na produção e na preservação dos produtos.

Estudos estão sendo realizados sobre o uso de embalagens ativas e inteligentes de acordo a diferentes parâmetros e possivelmente ser usados um dia em grande escala na indústria de alimentos.

O uso de antimicrobianos também é uma tecnologia promissora, já que muitos consumidores têm desconfiança com os conservantes e aditivos, e as pesquisas demonstram que o uso de bacteriocinas e antimicrobianos naturais em níveis e combinações adequadas podem inibir efetivamente o crescimento e deterioração da carne de pescado.

A tecnologia de barreiras demonstra ter um bom futuro, as pesquisas demonstram que o uso de diferentes barreiras pode melhorar a qualidade do pescado, reduzir perdas nutricionais e sensoriais, no entanto, esses obstáculos devem ser selecionados de forma inteligente e usados em uma combinação apropriada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Produtos de pescado minimamente processado estão sendo solicitados pelos consumidores devido a suas propriedades sensoriais e seus componentes saudáveis. Os consumidores modernos preferem atributos diversificados e tem muito interesse em alimentos mais nutritivos, as comunidades científicas e as indústrias estão respondendo às demandas por meio de tecnologias inovadoras, no entanto a aceitabilidade dos consumidores segue sendo um grande desafio.

Espera-se que se possam superar em breve os desafios associados a essas tecnologias e que produtos de pescado mais frescos, seguros e nutritivos estejam disponíveis para o consumo.

REFERÊNCIAS

- AHN, J.; GRUN, I. U.; MUSTAPHA, A. **Antimicrobial and antioxidant activities of natural extracts in vitro and in ground beef.** Journal of Food Protection 67(1):148–155, 2004
- AIT-OUAZZAU, A. et al. **The antimicrobial activity of hydrophobic essential oil constituents acting alone or in combined processes for food preservation.** Innovative Food Science and Emerging Technologies 12: 320-329, 2011.
- AMANATIDOU, A. et al. **Effect of Combined Application of High Pressure Treatment and Modified Atmospheres on the Shelf Life of Fresh Atlantic Salmon.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 1: 87–98, 2000.
- ATREA, I. et al. **Combined effect of vacuum-packaging and oregano essential oil on the shelf-life of Mediterranean octopus (*Octopus vulgaris*) from the Aegean sea stored at 4 °C.** Food Microbiology, 26, 166–172, 2009.
- ARAÚJO, M. G. O. **Características físico-químicas, bacteriológicas e sensoriais de filés de pintado Amazônico (Fêmea de *Pseudoplatystoma spp* e X Macho *Leiarius marmoratus*), estocado em atmosfera modificada.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal, Área de Concentração: Tecnologia de Produtos de Origem Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2012.
- ATUONWU, J. C.; TASSOU, S. A. **Energy issues in microwave food processing: A review of developments and the enabling potentials of solid-state power delivery.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018.
- AUBOURG, S. P. et al. **Effect of High-Pressure Treatments Applied before Freezing and Frozen Storage on the Functional and Sensory Properties of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*).** LWT Food Science and Technology, 53 (1): 100–6, 2013.
- AWAD, T. et al. **Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: a review.** Food Research International, 48(2):410–427, 2012.
- BANERJEE, S. **Inhibition of mackerel (*Scomber scombrus*) muscle lipoxygenase by green tea polyphenols.** Food Research International, 39, 486–491, 2006.
- BANERJEE, R.; VERMA, A.K. **Minimally Processed Meat and Fish Products.** In: Siddiqui M., Rahman M. (eds) Minimally Processed Foods. Food Engineering Series. Springer, Cham. 2015.
- BAJPAI, V. K.; KWANG-HYUN, B.; CHUL, K. S. **Control of *Salmonella* in foods by using essential oils.** Food Research International, 45, 722–734, 2012.
- BARBA, F. J. et al. **Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry.** Food Research International, 77(4), 773–798, 2015.
- BARBOSA, C. R.; OTANI, F. S. **Defumador artesanal como alternativa de transferência de tecnologia do pescado: elaboração e custo de produção.** Revista Barbaquá de extensão e cultura, vol. 7, n. 4, ago-dez, 2018.

BAYGAR, T.; OZDEN, O.; UCOK, D. **The effect of the freezing-thawing process on fish quality.** Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 28:173–178, 2004.

BINSI, P. K. et al. **Compositional and chill storage characteristics of microwave blanched sutchi catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fillets.** International Journal of Food Science and Technology, 49, 364–372, 2014.

BOMBARDELLI, R. A.; SYPERRECK, M. A.; SANCHES, E. A. **Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado.** Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, 8(2): p. 181-195, 2005.

BOONSUMREJ, S. et al. **Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing.** Journal of Food Engineering, 80:292–299, 2007.

BORDA, D.; NICOLAU, A. I.; RASPOR, P. **Trends in Fish Processing Technologies.** Contemporary Food Engineering Series. CRC Press, 2018.

BRABO, M. F. et al. **Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura.** Acta Fish, v. 4, n. 2, p. 50-58, 2016.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e aquicultura – Ano 2011.** Brasília, 2011. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bo1_bra.pdf. Acesso em: 12 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Monitoramento da Aquicultura e da Pesca.** 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/registro-monitoramento-e-cadastro/registro-monitoramento-da-aquicultura-e-da-pesca>. Acesso em: 12 abr. 2021.

BRASIL. **Resolução RDC nº 329, de 19 de dezembro de 2019.** Estabelece os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em pescado e produtos de pescado. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária BRASIL. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), 2020.

BUCKOW, R. et al. **Pulsed Electric Field Processing of Orange Juice: A Review on Microbial, Enzymatic, Nutritional, and Sensory Quality and Stability.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol.12, 2013.

BUCKOW, R.; SIKES, A.; TUME, R. **Effect of High Pressure on Physicochemical Properties of Meat.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53 (7): 770–86, 2013.

CADUN, A.; KISLA, D.; CAKLI, S. **Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life.** Food Chemistry, 109, 81–87, 2008.

CAPPATO, L. P. et al. **Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality.** Trends in Food Science & Technology, v. 62, p. 104-112, 2017.

- CHANG, H.; WONG, R. **Textural and biochemical properties of cobia (*Rachycentron canadum*) sashimi tenderized with the ultrasonic water bath.** Food Chemistry, 132(3):1340–5, 2012.
- CHOULITOU DI, E. et al. **Antimicrobial and antioxidant activity of *Satureja thymbra* in gilthead seabream fillets.** Food and Bioproducts Processing, 100, 570–577. 2016.
- CHURCH, I. J.; PARSONS, A. L. **The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods.** International Journal of Food Science and Technology, 35:361–368, 2000.
- CORBO, M. R. et al. **Study on the synergic effect of natural compounds on the microbial quality decay of packed fish hamburger.** International Journal of Food Microbiology. 2008.
- COSTA et al. **Tecnologias de embalagens no pescado: aplicações e tendências.** PUBVET, v.13, n.5, a333, p.1-8, Mai., 2019.
- CROWE, K. M.; BUSHWAY, A.; DAVIS-DENTICI, K. **Impact of post-harvest treatments, chlorine and ozone, coupled with low-temperature frozen storage on the antimicrobial quality of lowbush blueberries (*Vaccinium angustifolium*).** LWT—Food Science and Technology, 47(1):213–5, 2012.
- CRUZ-ROMERO, M.; KELLY, A. L.; KERRY, J. P. **Effects of High-Pressure Treatment on the Microflora of Oysters (*Crassostrea gigas*) during Chilled Storage.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9 (4): 441–7, 2008.
- DAVIDSON, P.M.; BOZKURT CEKMER, H.; MONU, E.A.; TECHATHUVANAN, C.; 2015. **The use of natural antimicrobials in food: an overview.** In: Taylor, M. (Ed.), Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality. Woodhead Publishing, Elsevier Ltd., Cambridge, UK, pp. 1–27. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-034-7.00001-3>.
- DELFIYA, D. S. et al. **Infrared (IR) Radiation for Fish Preservation.** Jornal Eletrônico KERALA KARSHAKAN. abril de 2020.
- DOGRUYOL, H. et al. **Increased thermal sensitivity of *Listeria monocytogenes* in sous-vide salmon by oregano essential oil and citric acid.** Elsevier Ltd. 2020.
- DONNELLY, C.W. ***Listeria monocytogenes*: a continuing challenge.** Nutr. Rev., 59, 183–194. 2001.
- DONSÌ, F., ANNUNZIATA, M., SESSA, M., & FERRARI, G. **Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods.** LWT- Food Science and Technology, 44, 1908–1914, 2011.
- ERKAN, N.; TOSUN, S. Y.; ULUSOY, S.; URENETER, G. **The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) during storage in ice.** Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 6, 39–48, 2011.

ESPINOSA, M. C. et al. **Development of a convenience and safety chilled sous-vide fish dish: Diversification of aquacultural products.** Food Science and Technology International, 2015.

ESTEVEES, E.; ANÍBAL, J. **Quality Index Method (QIM): utilização da Análise Sensorial para determinação da qualidade do pescado.** In: XIII Congresso Do Algarve: Actas Proceedings. Racal-Clube, Lagos, pp. 365-373, 2007.

EXARCHOU, V. et al. **Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from Greek oregano, Greek sage, and summer savory.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(19):5294–5299, 2002.

FAO. **Food and Agriculture Organization. Fishery and aquaculture statistics: Yearbook 2018.** Roma: FAO, 2020a. Disponível em: http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2018_USBcard/booklet/web_CB1213T.pdf
Acesso em: 12 abr. 2021

FAO. Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** Sustainability in action. Roma. 2020b. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>
Acesso em: 12 abr. 2021

FÉLEX, S. S. D. S. **Elaboração e qualidade de marinado ovino tipo Bracciola submetido a diferentes métodos de cocção.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2015.

FERNANDES, E. D. R. **Conservação da polpa de Bacaba (*Oenocarpus bacaba*) por tecnologia de obstáculos.** Dissertação: Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2015.

GALLEGO-JUÁREZ, J. A. **Power ultrasonic transducers with extensive radiators for industrial processing.** Ultrason Sonochem, 17(6):953–964, 2010.

GARCÍA-LINARES, M. C. et al. **Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content.** Journal of Food Quality, 27:371–387, 2004.

GAVAHIANA, M. et al. **Food texture as affected by ohmic heating: Mechanisms involved, recent findings, benefits, and limitations.** Trends in Food Science & Technology, v. 86, p. 328–339, 2019.

GONZALEZ-FANDOS, E. et al. **Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method.** Food Microbiology, 21:193–201, 2004.

GONZALEZ-FANDOS, E. et al. **Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method.** Food Control 16:77–85, 2005.

GOULAS, A. E.; KONTOMINAS, M. G. **Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes.** Food Chemistry, Barking, v. 100, n. 1. p. 287-296, 2007.

GRAM, L.; DALGAARD, P. **Fish spoilage bacteria – problems and solutions.** Current Opinion in Biotechnology, 13, 262-266, 2002.

GUDMUNDSSON, M.; HAFSTEINSSON, H. **Effect of electric field pulses on microstructure of muscle foods and roes.** Trends in Food Science & Technology, 12 (3–4):122–8, 2001.

GUDMUNDSSON, M; HAFSTEINSON, H. **Minimal processing in practice: Seafood.** In: Minimal processing technologies in the food industry, pp. 245–266, 2002.

GUDBJORNSDOTTIR, B.; JONSSON, A.; HAFSTEINSSON, H.; HEINZ, V. **Effect of High-Pressure Processing on Listeria Spp. and on the Textural and Microstructural Properties of Cold Smoked Salmon.** LWT Food Science and Technology 43(2): 366–74. doi: 10.1016/j.lwt.2009.08.015, 2010.

GUERRA, L. M. V. H. S. **Efeitos da embalagem em ar, sob vácuo e em atmosfera modificada sobre a qualidade de filetes de peixe-porco *Balistes capriscus*.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Algarve. Faro, p. 79. 2013.

GUERRERO-BELTRÁN, J. Á.; WELTI-CHANES, J. **Pulsed Electric Fields.** Encyclopedia of Food and Health. 2016.

HANSEN, T.B., KNØCHEL, S. **Factors influencing resuscitation and growth of heat injured *Listeria monocytogenes*** 13-249 in sous vide cooked beef. International Journal of Food Microbiology, 63, 135–147. 2001.

HAUGAARD, V. K.; MORTENSEN, G. **Biobased food packaging** In: MATTSON, B.; SONNENSON, U. (Eds.). **Environmentally Friendly Food Processing.** Cambridge: Woodhead publishing, 2003. cap. 11, p 170-193.

HLPE. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. **Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition.** Rome, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/av032e/av032e.pdf>. Acesso em 12 abr. 2021.

HOVDA, M. B. et al. **Characterization of the dominant bacterial population in modified atmosphere packaged farmed halibut (*Hippoglossus hippoglossu*) based on 16S rDNA-DGGE.** Food Microbiology, London, v, n. 4, p. 362-371, 2007.

HUANG, L. H. **Infrared surface pasteurization of turkey frankfurters.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5:345–351, 2004.

ITO, R. et al. **Innovative food processing technology using ohmic heating and aseptic packaging for meat.** Meat Science, v. 96, p. 675–681, 2014.

JAKÓB, A. et al. **Inactivation kinetics of food enzymes during ohmic heating.** Food Chemistry, v. 123, p. 369–376, 2010.

JÚNIOR, M.A.G. **Avaliação da qualidade de filés de pirarucu (*Arapaima gigas*, CUVIER 1829), refrigerados e embalados sob atmosfera modificada.** Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2010.

KAREL, M. **Tasks of food technology in the 21st century.** Food Technology. 2000.

- KATLA, T. et al. **Inhibition of *Listeria monocytogenes* in cold smoked salmon by addition of sakacin P and/or live *Lactobacillus sakei* cultures.** Food Microbiology, 18:431–439, 2001.
- KAUR, B. P. et al. **Effect of High-Pressure Processing on Physical, Biochemical, and Microbiological Characteristics of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*): High-Pressure Processing of Shrimp.** Food and Bioprocess Technology, 6 (6): 1390–400, 2013.
- KHADRE, M.; YOUSEF, A. **Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: A comparative study.** International Journal of Food Microbiology, 71:131–8, 2001.
- KHAN, I. et al. **Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety - A review.** Food Control, 73, 2017.
- KIM, Y. M.; PAIK, H. D.; LEE, D. S. **Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef as affected by bacteriocins-coated plastic packaging film.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(9):998–1002, 2002.
- KIRCHNER, R. M. et al. **Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil.** Revista Agroambiente On-line, v. 10, n. 2, p. 168 - 177, abr-jun, 2016.
- KNORR, D. et al. **Emerging technologies in food processing.** Annual Review of Food Science and Technology, 2:203–235, 2011.
- KOUBAA, M., et al. **Current and new insights in the sustainable and green recovery of nutritionally valuable compounds from stevia rebaudiana bertonii.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2015.
- KUBITZA, F. **Aquicultura no Brasil: conquistas e desafios.** Panorama da Aquicultura, vol. 25, n. 150, jul-ago, 2015.
- KYKKIDOU, S., et al. **Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4 °C.** Food Chemistry, 115, 169–175, 2008.
- LAGE, B. **Avaliação das condições do processo sous vide na vida útil de salmão (*Salmo salar*).** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2012.
- LAKSHMANAN, R.; DALGAARD, P. **Effects of High-Pressure Processing on *Listeria monocytogenes*, Spoilage Microflora and Multiple Compound Quality Indices in Chilled Cold-Smoked Salmon.** Journal of Applied Microbiology, 96 (2): 398–408, 2004.
- LASCORZ, D. et al. **The potential of ohmic heating as an alternative to steam for heat processing shrimps.** Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2016.
- LIN, C. C.; LIN, C. S. **Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts.** Food Control, 16, 169–175, 2005.
- LIN, Y.; LABBE, R.; SHETTY, K. **Inhibition of *Listeria monocytogenes* in fish and meat systems by use of oregano and cranberry phytochemical synergies.** Applied and Environmental Microbiology, 70(9):5672–5678, 2004.

LLOYD, B. K.; FARKAS, B. E.; KEENER, K. M. **Characterization of radiant emitters used in food processing.** *J Micro Power Electromagn Energ* 38:213–224, 2003.

LONG, F. et al. **Effects of Combined High Pressure and Thermal Treatments on the Allergenic Potential of Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Tropomyosin in a Mouse Model of Allergy.** *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29: 119–24, 2015.

MAHMOUD, E. A. E. et al. **Oxidative changes of lipids during microwave heating of minced fish flesh in catering.** *Czech Journal of Food Sciences*, 27: S173-S177, 2009.

MEDEIROS, F. et al. **Anuário 2021 Peixe BR da Piscicultura.** Associação Brasileira da Piscicultura, Peixe BR. 2021.

MEJLHOLM, O. **Development and validation of an extensive growth and growth boundary model for psychrotolerant *Lactobacillus* spp. in seafood and meat products.** *International Journal of Food Microbiology*, vol. 167, n.2, 244–260, 2015.

MENGDEN, R. et al. **High-Pressure Processing of Mild Smoked Rainbow Trout Fillets (*Oncorhynchus mykiss*) and Fresh European Catfish Fillets (*Silurus glanis*).** *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 32: 9–15, 2015.

MERLO, T.C. **Efeito da combinação de atmosfera modificada com filmes ativos sobre a qualidade e vida útil de filés de Salmão do Atlântico (*Salmo salar*).** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2017.

MEXIS, S. F.; CHOULIARA, E.; KONTOMINAS, M. G. **Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 °C.** *Food Microbiology*, 26, 598–605, 2009.

MIKŠ-KRAJNIK, M. et al. **Inactivation of *Listeria monocytogenes* and natural microbiota on raw salmon fillets using acidic electrolyzed water, ultraviolet light or/and ultrasounds.** *Food Control*, 74:54–60, 2017.

MILLS, A.; HAZAFY, D. **A solvent-based intelligence ink for oxygen.** *Analyst*. 2008.

MINOZZO, M. G. **Processamento e Conservação do Pescado.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Paraná – Educação a distância. Curitiba, 2011.

MONTEIRO, M. L. G. et al. **Validade comercial de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada e irradiados.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 737-743, Apr. 2012.

MONTIEL, R. et al. **Combined Effect of High Pressure Treatments and the Lactoperoxidase System on the Inactivation of *Listeria monocytogenes* in Cold-Smoked Salmon.** *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16: 26–32, 2012.

MONTIEL, R. et al. **Effect of High Pressure Treatments on Smoked Cod Quality during Refrigerated Storage.** *Food Control*, 23 (2):429–36, 2012.

MURCHIE, L. W. et al. **High Pressure Processing of Shellfish: A Review of Microbiological and Other Quality Aspects.** *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6 (3): 257–70, 2005.

NAGARAJARAO, R. C. **Recent advances in processing and packaging of fishery products: A review.** Aquatic Procedia, 7, p. 201-213, 2016.

NASCIMENTO, K.; REIS, I.; REBELLO, F. **Utilização do aquecimento ôhmico no processamento de alimentos.** Revista Verde (Pombal - PB - Brasil), v 9, n. 5, p. 62 - 67, dez, 2014.

NUNES, E. M. S. **Efeito do revestimento de quitosana na vida útil de filés de Pargo (*Lutjanus purpureus*) armazenados sob congelamento.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

NYKÄNEN, A.; WECKMAN, K.; LAPVETELÄINEN, A. **Synergistic inhibition of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked rainbow trout by nisin and sodium lactate.** International Journal of Food Microbiology, 61:63–72, 2000.

O'DONNELL, C. et al. **Ozone in food processing.** John Wiley & Sons, New York, 2012.

OETTERER, M.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; GALVÃO, J. A. **Tecnologias emergentes prolongam características do pescado *in natura*.** Visão agrícola, Piracicaba, v. 8, n. 11, p. 142-144, 2012.

OJAGH, S. M. et al. **Lessening of High-Pressure-Induced Changes in Atlantic Salmon Muscle by the Combined Use of a Fish Gelatin-Lignin Film.** Food Chemistry, 125 (2): 595–606, 2011.

OKPALA, C. O. R. **Investigation of quality attributes of ice-stored pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by sequential minimal ozone treatment.** LWT-Food Science and Technology, 57(2):538–47, 2014.

ORSAT, V.; RAGHAVAN, V.; MEDA, V. **Microwave technology for food processing: an overview.** In: The microwave processing of foods, Woodhead Publishing, Cambridge, England. pp. 105–118, 2005.

ORTEGA, I. et al. **Effect of Hydrostatic High-Pressure Treatment on Proteins, Lipids and Nucleotides in Chilled Farmed Salmon (*Onchorhynchus kisutch*) Muscle.** European Food Research and Technology, 230 (6): 925-34, 2010.

PASTORIZA, L. et al. **Combined effects of modified atmosphere packaging and lauric acid on the stability of pre-cooked fish products during refrigerated storage.** European Food Research and Technology, Berlin, v. 215, n. 3, p. 189-193, 2002.

PEDRÓS-GARRIDO, S. et al. **Assessment of high intensity ultra-sound for surface decontamination of salmon (*S. salar*), mackerel (*S. scombrus*), cod (*G. morhua*) and hake (*M. merluccius*) fillets, and its impact on fish quality** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 41:64-70, 2017.

PEREIRA, R. N. et al. **Aquecimento Ôhmico: uma ferramenta ao serviço da biotecnologia.** Boletim de Biotecnologia. Centre for Biological Engineering Portugal, 2015.

PIRES, R. P. S. et al. **Ohmic heating for infant formula processing: Evaluating the effect of different voltage gradient.** Journal of Food Engineering, v. 280, p. 109-989, 2020.

PIYASENA, P. et al. **Inactivation of microbes using ultrasound: A Review**. International Journal of Food Microbiology, 87(3):207-216, 2003.

RAMOS, F. et al. **Tambaqui (*Colossoma macropomum*) sous vide: characterization and quality parameters**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 37, n. 1, p. 117-130, Jan./Fev. 2016.

RANJAN, R.; IRUDAYARAJ, J.; JUN, S. **Simulation of infrared drying process**. Dry Technology, 20:363, 2002.

RESTAINO, L. et al. **Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms**. Applied and Environmental Microbiology 61:3471–5, 1995.

RICHA, R. **Ohmic Heating Technology and Its Application in Meaty Food: A Review**. Adv. Res., 10, p. 1–10, 2017.

ROBERTS, J. S.; BALABAN, M. O.; LUZURIAGA, D. A. (2002). **Comparison of quality attributes of ohmic and water immersion thawed shrimps**. Journal of Aquatic Food Product Technology, 11, 3–11.

ROCHA, C. et al. **Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 48, n. 8, p. iv-vi, Aug. 2013.

ROCHA, I; et al. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarões**. ABCC, Ano XXII Nº 2. Outubro, 2020.

RODE, T. M.; HOVDA, M. B. **High Pressure Processing Extend the Shelf Life of Fresh Salmon, Cod and Mackerel**. Food Control 70: 242–8, 2016.

ROSNES, J. T.; SKIPNES, D. **Minimal Heat Processing Applied in Fish Processing**. In: Trends in Fish Processing Technologies; Borda, D., Nicolau, A., Raspor, P., Eds.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, p. 27–69, 2017.

ROSNES, J. T.; SKARA, T.; SKIPNES, D. **Recent Advances in Minimal Heat Processing of Fish: Effects on Microbiological Activity and Safety**. Food Bioprocess Technology, 4:833–848. 2011.

SAKAI, N.; MAO, W. **Infrared heating**. In: Sun DW (ed) **Thermal food processing: new technologies and quality issues**. CRC, Boca Raton, FL, pp 493–526, 2006.

SÁNCHEZ-VEGA, R.; ELEZ-MARTÍNEZ, P.; MARTÍN-BELLOSO, O. **Influence of high-intensity pulsed electric field processing parameters on antioxidant compounds of broccoli juice**. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 20015.

SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. **Revisão: Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada**. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 15, n. 1, p. 1-14, jan. /mar. 2012.

SANTOS, R. B. dos et al. **Qualidade Microbiológica de Alimentos in natura minimamente processados**. Global Science and Technology, Rio Verde, v.12, n.01, p. 43-52, jan/abr. 2019.

- SANTOS, T. C. L. **A tecnologia do ozônio associada à embalagem em atmosfera modificada como alternativa ao uso do cloro no aumento da vida de prateleira do camarão branco (*litopenaeus vannamei*) inteiro resfriado.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Mossoró, 2017.
- SEABERG, A. C.; LABBE, R.; SHETTY, K. **Inhibition of *Listeria monocytogenes* by elite clonal extracts of oregano (*Origanum vulgare*).** Food Biotechnology, 17(2):129–149, 2003.
- SEÑORANS, F. J.; IBÁÑEZ, E.; CIFUENTES, A. **New trends in food processing.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43(5):507–526, 2003.
- SEQUEIRA-MUNOZ, A. et al. **Physicochemical Changes Induced in Carp (*Cyprinus carpio*) Fillets by High Pressure Processing at Low Temperature.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 7 (1–2): 13–8, 2006.
- SHERIDAN, P.; SHILTON, N. **Application of far-infrared radiation to cooking of meat products.** Journal of Food Engineering, 41:203–208, 1999.
- SHIRSAT, N. et al. **Ohmic processing: electrical conductivities of pork cuts.** Meat Sci. 2004.
- SIDDHNATH et al. **Minimal Processing of Seafood by High Pressure Processing: A non-thermal processing approach.** International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 2018.
- SILVA, A. M. M.; GOLÇALVES, A. A. **Effect of aqueous ozone on microbial and physicochemical quality of Nile tilapia processing.** Journal of Food Processing and Preservation. 2017.
- SILVA, I. L. D. **Estudo da qualidade de bife bovino submetido à tecnologia sous-vide em escala de produção industrial.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.
- SIMONIN, H. et al. **New insights into the high-pressure processing of meat and meat products.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, vol. 11, n. 3, p. 285–306, 2012.
- SIVERTSVIK, M.; JEKSRUD, W. K.; ROSNES, J. T. **A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities, and safety.** International Journal of Food Science and Technology, Oxford, v. 37, n. 2, p. 107-127, 2002.
- SOARES, K.; GONÇALVES, A. **Qualidade e segurança do pescado.** Ver. Inst. Adolfo Lutz (Impr.), São Paulo, v. 71, n. 1, 2012.
- SOFRA, C. **Modeling the effect of pre-treatment with nisin enriched osmotic solution on the shelf life of chilled vacuum packed tuna.** Journal of Food Engineering, 216, 125-131, 2018.

SOUSA, L.C.F.S. et al. **Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico.** Agropecuária Científica no Semiárido. V. 8, n. 1, p. 19-27, Jan – mar, 2012.

SPERANZA, B.; CORBO, M. R. **Essential oils for preserving perishable foods: Possibilities and limitations.** In A. Bevilacqua, M. R. Corbo, & M. Sinigaglia (Eds.), Application of alternative food-preservation technologies to enhance food safety and stability (pp. 35–57). Sharjah: Bentham, 2010.

SPERANZA, B. et al. **Use of Desirability Approach to Predict the Inhibition of *Pseudomonas fluorescens*, *Shewanella putrefaciens* and *Photobacterium phosphoreum* in Fish Fillets Through Natural Antimicrobials and Modified Atmosphere Packaging.** Springer Science Business Media, LLC., 2012.

STAACK, N.; AHNE, L.; BORCH, E.; KNORR, D. **Effect of infrared heating on quality and microbial decontamination in paprika powder.** Journal of Food Engineering, 86:17–24, 2008.

SUN, XD; HOLLEY, R. A. **High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products.** Journal of Food Science, 75: R17-R23, 2010

STILES, M. E. **Biopreservation by lactic acid bacteria.** Antonie van Leeuwenhoek 70:331–345, 1996.

VAUDAGNA, S. R. et al. **Sous vide cooked semitendinosus muscles: effects of low temperature – long time treatments on quality characteristics and storage stability of product.** International Journal of Food Science and Technology, 37:425–441, 2002.

TEODORO, A. J.; ANDRADE, É. C. B.; MANO, S. B. **Avaliação da utilização de embalagem em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*).** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 27, n. 1, p. 158-161, março, 2007.

TRUONG, B. Q. et al. **Advances in High-Pressure Processing of Fish Muscles.** Food Engineering Reviews, 7: 109–29, 2015.

TSIRONI et al. **Hurdle technology for fish preservation.** Aquaculture and Fisheries, 5, p. 65–71, 2020.

TSIRONI, T. et al. **High pressure cold pasteurization of gilthead seabream fillets: Selection of process conditions and validation of shelf-life extension.** Food and Bioprocess Technology: International Journal, 8, 681–690. 2015.

VATTEM, D. A.; SHETTY, K. **Functional phytochemicals from cranberries: their mechanism of action and strategies to improve functionality.** In: Shetty K, Paliyath G, Pometto A, Levin RE (eds) Food biotechnology, 2nd edn. Taylor & Francis, New York, pp 789–823, 2005.

VÁZQUEZ, M. et al. **Lipid Hydrolysis and Oxidation Development in Frozen Mackerel (*Scomber scombrus*): Effect of a High Hydrostatic Pressure Pre-Treatment.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 18: 24–30, 2013.

VIANA, A. P. et al. **Efeito da embalagem com atmosfera modificada na conservação do *Brycon amazonicus***. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, vol. 42, n. 1, p. 17–28, 2016.

XIMENES, L. F.; VIDAL, M. F. **Pescado no Brasil: produzir bem e vender melhor**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n.49, 2018.

WANG, C. Y. et al. **Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 8398 (November): 542–70, 2015.

YE, M.; NEETOO, H.; CHEN, H. **Effectiveness of chitosan-coated plastic films incorporating antimicrobials in inhibition of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon**. International Journal of Food Microbiology, 127(3):235–240, 2008.

YELIAN, M.; JIE, Y.C.; AKINORI, N. **Studies on the ohmic thawing of frozen surimi food sci. Technol. Res.** vol. 13, n. 4, p. 296-300, 2007.

ZEITLER, J. et al. **Terahertz pulsed spectroscopy and imaging in the pharmaceutical setting - a review**. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2007.

ZHAO, Y. et al. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Principles and recent applications of novel nonthermal processing technologies for the fish industry - a review. 2019.