



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Adolfo Pinheiro de Oliveira

**ALTERNATIVAS NÃO-TÉRMICAS PARA PROCESSAMENTO DE
MOLUSCOS BIVALVES**

Florianópolis, 2022

Adolfo Pinheiro de Oliveira

**ALTERNATIVAS NÃO-TÉRMICAS PARA PROCESSAMENTO DE
MOLUSCOS BIVALVES**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientador: Prof^o Dr. Giustino Tribuzi

Florianópolis, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Adolfo
ALTERNATIVAS NÃO-TÉRMICAS PARA PROCESSAMENTO DE MOLUSCOS
BIVALVES / Adolfo Oliveira ; orientador, Giustino
Tribuzi, 2022.
61 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. Ciência dos alimentos. 3.
Moluscos bivalves. 4. Conservação. 5. Vida útil. I.
Tribuzi, Giustino . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos
Alimentos. III. Título.

Adolfo Pinheiro de Oliveira

Alternativas não-térmicas para processamento de moluscos bivalves

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Lenilton Santos Soares, Dr.
Universidade Federal de Lavras, UFLA

Prof. Marília Miotto, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Felipe Matarazzo Suplicy, Dr.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciência dos Alimentos.

Profa Itaciara Larroza Nunes, Dra.
Coordenador(a) do Programa

Prof. Giustino Tribuzi, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque sem Ele nada é possível.

À toda minha família, por todo amor, apoio e incentivo

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos (PPGCAL), pela oportunidade de realização do mestrado e disponibilização da infraestrutura necessária.

À meu orientador, Giustino Tribuzi, por todos os conhecimentos transmitidos e a confiança e perseverança depositada para realização deste trabalho.

Aos professores do PPGCAL/UFSC conhecimento e experiência transmitidos.

Aos colegas do Laboratório de Tecnologia de Pescados e Derivados do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciência Agrárias da UFSC por todas os momentos de convivência, socialização, ajuda e conhecimento transmitido.

Aos novos amigos que conheci em Florianópolis-SC e aos amigos de longa data, todos que de toda forma estiveram ao meu lado durante essa jornada.

Aos membros da banca por aceitarem o convite e por suas contribuições.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido durante a realização deste trabalho.

RESUMO

A extensão da vida útil dos moluscos bivalves é comumente promovida por tecnologias tradicionais como o processamento térmico (calor), refrigeração ou congelamento. Nos últimos anos, as pesquisas têm se concentrado no aperfeiçoamento de tecnologias não térmicas que podem ser usadas para estender a vida útil do produto e manter a qualidade dos moluscos bivalves vivos ou com característica de produtos frescos. O presente trabalho traz uma revisão bibliográfica que descreve tecnologias não térmicas e aditivos naturais utilizadas na conservação e manutenção da qualidade de moluscos bivalves vivos e/ou frescos, seus princípios e aplicação visando aumento da vida útil. Tecnologias não térmicas (atmosfera modificada, irradiação, alta pressão hidrostática, ozônio, terapia fotodinâmica) e utilização de produtos naturais (extrato de chá verde, extrato de uva, óleos essenciais, quitosana) estão sendo utilizado efetivamente de forma isolada ou combinada e mostraram ser métodos eficientes na conservação e descontaminação dos moluscos. Em geral todos auxiliam no aumento da vida útil e manutenção da qualidade sensorial, físico-química e sensorial dos produtos avaliados.

Palavras-chave: conservação, ostras, qualidade, vida útil, mexilhões.

ABSTRACT

Life extension of bivalve molluscs is commonly promoted by traditional technologies such as thermal processing or freezing. Recently, researchers have focused their work on improving non-thermal technologies that can be used to extend product shelf life and maintain the quality of live or fresh bivalve molluscs. The present work presents a bibliographic review that describes non-thermal technologies and natural products used in the conservation and maintenance of the quality of live and/or fresh bivalve molluscs, their principles, and their application in the product to increase the shelf life. Non-thermal technologies (modified atmosphere, irradiation, high hydrostatic pressure, ozone, photodynamic therapy) and the use of natural products (green tea extract, grape extract, essential oils, chitosan) have been effectively used individually or in combination. These methods efficiently preserve and decontaminate molluscs, extending the shelf life preserving the sensorial and physical-chemical properties for the products.

Keywords: conservation, oyster, quality, shelf life, mussel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais grupos de moluscos	14
Figura 2. Produção de captura por grupos de espécies (em toneladas) durante 2013-2019 e dados mundiais da aquicultura (em toneladas) durante 2013-2019	15
Figura 3. Tecnologias não térmicas e produtos naturais para conservação de moluscos bivalves vivos ou frescos	20
Figura 4. Aplicação de atmosfera modificada	21
Figura 5. Processo de alta pressão hidrostática aplicada a MB	26
Figura 6. Processo de irradiação em MB	32
Figura 7. Aplicação de ozônio na conservação de MB	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos científicos utilizando embalagens de atmosfera modificada na conservação de moluscos bivalves.	23
Tabela 2. Estudos científicos com aplicação da alta pressão hidrostática na conservação de moluscos bivalves	27
Tabela 3. Estudos científicos com aplicação da irradiação para extensão da vida útil de moluscos bivalves	33
Tabela 4. Estudos científicos com aplicação do ozônio e água eletrolisada na conservação de moluscos bivalves	37
Tabela 5. Estudos científicos com aplicação dos produtos naturais na conservação de moluscos bivalves	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV- Ácidos graxos voláteis totais

AM – Atmosfera modificada

BAL - Bactérias Ácido Láticas

BVT – Bases voláteis totais

CVT – Contagem de viáveis totais

EFSA - European Food Safety Authority

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

EGCG - Epigallocatequina-3-galato

EUA – Estados Unidos da América

FAO - Food and Agriculture Organization

MB - Moluscos bivalves

MOI - Multiplicidade de infecção

PNCMB - Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves

TCA - Ácido tricloroacético

TBA - Ácido tiobarbitúrico

TMA - Trimetilamina

UE - União Europeia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	17
3. METODOLOGIA	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

DIAGRAMA CONCEITUAL

Por quê?

- A vida útil dos moluscos vivos é limitada, tecnologias de conservação e condições de armazenamento podem aumentar a duração da vida útil;
- A comercialização de moluscos bivalves vivos ou cru/fresco apresenta grandes desafios, discutir as tecnologias de conservação para aumento da vida útil é necessário para atender as demandas do mercado consumidor e otimizar a cadeia produtiva;
- As tecnologias viáveis para conservação dos moluscos bivalves seja vivo ou cru/fresco precisam ser estudadas e analisadas minuciosamente.

O que já foi publicado na literatura?

- A grande maioria dos estudos empregam tratamentos térmicos para conservação de moluscos;
- O enfoque das pesquisas geralmente é direcionado para conservação e vida útil do produto processado/cozido.
- Diversos estudos abordam o uso de tecnologias não térmicas para a conservação de moluscos bivalves vivos ou crus/frescos

Hipóteses da pesquisa

- O conhecimento e utilização de tecnologias não térmicas de conservação que não causem a mortalidade dos moluscos bivalves vivos é promissor.
- O estudo sobre tecnologias não térmicas que promovam a qualidade e aumento da vida útil dos moluscos vivos e/ou frescos (crus) é promissor para toda a cadeia produtiva da maricultura.

Metodologia

- A pesquisa conta com a elaboração de revisão bibliográfica dentro da temática de tecnologia não térmicas para conservação de moluscos bivalves vivos e/ou frescos.
- Será analisado e discutido o material bibliográfico encontrado na literatura em bases de dados internacionais.

1 INTRODUÇÃO

Os moluscos bivalves (MB) são animais invertebrados aquáticos, pertencentes a classe *Bivalvia*, caracterizados pela presença de concha formada por duas valvas, massa visceral, pé muscular, brânquias, sífões inalantes e exalantes e a alimentação ocorre por filtração. Os principais representantes de interesse comercial são mexilhões, ostras, amêijoas, vieiras, entre outros (BRASIL, 2012; JESUS, 2015).

Esses animais filtradores possuem a capacidade de bioacumulação de diversos tipos de contaminantes do ambiente aquático, o que os faz serem considerados bons indicadores ambientais. Os contaminantes podem envolver substâncias tóxicas produzidas por microalgas e microrganismos patogênicos. O cultivo e crescimento dos MB são influenciados por fatores ambientais (temperatura, salinidade, quantidade de oxigênio dissolvido na água, entre outros) e fatores biológicos (alimentação, competição com outras espécies, entre outros) (OLIVEIRA, 2018).

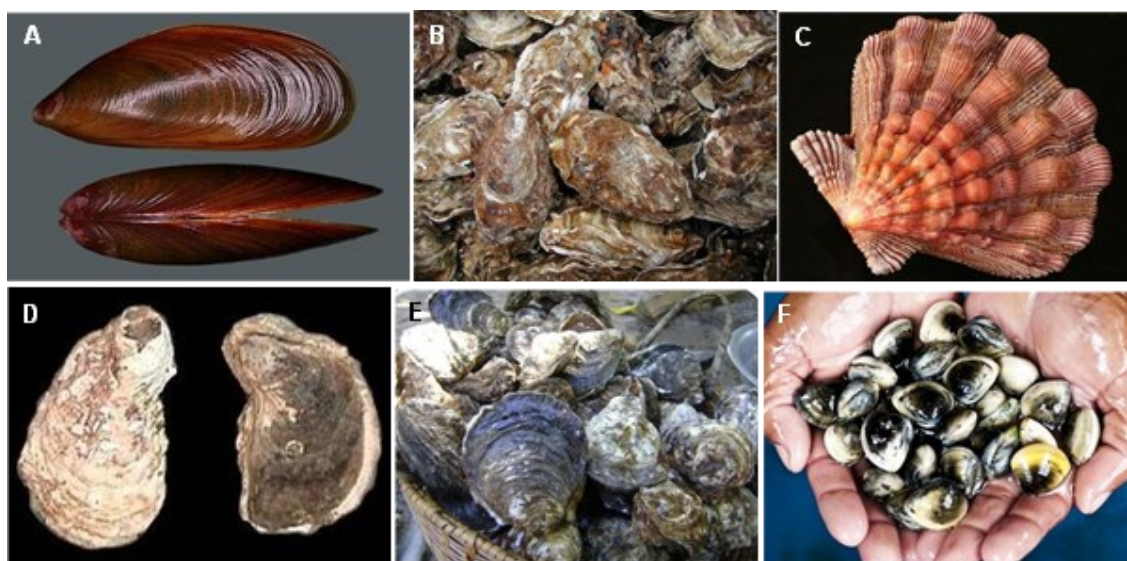
Os MB são amplamente consumidos pela população e comercializados em grande escala (KRISHNAKUMAR, et al. 2018; WANG; LU, 2017) em diversos países do mundo. Para reduzir o risco de doenças relacionadas ao seu consumo, muitos países implementaram controles da produção comercial e/ou da sua extração (LEE, MURRAY, 2010). Essencialmente, esses controles consistem no monitoramento de microrganismos indicadores de contaminação fecal nos moluscos e/ou na água e na classificação das áreas de produção com base nos resultados desse monitoramento seguida, quando necessário, de tratamentos pós-colheita (depuração, relocação, ou tratamento térmico) antes da venda para consumo humano (WHO; FAO, 2012).

Os programas internacionais de controle sanitário de MB apresentam duas abordagens básicas em relação ao tipo de amostra. A abordagem utilizada na União Europeia (UE) e em países com acordos comerciais com a UE, adota o monitoramento dos microrganismos de indicadores fecais na carne enquanto a abordagem utilizada nos Estados Unidos da América (EUA) e na Austrália classifica áreas de produção baseada no monitoramento destes microrganismos em águas superficiais. Alguns países que exportam MB para a UE e/ou os EUA desenvolveram modificações ou utilizam um híbrido dos dois sistemas (BUSBY, 2010; SAUVE, 2010). Tanto nos sistemas da UE como nos EUA, os resultados do monitoramento microbiológico são utilizados para classificar as áreas de produção de moluscos em relação às normas prescritas pelos respectivos regulamentos oficiais (SOUZA, 2017).

Quanto a legislação nacional, o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PNCMB) foi instituído por meio da Instrução Normativa Interministerial nº 07/2012, visando minimizar os riscos microbiológicos, é estabelecendo o controle da colheita e dos tratamentos pós-colheita aos quais os moluscos devem ser submetidos (ex. depuração e tratamento térmico), com base na concentração de *Escherichia coli* na parte comestível dos moluscos, analisada com frequência mínima quinzenal em áreas onde não existe histórico de resultados de análises microbiológicas ou mensal para os pontos de colheita onde o monitoramento microbiológico ocorre há mais de 18 (dezoito) meses. Tanto os limites microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira para água quanto para a parte comestível dos moluscos diferem de maneira geral das legislações dos EUA e da UE (SOUZA, 2017).

De acordo com a FAO (2021), os principais grupos de MB (Figura 1) produzidos são ostras (34,2 %), berbigões e amêijoas (31,85%), vieiras (12,20%) e mexilhões (12,06%) FAO (2022). A China, é o maior produtor de bivalves marinhos, respondendo por 85% da produção mundial e responsável pela alta taxa de crescimento da produção (WIJSMAN et al., 2019). No Brasil a produção de moluscos bivalves é concentrada por mais de 90% no Estado de Santa Catarina. De fato, em 2017, a produção no Estado de MB (mexilhões, ostras e vieiras) foi de 13.699 toneladas (t).

Figura 1 – Principais grupos de moluscos. A) Mexilhão (*Perna perna*). B) Ostras-do-pacífico (*Crassostrea gigas*). C) Vieira (*Nodipecten nodosus*). D) Ostra-do-mangue (*C. rhizophorae*). E) Ostras-do-mangue (*C. brasiliiana*). F) Berbigões (*Anomalocardia brasiliiana*) extraídos da Reserva do Pirajubaé, em Santa Catarina.



Fonte: FONTANA (2016)

A Figura 2 mostra os dados da produção (em toneladas) de captura e aquicultura, por grupo de espécies de MB durante os anos de 2013-2019 (FAO, 2019).

Figura 2. Produção de captura por grupos de espécies (em toneladas) durante 2013-2019 (a) e dados mundiais de cultivo pesqueiro (em toneladas) durante 2013-2019 (b).



Fonte: FAO, 2019

Os moluscos bivalves são organismos que se alimentam filtrando a água. Portanto, podem apresentar uma elevada carga microbiana que, em conjunto com uma natural biodisponibilidade dos nutrientes na carne, provocam uma rápida deterioração deste produto se não adequadamente tratado ou armazenado. A vida útil limitada dos MB está relacionada com a espécie, local de cultivo, época do ano, carga microbiana inicial, presença de metabólitos e práticas pós-colheita (acondicionamento, temperatura, umidade, transporte, comercialização etc.) (BERNÁRDEZ, PASTORIZA, 2013). A vida útil curta causa problemas práticos substanciais para distribuição destes produtos vivos para locais distantes do seu ambiente de cultivo, limitando e encarecendo o transporte a longas distâncias.

Os métodos tradicionais de preservação como o tratamento térmico (pasteurização ou esterilização comercial) ou congelamento, podem alterar a aparência

e sabor dos moluscos bivalves (GONÇALVES et al., 2009). Estender a vida útil dos MB vivos ou frescos (neste trabalho o termo cru ou fresco será utilizado para identificar moluscos bivalves que foram total ou parcialmente desconchados e, portanto, não são mais vivos) pode ter um impacto econômico importante ao reduzir as perdas e permitir que os produtos vivos ou frescos cheguem a novos mercados.

O valor comercial potencialmente mais elevado do produto vivo ou fresco em comparação com o produto congelado ou em conserva tem o potencial de diversificar e agregar valor à indústria de aquicultura em nível nacional e mundial (ZAMORA et al., 2019). Portanto, a busca por tecnologias não térmicas para conservação do MB vivo e/ou fresco, com potencial de aplicação na inibição ou redução do crescimento microbiano e na manutenção das características de qualidade (físico-química, microbiológica e sensorial) pelo maior tempo possível é um objetivo primordial para toda cadeia produtiva de MB, visando agregar valor ao produto, evitar desperdícios e expansão da comercialização.

Neste trabalho serão abordadas as tecnologias não térmicas (atmosfera modificada, irradiação, alta pressão hidrostática, ozônio, terapia fotodinâmica) e utilização de produtos naturais (extrato de chá verde, extrato de uva, óleos essenciais, quitosana) utilizados para estender a vida útil de moluscos bivalves vivos e/ou frescos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão bibliográfica sobre as tecnologias não térmicas e produtos naturais utilizados para conservação de moluscos bivalves vivos e/ou frescos.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar os estudos científicos disponíveis na base de dados Web of Science relacionado a temática da pesquisa;
- Apresentar as características como autor, ano, espécie, tratamentos, vida útil e parâmetros avaliados dos estudos selecionados;
- Identificar as principais técnicas e tecnologias utilizadas na conservação de moluscos bivalves frescos ou vivos e seus efeitos na extensão da vida útil.

3 METODOLOGIA

As tecnologias não térmicas e utilização de produtos naturais representam uma possível alternativa ou estratégia complementar aos processos tradicionais, como depuração, refrigeração, cozimento ou congelamento. Os principais objetivos das tecnologias ou aplicação de produtos naturais apresentadas neste estudo são a inativação de microrganismos, preservação da qualidade nutricional e o aumento da vida útil dos moluscos bivalves vivos ou fresco, onde por frescos se entendem produtos desconchados total ou parcialmente. Foram abordados os mecanismos de ação, vantagens e aplicações das diferentes tecnologias em MB. Os seguintes termos de busca foram utilizados na Web of Science: (*high hydrostatic pressure or gamma irradiation or modified atmosphere or ozone or curcumin or chitosan or acidic electrolyzed water or photodynamic therapy*) e (*bivalve molluscs or mussels or oysters or clams or scallops or cockle or shellfish*). Os dados foram extraídos e disponibilizados em tabelas e discutidos nesta revisão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento térmico (calor) e a depuração são bastante empregados na conservação de MB. O calor é aplicado para MB processado e cozido, eficaz na redução microbiana, facilita a remoção da concha e separação da carne. Variáveis físicas como tempo e temperatura aplicadas no processo influenciam na sobrevivência dos microrganismos ou na persistência de toxinas responsáveis pela deterioração do produto. Contudo, é relatado efeitos prejudiciais na aparência e sabor dos MB (SOUZA, SUPLICY, NOVAES, 2020).

A purificação de MB pelo método da depuração como etapa anterior a comercialização do produto consiste no processo de manutenção dos moluscos em tanques com água limpa, em condições que ocorra a atividade normal de filtração dos animais por um período suficiente para expulsão de microrganismos patogênicos provenientes do ambiente de cultivo e de compostos orgânicos que possam conter toxinas até proporções não prejudiciais à saúde (SOUZA, SUPLICY, NOVAES, 2020).

A depuração é a principal estratégia para controlar os riscos de MB que são vendidos ao consumidor final e consumidos vivos. A necessidade de depuração dependerá do nível de risco relacionado à poluição fecal que atinge as áreas de cultivo ou de extração de MB (SOUZA, SUPLICY, NOVAES, 2020). A depuração é eficaz na remoção de muitos contaminantes bacterianos fecais dos bivalves, mas não é consistente na remoção de outros contaminantes, como vibrios marinhos de ocorrência natural, vírus, biotoxinas marinhas, metais pesados ou produtos químicos orgânicos (POLICARPO, 2017).

Quanto ao tempo de depuração, deve ser longo o suficiente para que os moluscos liberem patógenos do trato intestinal. Longos períodos de depuração dos bivalves estão associados à perda de uma percentagem considerável do índice corporal e das reservas lipídicas, o que se traduz numa diminuição da qualidade nutricional (RUANO et al., 2012), os diferentes países podem determinar os períodos ou tempo mínimos necessários para o processo de depuração (SOUZA et al., 2021).

Embora a depuração garanta uma melhoria da qualidade microbiológica e do valor econômico, pode causar stress fisiológico, perdas significativas e alterações na composição nutricional. Esta questão tem sido discutida na indústria como uma desvantagem do método (RUANO et al., 2012).

Apesar das limitações, a depuração é eficiente na redução e eliminação de microrganismos, amplamente recomendada e utilizada em diferentes países com significativa produção de MB, para melhor desempenho é fundamental que o processo seja realizado de maneira adequada seguindo as recomendações técnicas (SOUZA, SUPPLY, NOVAES, 2020).

Os resultados estão dispostos nas seguintes seções e tabelas, demonstrando as tecnologias não térmica e produtos naturais (Figura 3) utilizados na conservação de MB; e a discussão dos dados pautada na abordagem descritiva.

A cadeia produtiva de moluscos compreende os aspectos da produção de insumos, produção primária, beneficiamento e/ou transformação, comercialização, distribuição e consumo.

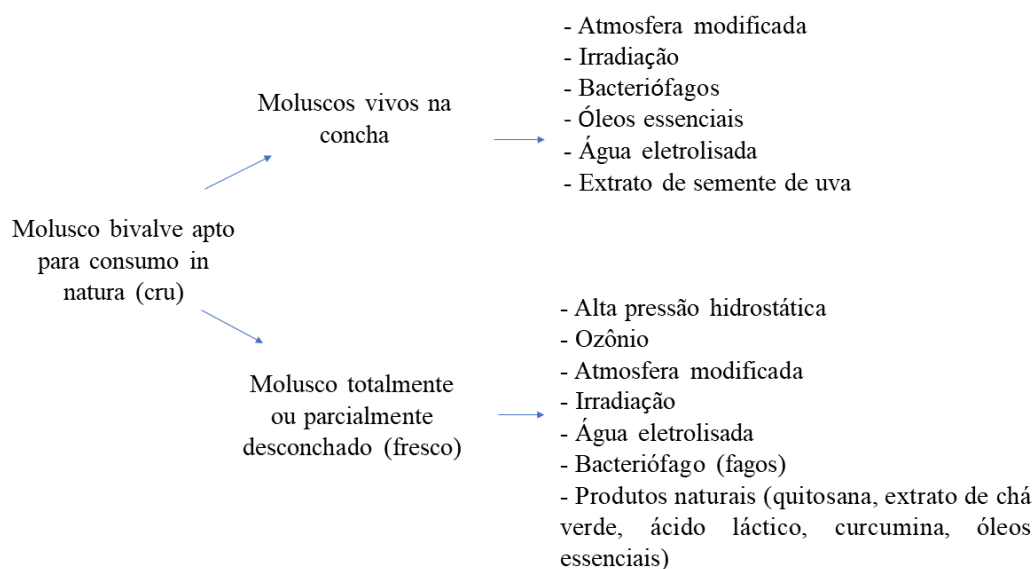


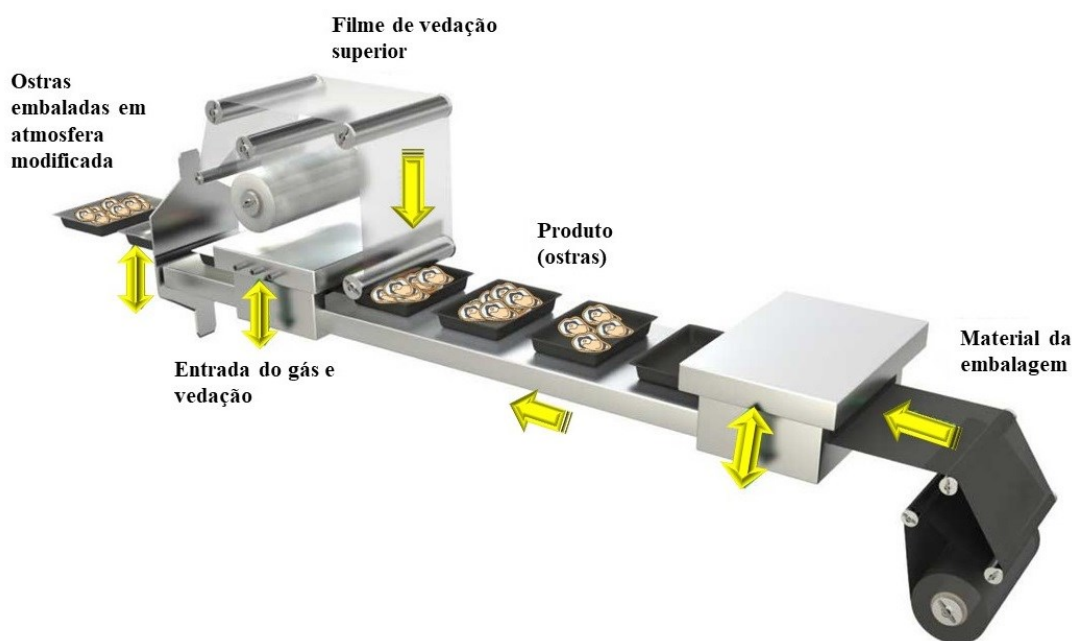
Figura 3. Tecnologias não térmicas e produtos naturais para processamento para moluscos bivalves vivos ou frescos.

As tecnologias emergentes para o uso em moluscos bivalves vivos ou frescos são aplicadas aos produtos de diferentes maneiras e dependendo dos parâmetros de processos ou concentração de aditivos podem apresentar maior ou menor efeito na extensão da vida útil dos produtos. A seguir estão descritas com maiores detalhes as tecnologias não térmicas, emergentes, utilizadas na conservação de MB.

4.1 Atmosfera modificada

O princípio da aplicação da atmosfera modificada (AM) consiste na substituição da atmosfera natural que se encontra em torno do alimento dentro da embalagem por outra mistura de gases de composição conhecida, otimizada para cada tipo de produto (Figura 4). Os gases mais utilizados são o dióxido de carbono (CO_2), o oxigênio (O_2) e o nitrogênio (N_2), misturados em diferentes proporções, cada gás desempenha um papel específico na extensão da vida útil dos alimentos.

Figura 4. Aplicação de atmosfera modificada



Fonte: <https://kbtfoodpack.com/modified-atmosphere-packaging-machines>

A AM tem sido aplicada no processamento comercial de molusco bivalves vivo e/ou fresco como método complementar para estabilizar e prolongar a vida útil. Os MB são acondicionados na embalagem de alta barreira, preenchidas com o gás correspondente e selados. O tipo e composição do gás, proporção do produto/volume do gás, carga inicial microbiana, espécie e temperatura de armazenamento são fatores que influenciam a eficácia da AM na extensão da vida útil dos produtos (OLATUNDE, BENJAKUL, VONGKAMJAN, 2019).

Para manutenção do produto fresco o gás utilizado em maiores concentrações é, na maioria dos casos, o CO_2 .

Este gás é altamente solúvel em água e gordura, atóxico, e a sua solubilidade aumenta com a diminuição da temperatura, sua dissolução é capaz de modificar o pH

do alimento, que interfere no crescimento microbiano, possui efeito bacteriostático, na inibição de bactérias aeróbicas deteriorantes. Por outro lado, devido à elevada solubilidade, pode causar colapso da embalagem e um sabor levemente ácido. O efeito bacteriostático do CO₂ é proporcional à sua concentração dissolvida no produto, quanto maior a concentração de CO₂, mais baixa é a respiração de microrganismos e sua velocidade de crescimento (DEWITT; OLIVEIRA, 2016). O mecanismo de ação do CO₂ sobre os microrganismos é complexo, sendo resultado de uma combinação de vários efeitos: alteração da função da membrana celular, interferindo com o transporte de íons; inibição direta de algumas enzimas ou diminuição da atividade enzimática e alteração do pH no interior das células (DEWITT; OLIVEIRA, 2016).

Diversos estudos (Pastoriza et al. 2004; Gonçalves et al. 2009; Bernárdez; Pastoriza 2013, entre outros) apontam que atmosferas modificadas com elevadas concentrações de oxigênio (50-85%) favorecem a manutenção da vitalidade dos moluscos bivalves vivos armazenadas sob refrigeração (2-4°C). De fato, o O₂ é necessário na conservação do MB vivo, relacionado com a respiração do produto e manutenção de frescor e cor, ligeiramente solúvel em água e sua solubilidade aumenta com a diminuição da temperatura (FISCHMANN, 2016).

Outro gás utilizado, normalmente em combinação com o CO₂ ou com o O₂ é o nitrogênio (N₂). Este gás inerte e sem sabor, não é absorvido pelo produto, por causa da sua baixa solubilidade em água e gordura, resultando em redução de reações oxidativas e inibição de microrganismos aeróbios e atuando como gás de enchimento na prevenção do colapso da embalagem (FISCHMANN, 2016). Utilizado como alternativa à embalagem a vácuo, ou juntamente com o CO₂ para substituir o O₂, com a finalidade de retardar reações oxidativas e inibir o crescimento de microrganismos aeróbios (DEWITT; OLIVEIRA, 2016).

Dentre as vantagens apresentadas por essa tecnologia estão o aumento da vida útil, redução de perdas, melhor apresentação dos produtos, embalagem prática e sem odor. Como desvantagens podem ser citados os custos mais elevados de processo respeito ao acondicionamento em embalagens não herméticas, controle rígido de parâmetros (temperatura, concentração dos gases e grau de enchimento), especificação de atmosfera adequada a cada tipo de produto, maior volume das embalagens e possível colapso da embalagem devido à dissolução do CO₂ (SANTOS, OLIVEIRA, 2012; FISCHMANN, 2016).

Na Tabela 1, os estudos científicos que abordam a aplicação desta tecnologia aos MB são apresentados.

Tabela 1 - Estudos científicos utilizando embalagens de atmosfera modificada na conservação de moluscos bivalves.

Autor/ano	Espécie	Matéria-prima	Tratamentos	Melhor tratamento	Tempo aceitável (dias)	Amostragem controle (dias)	Parâmetros avaliados
Pastoriza et al. 2004	Mexilhão (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	vivo	1) 5% O ₂ , 20% CO ₂ , 75% N ₂ ; 2) 20% O ₂ , 50% CO ₂ , 30% N ₂ ; 3) 50% O ₂ , 50% N ₂ ; 4) 75% O ₂ , 25% N ₂ ; 5) 100% O ₂ (75-80% O ₂) - T° (2-3°C)	75% O ₂ , 25% N ₂	6	3-4	químico (pH, BVT), microbiológico (CVT, coliformes totais, <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i>) e sensorial (odor, sabor, textura)
Goulas et al. 2005	Mexilhão (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	mexilhão desconchado	1) ar (controle); 2) vácuo; 3) 50% CO ₂ /50% N ₂ ; 4) 80% CO ₂ /20% N ₂ ; 5) 40% CO ₂ /20% N ₂ /30% O ₂ - T° (4°C) - 15 dias	80% CO ₂ /20% N ₂	14-15	8-9	químicos (BVT, TMA, TBA) microbiológico (CVT, <i>Pseudomonas</i> , BAL, <i>Enterobacteriaceae</i> e bactérias produtoras de H ₂ S) e sensorial (odor, sabor, aparência)
Gonçalves et al. 2009	Amêijoia (<i>Ruditapes decussatus</i>)	vivo	1) 70% O ₂ - 30% N ₂ ; 2) ar (controle) - 6,1±0.7°C - 6 dias	70% O ₂ /30% N ₂	6	6	mortalidade, índice de condição, rendimento da carne, umidade, líquido intervalvar, sensorial (odor, cor), químico (pH, cinzas, proteína, gordura, glicogênio, malondialdeído) e microbiológico (CVT, <i>Pseudomonas</i> spp., <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> ,
Bernárdez; Pastoriza (2011)	Mexilhão (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	vivo	- 20, 75 e 85% O ₂ - 14 dias - 2°C	75 e 85% O ₂	13	*	físico-químico (umidade, cinzas, proteína, lipídeo, carboidrato) mortalidade, microbiológico (CVT, pH, químico (amônia, AGV, glicogênio) e sensorial (odor, sabor, textura)
Masniyom ; Benjama; Maneesri 2011	Mexilhão (<i>Perna viridis</i>)	fresco desconchado	1) 40%CO ₂ , 10%O ₂ , 50% N ₂ ; 2) 60% CO ₂ , 10%O ₂ , 30% N ₂ ; 3) 80% CO ₂ , 10%O ₂ , 10% N ₂ ; 4) 100% CO ₂ - 15 dias	80% CO ₂ , 10% O ₂ e 10% N ₂	12	6	Químico (pH, BVT, TMA, TCA, TBA, e microbiológico (CVT, BAL), físicos (perda de exsudato, perda de cozimento),

				- 4°C			sensorial (odor, sabor).
Bernárdez; Pastoriza 2013	Mexilhão (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	vivo	- 20% ou 83% O ₂ - 2 ou 7°C - tamanho: pequeno e médio - 10 dias	83% de O ₂ e 2°C	8-9	3-4	mortalidade, químicos (amônio, BVT, AGV) e microbiológicos (coliformes fecais, <i>E. coli</i> , CVT, bactérias produtoras de H ₂ S), sensorial (odor, sabor)
Coton et al. 2013	Vieira (<i>Pecten maximus</i>)	fresco desconchado	1) 50% CO ₂ /50% N ₂ ; 2) 80% CO ₂ /20% N ₂ ; 3) 100% CO ₂ - 8 dias	80% CO ₂ / 20%N ₂	8	6	químicos (TMA, BVT), microbiológica (enterobactérias, <i>Pseudomonas</i> spp., BAL, bactérias produtoras de H ₂ S) e sensorial (aspecto visual, odor e textura/firmeza)

* não utilizou amostra controle

Bernárdez, Pastoriza (2013) mostraram, através dos parâmetros analisados (microbiológicos e da porcentagem de mortalidade), que mexilhões vivos (*Mytilus galloprovincialis*) embalados com 83% de O₂ e mantidos a 2°C tiveram baixa mortalidade e vida útil de até 8-9 dias. Da mesma forma, Bernárdez, Pastoriza (2011) verificaram mortalidade inferior a 20% de mexilhões vivos de pequeno e médio porte (*Mytilus galloprovincialis*) embalados com atmosferas ricas em oxigênio (75 e 85% O₂) e armazenadas em temperaturas baixas (2°C) tiveram uma vida útil de até 13 dias.

Pastoriza et al. (2004) também demonstraram que uma embalagem preenchida com atmosfera rica em O₂ favoreceu a sobrevivência dos mexilhões, com 10% de mortalidade no 6º dia de armazenamento em temperatura de armazenamento de 2-3°C. Gonçalves et al. (2009) apontam que amêijoas vivas (*Ruditapes decussatus*) armazenadas em condições de alta concentração de O₂ (70% O₂/30% N₂) não apresentaram crescimento microbiano considerável e teve um efeito positivo na manutenção da vitalidade dos moluscos.

Os autores citados acima demonstraram que o aumento da concentração de CO₂ ao longo do armazenamento do produto vivo, através da respiração, leva ao aumento da taxa de mortalidade. A manutenção de maiores concentrações de O₂ na AM retarda a abertura da concha e aumenta sobrevivência. Misturas gasosas com alta concentração de oxigênio, acima de 50%, e sem dióxido de carbono, melhoram o período de sobrevivência de mexilhões vivos. No entanto, deve ser levado em consideração que

altos níveis de O₂ também pode levar ao aumento da oxidação e dureza da carne, descoloração e sabor desagradável (FRANK et al., 2017).

A temperatura de armazenamento tem maior influência na vida útil de MB vivo do que a concentração de O₂. Quando MB são armazenados em temperaturas inadequadas, o impacto negativo na vida útil é maior do que quando armazenados em baixas concentrações de oxigênio. Por exemplo, temperaturas mais altas (7°C) contribuem para maior taxa de mortalidade de mexilhões em menor tempo e diminui a vida útil (em torno de 5-6 dias) em comparação ao armazenamento a 2°C (BERNÁRDEZ, PASTORIZA, 2013).

Em outros estudos, nos quais o objetivo era preservar a qualidade dos bivalves frescos, o CO₂ desempenhou seu efeito bacteriostático contribuindo para o prolongamento da vida útil. Goulas et al. (2005) verificaram que mexilhões crus (*Mytilus galloprovincialis*) permaneceram aceitáveis por até 14-15 dias armazenados em 80%CO₂/20%N₂ a 4°C. Masniyom et al. (2011) apontaram que a concentração de 80%CO₂/10% O₂/10% N₂ foi a condição ideal para prolongar a vida útil do mexilhão verde cru (*Perna viridis*), que na temperatura de 4°C foi de 12 dias. Coton et al., (2013) mostraram que a carne crua de vieira (*Pecten maximus*) embalada com concentração de CO₂ >80% armazenada a 4°C, manteve a qualidade do produto até o 8º dia de armazenamento.

Portanto, a combinação de baixa temperatura de armazenamento (2-4°C) e alta concentração de oxigênio (50-80%) na AM é uma estratégia efetiva de extensão da vida útil do produto vivo. Por outro lado, atmosferas modificadas ricas em CO₂ foram utilizadas com sucesso na extensão da vida útil de moluscos desconchados. É importante salientar que a AM não melhora a qualidade inicial do produto, mantendo em condições ideais a qualidade do produto existente no momento da selagem da embalagem. Isso faz com que as condições de colheita, manuseio e processamento sejam determinantes para a qualidade do produto, como carga microbiana inicial, concentração de oxigênio, espécie, área de cultivo, tempo de armazenamento e condições higiênicas do processamento.

4.2 Alta pressão hidrostática

O princípio da alta pressão hidrostática (APH) consiste em aplicar níveis de pressão, através de um fluido pressurizado, ao produto acondicionado em embalagem

flexível ou não embalado (Figura 5). Uma vez acondicionados os produtos nos suportes dos sistemas de altas pressões, as câmaras de pressão são hermeticamente fechadas através de selos de alta resistência, permitindo apenas entrada de volume adicional do fluido de pressurização através de pistões e/ou bombas. A força com que pistão e/ou bomba atuam empurrando o fluido para dentro da câmara determinará a pressão transferida para o sistema (OLIVEIRA, 2018). Os tratamentos mais comuns usam níveis de pressão entre 100 e 600 MPa por um período que varia de alguns segundos a 10 a 15 minutos.

Figura 5. Processo de alta pressão hidrostática aplicada a MB



Fonte: <https://minipakr.com/blogs/news/how-high-pressure-processing-is-innovating-food-packaging>

Este processo envolve o efeito combinado de três parâmetros: pressão, temperatura e tempo (SEVENICH, RAUH, KNORR, 2016). Sua aplicação se baseia na capacidade da pressão modificar macromoléculas orgânicas (proteínas, lipídios e carboidratos) e, conseqüentemente, alterar atividade enzimática (ativar ou inativar de acordo com intensidade e tipo de enzima) e estruturas celulares que podem levar à inativação microbiana sem, no entanto, afetar moléculas menores como vitaminas e compostos de *flavour*, contribuindo para preservação do aspecto de frescor do alimento processado (TRUONG et al., 2015). De acordo com os fenômenos termodinâmicos que descrevem o processo, a pressão é transmitida ao alimento de forma instantânea e uniforme em toda a amostra, independente do formato, reologia ou tamanho. Não há gradiente de pressão em relação ao equipamento ou internamente à amostra, o que representa uma importante vantagem por prevenir ocorrência de subprocessamento. É

um processo energeticamente favorável uma vez que não exige aporte de energia adicional para sustentar a pressão alcançada (OLIVEIRA, 2018).

Dessa maneira, o uso de altas pressões hidrostáticas apresentam como maior vantagem o fato de promover conservação do produto, exibindo potencial para manutenção da aparência, sabor e textura o mais próximo do produto fresco. Apesar de haver discreto aumento da temperatura do alimento em função da transferência de calor adiabático (em água seria aumento de cerca de 3°C a cada 100 MPa), as temperaturas utilizadas no processo são a ambiente ou em torno de até 60°C, considerada uma tecnologia fria (não térmica) (HUANG et al., 2017).

O controle da inativação microbiana tem influência dos fatores inerentes ao processo, como os níveis de pressão e temperatura, tempo de exposição do produto, composição, morfologia da célula bacteriana, fase de crescimento do microrganismo (LEE et al., 2019; HUANG et al., 2019; CHRISTOFI et al., 2020).

Os benefícios observados se mostram dependentes da intensidade dos parâmetros de pressurização aplicados (tempo e pressão) e, principalmente, da espécie analisada. As pesquisas sugerem que a tecnologia é eficiente na conservação dos moluscos bivalves, sendo capaz de inativar enzimas autolíticas e reduzir microbiota deteriorante e patogênica, bem como inibir processos relacionados à atividade microbiana, como a produção de amins biogênicas e de compostos nitrogenados. No entanto, a partir de determinada intensidade de tratamento (variável de acordo com a espécie), tempo de processamento mais longo, alterações físicas e químicas podem ocorrer e causar alterações em importantes aspectos de qualidade, como a cor, textura, oxidação lipídica, variação de pH e perda de líquido exsudado (OLIVEIRA et al., 2017). Ademais é evidente que esta tecnologia não pode ser utilizada quando se pretende manter os moluscos vivos, sendo que um efeito do tratamento é causar a morte do animal e a abertura das valvas. Como desvantagens deste processo podem ser citadas a baixa produtividade e o elevado custo dos equipamentos.

Na Tabela 2 estão apresentados estudos que utilizaram a APH para extensão da vida útil e descontaminação de moluscos bivalves.

Tabela 2 – Estudos científicos com aplicação da APH na conservação de MB.

Autor/ano	Espécie	Matéria-prima	Tratamento	Melhor condição	Tempo aceitável (dias)	Amostra (controle)	Parâmetros avaliados
Cruz-Romero; Kelly;	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	ostra na concha	1) 260 Mpa/3 min; 2) 500 or 800 Mpa/5 min - T° (2°C)	500 Mpa de 5 min por 2°C	17	14	microbiológica (CVT, bactérias)

Kerry, 2008			- 21 dias				produtoras de H ₂ S, anaeróbicas)
Cruz-Romero; Kelly; Kerry, 2008	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra na concha	1) 260 Mpa/3min; 2) 400 Mpa/5min - gelo, vácuo e atmosfera modificada (40% CO ₂ , 60% N ₂) - 28 dias - T° (0°C)	400 Mpa com atmosfera modificada	28	15	Química (proteína, gordura, umidade, cinzas, AGL, proteína, pH, atividade enzimática da lisozima, atividade de protease, BVT, aminoácidos livres e oxidação lipídica) e microbiológica (CVT, bactérias anaeróbicas)
Ma, Su., 2011	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra na concha	- 293 MPa / 90, 120, 150, 180 e 210 segundos - T° (5°C) ou gelo - 24 dias	293 Mpa, 120 seg a 5°C 293 Mpa, 120 seg em gelo (0°C)	6-8 17	18	Microbiológico (<i>V. parahaemolyticus</i> , contagens aeróbicas totais e psicrotróficas, coliformes totais e fecais)
Mootian et al., 2013	Amêijoia (<i>Mercenaria mercenaria</i>)	Amêijoia com casca	- 250 Mpa 2, 4 e 6 min - 350 Mpa 2, 4 e 6 min - 450 Mpa 2, 4 e 6 min	- 450 MPa 6 e 4 min, - 350 MPa 6 min - redução >5 log	*	*	Microbiológico (<i>V. parahaemolyticus</i>), físicos (textura, cor, perda de volume e gotejamento, análise estrutural)
Bindu et al., 2015	Mexilhão (<i>Perna viridis</i>)	Mexilhão com casca	- 100, 200, 300 e 400 Mpa / 30°C - T° (2°C) - 5 min	300 Mpa	28	12	Químicos (pH, BVT, TBA, cor (L*, a*, b*), dureza, sensorial (cor, aparência, textura, sabor e odor) e microbiológico (contagem total de placas)
Rong; Ling, Qi, 2018	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra na concha	300 Mpa/2 min/ T (4°C) - 14 dias	300 Mpa	12	6-8	sensorial (odor, cor, fluido e textura), químico (BVT, TBA) e microbiológico (contagem aeróbica total)
Lin et al., 2022	Amêijoia (<i>Meretrix lusoria</i>)	Amêijoia com casca	- 200, 300, 400, 500 e 600 Mpa (20°C) - 3 min - 4°C - 15 dias	> 400 Mpa	15	6	aparência, taxa de expansão, umidade, proporção de descasque, químico (pH, BVT,) microbiológico (contagem total de placas, <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , coliformes e <i>E.coli</i>) e cor (L*, a*, b*)
Lingham et al., 2016	Ostra (<i>Crassostrea virginica</i>)	Ostra na concha	- 300, 450 e 500 Mpa - 25°C e 0°C - 2 min - 15 dias	300-450 a 0°C	15	8	químicos (pH, oxidação lipídica, desnaturação de proteínas, glicogênio, lipídeos totais e

							ácidos graxos), físicos (textura, rendimento) e microbiológicos (contagem de placas aeróbicas e psicrotróficas, Coliformes totais e fecais,
--	--	--	--	--	--	--	---

* não foi avaliado a vida útil (em dias).

Ma, Su (2011) verificaram que ostras processadas a 293 MPa por mais de 120 segundos armazenadas a 5°C ou gelo, tiveram vida útil de 6-8 dias ou 17 dias, respectivamente, com reduções (> 3,52log) de *V. parahaemolyticus* após a aplicação da APH. Portanto, é evidente que a vida útil dos moluscos após o processo é altamente dependente da condição de armazenamento. Notou-se que maior redução microbiana foi alcançada com o aumento do tempo de exposição das ostras à pressão de 293 MPa. Uma alternativa para aumentar a vida útil das ostras é processar as ostras a pressões superiores a 293 MPa ou a 293 MPa por mais tempo. No entanto, o processamento de ostras em altas pressões mais altas pode causar efeitos adversos nas características sensoriais. Um tempo de processamento mais longo reduzirá a eficácia do processamento e aumentará os custos de produção.

Outros autores apontaram que ostras processadas com 400 MPa / 5 min/ gelo e 500 Mpa / 5 min / 2°C tiveram vida útil de 21 e 17 dias, respectivamente (Cruz-Romero et al., 2008^a; Cruz-Romero et al., 2008b). Rong et al. (2018) utilizaram 300 MPa / 2 min / 4°C em ostras (*Crassostrea gigas*) e obtiveram vida útil de 12 dias.

Prapaiwong et al. (2009) indicaram que algumas espécies bacterianas (*V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* e *A. hydrophila*) sobreviveram em ostras após APH e posterior armazenamento em refrigeração, com exceção de *V. vulnificus*. Isto sugere que após o tratamento com APH, certas bactérias foram apenas lesadas e não foram capazes de crescer após o tratamento.

A eficácia da alta pressão na inativação de bactérias depende de parâmetros do processamento, como pressão, tempo de tratamento, temperatura, estado fisiológico do microrganismo, carga microbiana inicial, a remoção de lama e detritos visíveis na casca da ostra antes dos tratamentos de pressão também pode ajudar a reduzir as contagens bacterianas totais de ostras após a alta pressão. Em geral, as bactérias Gram-positivas são tipicamente mais resistentes ao tratamento de alta pressão do que as Gram-negativas devido às diferenças de sua membrana e composição química da parede celular (MA, SU, 2011).

O estudo de Bindu et al. (2015) verificou que mexilhões crus (*Perna viridis* Linnaeus, 1758) submetidos a 300 MPa / 5 min / 2°C promoveu aceitação do produto por até 28 dias. Mootian et al. (2013) expuseram amêijoas (*Mercenaria mercenaria*) a 450 Mpa / 4 min e 350 Mpa / 6 min, foi observado redução nas concentrações de *V. parahaemolyticus* abaixo do limite de detecção (<10 UFC/g) e alcançaram uma redução de >5 log. As condições de processamento de 450 MPa por 4 min e 350 MPa por 6 min reduziram a concentração inicial de *V. parahaemolyticus* a um nível não detectável (<10¹ UFC/g), alcançando reduções >5 log. As concentrações de *V. parahaemolyticus* foram reduzidas abaixo do limite de detecção (<10 UFC/g). As concentrações iniciais de *V. parahaemolyticus* estavam na faixa de 6,8 a 8,3 log UFC/g.

Lin et al., (2022) verificaram que APH \geq 400 MPa (3 min) foi eficaz para preservar a carne de Amêijoas (*Meretrix lusoria*) e prolongar a vida útil a 4°C. Com a pressão mais alta, observou-se a aparência mais brilhante e translúcida da carne de amêijoas, redução microbiana e inativação de *V. parahaemolyticus*. Além disso, APH acima de 300 MPa pode retardar a produção em bases voláteis totais (BVT) e diminuição de pH em carnes de amêijoas, enquanto o efeito no retardo do crescimento microbiano foi significativo em pressões mais altas (>400 MPa).

A APH mostrou grande potencial de aplicação como tratamento pós-colheita para MB e na inativação de patógenos. Essa tecnologia tem sido cada vez mais utilizada para o processamento comercial de MB, apesar dos custos, a APH traz benefícios ao produto como manutenção das características de frescor, aumento da vida útil, efeito uniforme, melhora da aparência e suculência. É necessário considerar que imediatamente após a pressurização alguns microrganismos podem ser danificados de forma subletal e, portanto, potencialmente poderiam se recuperar dependendo da cepa, da espécie e das condições ambientais (JOFRE et al. 2010). Por outro lado, fatores como pressões demasiadamente elevadas ou altas temperaturas de processo, podem afetar negativamente a qualidade podendo ocorrer alterações na cor, estrutura, textura e características sensoriais. Além disso, um tempo de processamento mais longo pode aumentar os custos de produção (MA; SU, 2011). Custos elevados de processamento e equipamentos continuam sendo os principais desafios para a ampla aplicação desta tecnologia.

4.3 Irradiação

O princípio da irradiação consiste em submeter o alimento a uma quantidade controlada de radiação ionizante, sendo absorvida parte ou toda a energia de radiação, quanto menor o comprimento da onda, maior o poder de penetração, cada dose de irradiação possui finalidade diferente, a quantidade de radiação depende do objetivo que se deseja alcançar, com finalidade de inibição do crescimento microbiano, com danos mínimos ao produto (RODRIGUES, 2019). São exemplos de radiação ionizante o raio X e gama (MARTINS, 2016). As doses dos alimentos irradiados são geralmente caracterizadas como baixas (menores que 1 QuiloGray (KGy), médias (1-10 KGy) ou elevadas (maiores que 10 KGy). A radiação ionizante gera íons positivos e negativos através da interação com as moléculas dos alimentos, transferindo energia por elétrons, essas cargas têm como consequência efeitos químicos e biológicos que impossibilitam a divisão celular nos microrganismos pela quebra de sua estrutura molecular (VENTURA et al., 2010). Muitos dos processos orgânicos que induzem o alimento à deterioração são interrompidos através da irradiação. Os mecanismos de interação da radiação ionizante com a matéria mais importantes são: efeito fotoelétrico, efeito Compton e produção de pares (NUNES, 2014).

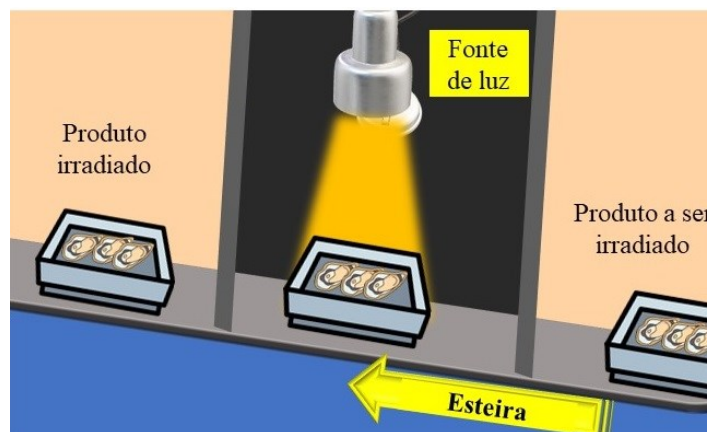
Nos irradiadores comerciais, esses alimentos são transportados dentro de caixas metálicas que são suspensas por um sistema de ganchos móveis ou também conduzidas por esteiras rolantes, que ficam expostos durante um tempo pré-determinado ao campo de radiação proveniente de uma fonte de cobalto-60 ou feixe de elétrons (PITIRINI, 2015).

Nos irradiadores comerciais, esses alimentos são transportados dentro de caixas metálicas que são suspensas por um sistema de ganchos móveis ou também conduzidas por esteiras rolantes, que ficam expostos durante um tempo pré-determinado ao campo de radiação proveniente de uma fonte de cobalto-60 ou feixe de elétrons (PITIRINI, 2015).

O processo de irradiação consiste em transportar o produto por meio de esteiras (Figura 6) em uma câmara, onde se tem uma fonte que emite radiação, o produto recebe a dose de irradiação por um período determinado, ao final do processo, o alimento sai da câmara também pela esteira. A fonte de radiação é monitorada e regulada por meio de um sistema eletrônico, manipulada por pessoas treinadas na parte externa do equipamento. A utilização de esteiras garante o correto posicionamento dos produtos para uma irradiação uniforme e eficiente, ajustes na velocidade da esteira

transportadora controlam o tempo de exposição do produto a fonte irradiadora. A fonte de radiação deve ser adequadamente protegida por blindagem para que não haja contato algum entre a fonte e o produto que está sendo irradiado; além disso, não deve tornar o produto radioativo (OLIVEIRA, 2015; MODANEZ, 2012).

Figura 6. Processo de irradiação em MB



Fonte: <https://foodmicrobiology.academy/2020/07/13/food-irradiation-is-safe/>

A umidade, temperatura, concentração de oxigênio e estado físico do alimento a ser irradiado influenciam no processo de irradiação, por essa razão são definidas metodologias próprias para cada alimento a ser processado, incluindo os diferentes níveis de doses de radiação (RODRIGUES, 2019). As alterações provocadas pela irradiação dependem da dose de radiação aplicada, temperatura e condições do meio (ausência ou presença de O_2), característica do produto, principalmente a quantidade de água (SOUZA, 2016).

As moléculas de água ao serem irradiadas passam pelo processo de radiólise, esse fenômeno dá-se quando há formação de radicais livres (radical hidróxido $OH\cdot$, elétrons hidratados e H^+) provenientes da água do alimento irradiado. A irradiação ao penetrar no tecido vivo, remove elétrons das moléculas da água, gerando íons altamente reativos. A presença de oxigênio produz radicais superóxidos (RODRIGUES, 2019). Estes radicais livres reagem entre si e com outras moléculas e são geralmente responsáveis pelo aroma e sabor desagradáveis no produto. A partir da formação desses radicais livres, estes reagem com o oxigênio para formar hidroperóxidos, que são produtos de oxidação primária. Os hidroperóxidos se decompõem em produtos de oxidação secundária, como aldeídos, cetonas, ácidos que

causam o *off flavor* e sabor. Ao mesmo tempo, novos radicais livres são formados, sendo essa uma reação em cadeia (CHIERENTIN, 2021).

O mecanismo de ação da radiação nos microrganismos tem relação com sua capacidade de lesar a célula, através da ionização (a capacidade do material irradiado em absorver a energia). A radiação ionizante afeta o DNA de modo direto ou de forma indireta pela aplicação de energia na água que envolve a formação de radicais primários, englobando íons de hidrogênio e elétrons livres. Ao absorver a radiação ionizante, o produto tem sua molécula de DNA afetada principalmente, modificações na membrana celular, prejudicando o transporte de substâncias fundamentais para a atividade celular, impacto sobre as enzimas e processos de síntese celular (RODRIGUES, 2019).

Essa tecnologia apresenta vantagens para conservação de MB, sua aplicação no produto já embalado, alterações mínimas são geradas na composição do produto, utilização de baixas doses são eficientes para conservação e aumento da vida útil e, por conseguinte expandir as possibilidades de comercialização. A irradiação apresenta limitações como alto investimento financeiro e rejeição do consumo de alimentos irradiado pelos consumidores, em alguns casos, relacionado à falta de informação sobre o processo de irradiação (SOUZA, 2016). Estudos que abordaram o uso da irradiação para extensão da vida útil de moluscos bivalves estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Estudos científicos com aplicação da irradiação para extensão da vida útil de moluscos bivalves.

Autor/ano	Especies	Matéria-prima	Tratamentos	Melhor condição	Tempo aceitável (dias)	Amostra controle	Parâmetros avaliados
Andrews et al., 2003	Ostra (<i>Crassostrea virginica</i>)	ostra na concha	- 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 e 3.0 kGy - 3/5°C - 21 dias	>1,0 kGy	21	15	microbiológicos (<i>Vibrio vulnificus</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>) e sensorial (aparência)
Mbarki et al., 2009	Amêijoa (<i>Ruditapes decussatus</i>)	ostra na concha	- 0.5 e 1 kGy - 5°C - 18 dias	1,0 kGy	15	6	microbiológicos (bactéria mesófila, coliformes totais, estafilococos, estreptococos fecais e <i>E. coli</i> mortalidade, químicos (amônia, ácidos graxos, proteínas)
Park et al., 2018	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>) e amêijoa (<i>Venerupis philippinarum</i>)	ostra e amêijoa desconchado cru	- Irradiação gama + NaOCl 1) 20, 40, 60 e 80 ppm (v=50ml) 2) 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 ou 2.0 kGy	0.9-1.1 kGy e 60 ou 80 ppm NaOCl	*	*	microbiológicos (<i>V. vulnificus</i>)

			- tratamento isolado e combinado				
			- 4° C				
Mahmoud, 2009	Ostra (<i>Crassostrea virginica</i>)	Ostra na concha inteira e meia concha	- 0,1, 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0 e 3,0 kGy - 7 dias - 5°C	3,0 kGy	7	*	mortalidade e microbiológica (<i>V. vulnificus</i>)
Wu et al., 2017	Ostra (<i>Crassostrea virginica</i>)	Ostra na concha viva	- 1, 2, 3, 4 e 5 kGy - 20 dias - 5°C	1,0 kGy	15	10	mortalidade, cor, firmeza, microbiológica (mesófilos, psicrotróficos, novovírus)

*não foi avaliado a vida útil (em dias).

Andrews et al. (2003) verificou redução de *V. vulnificus* (de 7 log) e *V. parahaemolyticus* (de 4 log) para níveis não detectáveis, com doses de 1 kGy e 1,5 kGy, respectivamente. *V. vulnificus* foi mais sensível à irradiação em comparação com *V. parahaemolyticus*. A irradiação $\leq 1,5$ kGy foi eficaz na redução de grandes concentrações de Vibrio a níveis não detectáveis, não desenvolveram alterações sensoriais no produto e manteve uma vida útil de boa qualidade por mais de 15 dias.

Mbarki et al. (2009) relataram que a irradiação de 1 kGy é a dose recomendada para o tratamento de amêijoas (*Ruditapes decussatus*) vivas, durante o armazenamento refrigerado (5°C) por 15 dias. Neste estudo, a mortalidade de amêijoas cresceu exponencialmente após o 18º dia e atingiu 100% no 21º dia. Baixas doses de irradiação proporcionaram redução de 1-3 log na composição microbiana, diminuição na excreção de amônia mantendo os perfis lipídicos e proteicos.

Park et al. (2018) trazem um método combinado de irradiação gama e hipoclorito de sódio (NaOCl), a associação de 60-80 ppm de NaOCl a 12% (diluído em água por 5 min sob agitação leve) e 2,0 kGy reduziu *V. vulnificus* em ostras e amêijoas frescas para níveis indetectáveis com valores de redução sinérgica de >2 log. Nesse estudo, os tratamentos combinados, utilizando NaOCl, foi realizado primeiro como desinfetante primário, seguido imediatamente por irradiação gama, como desinfetante secundário. Portanto, a combinação de irradiação gama e NaOCl pode ser uma abordagem potencial como processo pós-colheita de MB. No entanto, essa combinação de tratamento precisa ser avaliada quanto à inativação de outras bactérias.

Mahmoud (2009) verificou que as doses necessárias para reduzir a população de *V. vulnificus* em cultura pura, meia concha e concha inteira para o limite indetectável (< 10 UFC/ml ou g) foram alcançadas com raio-X de 0,75, 1,0 3,0 kGy, respectivamente. As doses necessárias para reduzir a população de *V.*

parahaemolyticus em cultura pura, meia concha e concha inteira para o limite indetectável (< 10 UFC/ml ou g) foram alcançadas com raio-X de 1,0, 2,0 e 5,0 kGy, respectivamente. A sobrevivência das ostras tratadas com raio-X não foi afetada mesmo com a maior dose de 3,0 kGy de raio-X com armazenamento a 5°C por 7 dias.

Da mesma forma, Wu et al. (2017) verificaram que a sobrevivência de ostras vivas (*Crassostrea virginica*) foi de 15 e 10 dias, quando irradiadas por raio-X de 1,0 e 5,0 kGy, armazenadas em refrigeração (5°C). A sobrevivência média diminuiu durante o armazenamento com doses mais altas de irradiação por raio-X.

A demanda do mercado consumidor por produtos com características de produtos seguros e minimamente processados torna necessária a busca de alternativas com outras radiações ionizantes. A irradiação com raio-X é uma alternativa que apresenta certas vantagens em relação a outras irradiações ionizantes, como os raios gama. Por exemplo, o radiador de raio-X não possui compostos radioativos, apresentando assim uma alternativa sustentável à radiação gama (MAHMOUD, 2009).

4.5 Ozônio

O ozônio é um gás incolor, instável e parcialmente solúvel em água, fortemente oxidante. É um agente desinfetante com ação sobre uma grande variedade de microrganismos, incluindo bactérias, vírus e protozoários. Na indústria, o ozônio (O₃) é geralmente produzido utilizando o método de descarga corona, é formado por um fluxo de gás seco contendo oxigênio (vetor de gás), que flui através de uma fina abertura separando dois eletrodos metálicos; pelo menos um dos eletrodos é coberto por um material dielétrico, tensões alternativas são aplicadas entre os dois eletrodos, essas tensões geram descargas elétricas filamentosas entre os dois eletrodos que dissociam o gás e geram um “plasma frio” instável e fortemente ionizado. Moléculas de O₂ são divididas no gás, resultando na formação de átomos de oxigênio, buscando estabilidade, estes se ligam a outras moléculas de O₂ para formar ozônio O₃ (SARRON et al., 2021).

O ozônio é muito instável tanto na fase gasosa quanto em solução, decompondo-se em radicais hidroxil (OH), hidropéroxido (\cdot HO₂) e superóxido (O₂⁻). Sua reatividade é atribuída ao alto poder oxidante dos radicais livres. O nível de inativação microbiana varia de acordo com o pH, temperatura e quantidade de matéria orgânica que envolve as células microbianas. A ação antimicrobiana é baseada pela oxidação progressiva de

componentes celulares vitais, na ação do oxigênio singlete, que oxida as ligações duplas encontradas na célula e danifica o DNA (ROSENBLUM et al., 2012).

O O_3 pode ser aplicado de duas maneiras, na forma gasosa quando adicionado continuamente ou intermitentemente à atmosfera de armazenamento do produto e aquoso quando adicionado imediatamente após a colheita ou durante o tratamento por lavagem. Neste último caso, o produto pode ser lavado em água contendo ozônio dissolvido por pulverização, enxágue ou imersão (figura 7) (RONG et al., 2010).

Figura 7. Aplicação de ozônio na conservação de MB



Fonte: <https://www.superaquaholding.com/index.php/en/tech-transfer-en.html>

Na presença de matéria orgânica, o O_3 pode oxidar ou ionizar um substrato ou se decompor em oxigênio e radicais livres. O ozônio não é universalmente benéfico e, em alguns casos, pode promover a deterioração oxidativa dos alimentos, oxidação da superfície, descoloração ou desenvolvimento de odores indesejáveis.

Estudos têm demonstrado o efeito bactericida do ozônio em uma ampla variedade de microrganismos, incluindo bactérias Gram-negativas e Gram-positivas. As bactérias Gram-negativas são mais sensíveis ao ozônio em comparação com as Gram-positivas, devido sua estrutura celular, pois possuem menos peptídeo glicano em sua parede celular (SILVA et al., 2011).

O O_3 em si não é tóxico em baixas concentrações, contudo, alterações podem ocorrer em componentes nutricionais, o O_3 é um forte oxidante, pode causar oxidação

lipídica em MB, a extensão da oxidação está relacionada ao teor de lipídios e o tempo de exposição ao O₃. Pode reagir com proteínas dos MB causando clivagem de ligações peptídicas e uma série de modificações na cadeia lateral de aminoácidos. As moléculas de proteína sofrem alterações em seu dobramento visual e capacidade de ligação que influenciam sua funcionalidade. Assim, o ozônio deve ser cuidadosamente dosado para evitar reações indesejáveis no produto. Por outro lado, sua forte capacidade oxidante está relacionada com sua capacidade de destruição de compostos orgânicos responsáveis pelo sabor e odor desagradáveis em MB, certamente todos esses efeitos estão relacionados com a concentração do gás a ser utilizado na conservação do produto (DHILIPKUMAR, GANDHI, KARTHIKA, 2020; PÁRDIO-SEDAS, 2015).

Estudos mostram (tabela 4) a aplicação de ozônio e produtos naturais na conservação de MB.

Tabela 4 – Estudos científicos com aplicação do ozônio e água eletrolisada na conservação de MB.

Autor/ano	Especies	Matéria-prima	Tratamentos	Melhor condição	Tempo aceitável (dias)	Amostragem controle (dias)	Parâmetros avaliados
Manousaridis et al., 2005	mexilhão (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	Mexilhão desconchado	- 1 mg/l O ₃ / 60 e 90 min - 12 dias - embalado a vácuo e sob refrigeração; - 4°C	90 min	12	9	microbiológicos (contagem de placas aeróbicas, <i>Pseudomonas</i> spp., bactérias produtoras de H ₂ S, <i>Brochothrix thermosphacta</i> , BAL, <i>Enterobacteriaceae</i>), químicos (TMA, BVT, TBA, pH), sensorial (odor, sabor, textura)
Rong et al., 2010	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra desconchada	- água ozonizada (5.0×10 ⁻⁶ g/l por 2 min) - quitosana (5.0 g/l por 10 min na proporção de 1:2 (p/v) - tratamento combinado (água ozonizada + quitosana) - 22 dias / 5°C	Tratamento combinado	20-21	8-9	microbiológicos (contagem de placas aeróbicas), químicos (pH, BVT) e sensorial (odor, cor, textura e fluido)
Chen et al., 2014	Ostra (<i>Crassostrea plicatula</i>)	Ostra desconchada	- 1, 3, 5, 7, 9 e 11 mg/l de O ₃ em 10 min - proporção de 1:6 p/v - 30 dias	9 mg/L de O ₃	20-25	5-10	microbiológicos (contagem total de placas aeróbicas), química (BVT, TBA) e cor (L*, a*, b*)
Al-Qadiri et al., (2016)	Amêijoia (<i>Venerupis philippinarum</i>) e mexilhão azul	Amêijoia e mexilhão vivos	- Água eletrolisada ácida com concentraçã	Água eletrolisada ácida com concentraçã	*	*	Microbiológicos (<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>A. hydrophila</i> , <i>V.</i>

	(<i>Mytilus edulis</i>)		o de cloro 10 e 20 mg/L - Tempo: 1 e 2 horas	o de cloro com 20mg/L em 2 horas			<i>parahaemolyticus</i> e <i>C. jejuni</i>)
Tantratian, Kaepfen (2020)	ostras (<i>Saccostrea comercialis</i>)	Ostra desconchada	- água eletrolisada levemente ácida (0, 20, 40, 60, 80 e 100 ppm de cloro) por 30 min a 4°C - solução de 5 µg mL ⁻¹ de EGCG - 13 dias	água eletrolisada levemente ácida com 60 ppm de cloro e 5 µg mL ⁻¹ de EGCG	13	7	químicos (pH, cor, base volátil total- nitrogênio e força de corte, BVT), microbiológico (CVT, <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> e BAL, <i>Salmonella</i> spp.) e cor (L*, a*, b*)

Manousaridis et al. (2005) mostraram que o efeito da ozonização foi mais evidente com um tempo de processamento mais longo em mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*) imersos em água saturada com gás ozônio. O prazo de validade de 12 dias foi obtido para os mexilhões embalados a vácuo ozonizados por 90 minutos, comparados com o prazo de validade de 9 dias para a amostra controle, mantida a 4°C.

Foi verificado neste estudo, que dentre os três atributos sensoriais (odor, sabor e textura) analisados, foi mostrado um padrão semelhante de aceitação decrescente, diminuíram com o tempo de armazenamento refrigerado. Foram utilizadas amostras cozidas para análise sensorial, o limite de aceitabilidade de odor e sabor foi alcançado após 9 dias para as amostras controle (amostra de mexilhão recém-descongelada, armazenada a -30°C durante todo o experimento) e ozonizadas por 60 min e de 12 dias para as amostras ozonizadas por 90 min.

Rong et al. (2010) mostraram que a vida de útil de ostras (*Crassostrea gigas*) pode ser estendida consideravelmente com tratamento combinado com água ozonizada e quitosana. Nesse estudo, as ostras foram imersas em soluções de água ozonizada concentração de ozônio de $5,0 \times 10^{-6}$ g/l por 2 min e na solução de quitosana (em água estéril) na concentração de 5,0 g/l por 10 min, as ostras foram conservadas por até 20-21 dias a 5°C. Quanto a análise sensorial, a partir do 4º dia, foi detectada uma queda acentuada na amostra controle e um escore de frescor inaceitável foi alcançado no 10º dia. As amostras tratadas com água ozonizada ou quitosana permaneceram aceitáveis até 12 e 15 dias, respectivamente, enquanto as amostras com tratamento combinado tiveram 21 dias de validade.

Chen et al. (2014) determinaram que a vida útil das ostras cruas (*Crassostrea plicatula*) tratadas com ozônio (9 mg/L O₃) que foi de 20 a 25 dias, enquanto a amostra controle foi de 5 a 10 dias, ambas armazenadas em refrigeração (4°C). Estes estudos

confirmam que o tratamento com O₃ isolado ou combinado pode efetivamente prolongar a vida útil e manter a qualidade de MB.

O tratamento com O₃ retardou as alterações e prolongou a vida útil de MB sob armazenamento refrigerado. A maioria dessas abordagens combinando ozônio com outra técnica é promissora porque aumenta potencialmente o efeito antimicrobiano e pode inibir o crescimento microbiano e de reações indesejáveis após tratamento com ozônio.

A água eletrolisada ácida é um método de tratamento pós-colheita não térmico, pode ser usada para controlar a contaminação bacteriana em MB. Al-Qadiri et al., (2016) verificaram que ao utilizar água eletrolisada com concentração de cloro de 20 mg/L por 2 horas mostrou a maior atividade inibitória do crescimento microbiano (*E. coli*, *L. monocytogenes*, *A. hydrophila*, *V. parahaemolyticus* e *C. jejuni*) comparada ao tratamento com 10 mg/L de cloro, em ambos MB (amêijoas e mexilhões) analisados. A água eletrolisada com concentrações de cloro de 10-20 mg/L por 2 horas pode ser usado para reduzir a contaminação bacteriana em moluscos e mexilhões vivos, o que pode ajudar a controlar possíveis práticas anti-higiênicas durante a produção e processamento de mariscos sem alterações aparentes na qualidade.

Tantratian, Kaephen (2020) resultados mostraram que a água eletrolisada levemente ácida com 60 ppm de cloro reduziu o número de bactérias contaminadas com pequena alteração das propriedades físico-químicas da ostra. A imersão da carne da ostra em 5,0 µg/mL⁻¹ de epigallocatequina-3-galato (EGCG) sob temperatura de refrigeração (4°C) por 13 dias proporcionou a contagem bacteriana total viável inferior a 6 log, considerada de boa qualidade microbiana e valores indetectáveis para *E. coli*, *Salmonella* spp. e *V. parahaemolyticus*.

A água eletrolisada ácida envolve a eletrólise de água deionizada contendo cloreto de sódio, é produzida no eletrodo positivo (ânodo) com um pH de < 3,5, um potencial de oxidação-redução >1000 mV e concentração de cloro disponível de 10-250 mg/L, estes parâmetros dependem da concentração de cloreto de sódio, tempo de eletrólise e fluxo de água na câmara de eletrólise (OVISSIPOUR et al., 2015).

4.6 Produtos naturais

O uso de produtos naturais como conservantes para MB tem sido amplamente utilizado através da adição de ácidos orgânicos (lático, cítrico), extrato de chá verde,

extrato de semente de uva, óleos essenciais, quitosana, dentre outros aditivos, coadjuvantes ou ingredientes naturais na extensão da vida útil. Na Tabela 5, são apresentadas pesquisas sobre a aplicação de alguns produtos naturais para a conservação de MB.

Tabela 5. Estudos científicos com aplicação dos produtos naturais na conservação de MB.

Autor/ano	Especie	Matéria-prima	Tratamentos	Melhor condição	Tempo aceitável (dias)	Amostragem (dias)	Parâmetros avaliados
Chen et al., 2014	Ostra (<i>Crassostrea plicatula</i>)	Ostra desconchada	- 1, 3, 5, 7, 9 e 11 mg/l de O ₃ em 10 min - proporção de 1:6 p/v - 30 dias	9 mg/L de O ₃	20-25	5-10	microbiológicos (contagem total de placas aeróbicas), química (BVT, TBA) e cor (L*, a*, b*)
Cao, Xue, Liu, 2009	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra desconchada	- quitosana (5,0 g/L por 10 min) - 18 dias - 5°C	solução de quitosana (5,0 g/L)	15	8-9	microbiológicos (contagem de placas aeróbicas) químicos (pH, BVT) e sensorial (odor, cor, textura e fluido)
Terzi, Gucukoglu, 2010	Mexilhão (<i>Mytilus sp.</i>)	Mexilhão desconchado	- 0,5, 1, 1,5 ou 2% de ácido láctico - 0,05, 0,1, 0,25 ou 0,5% de quitosana (v/v) - 5, 15, 30 ou 60 minutos - T° ambiente	> 1,5-2% por 15 min de ácido láctico ou > 0,5% de quitosana por 5 min	*	*	microbiológicos (<i>V. parahaemolyticus</i>)
Xi, Liu, Su, 2012	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra desconchada	- 18 dias a 5°C - 10% extrato de chá verde por 2 horas em T° ambiente	Extrato de chá	18	8	microbiológico (<i>V. parahaemolyticus</i> , bactérias totais e psicrotróficas)
Terzi et al., 2013	Mexilhão (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	Mexilhão desconchado	- 11 dias - 4°C - quitosana (0.5%) - ácido láctico (0.5%)	- quitosana (0,5%) - ácido láctico (0.5%)	7	4	químicos (pH, histamina, BVT, TBA, TMA) microbiológicos (bactérias mesofílicas e psicrotróficas aeróbicas, lactobacilos, <i>Enterobacteriaceae</i> , coliformes) e sensorial (aparência, odor, cor e textura)
Mahmoud, 2013	Ostra (<i>Crassostrea virginica</i>)	Ostra descochada	- 20 dias / 5°C/ 10 min - extrato de semente de uva (500 mg ml ⁻¹)	150 mg/ml ⁻¹ ácido láctico	15	*	microbiológicos (psicrotróficos, mesófilos e <i>V. vulnificus</i>)

			ácido cítrico (300 mg ml ⁻¹) ácido láctico (150 mg ml ⁻¹)				
Liu et al., (2016)	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra desconchada	- curcumina (10 µM) - luz azul (470 nm) de 5.4 J/cm ² - 4°C - 14 dias	- curcumina (10 Um) - irradiado com luz azul (470 nm)	12	8	químicos (BVT), microbiológicos (contagem em placas aeróbicas), sensorial (odor, cor, aparência do muco, textura, filamentos branquiais e músculo da concha)
Wu et al., (2016)	Ostra (espécie não divulgada pelos autores)	Ostra desconchada	- fonte de luz LED (470 nm) com densidade de energia de 3,6 J/cm ² - curcumina (5,10 e 20 µM)	concentraçã o de curcumina de 10 µM	*	*	microbiológicos (<i>V. parahaemolyticus</i>)
Shen, Su, (2017)	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra na concha viva	- 1,0 e 1,5 % de extrato de semente de uva - 12,5°C - 5 dias	- 1,5 % de extrato de semente de uva	*	*	microbiológica (<i>V. parahaemolyticus</i>)
Xi, Su (2011)	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra na concha viva	<i>Lactobacillu s plantarum</i> ATCC 8014	- <i>L. plantarum</i> (10 ⁷ UFC/ml) - 5 dias - 10 e 15°C	5 (10°C)	2 dias a 15°C 0 dia a 10°C	Microbiológico (BAL, <i>V. parahaemolyticus</i>) e mortalidade
Pereira et al., (2016)	Berbigão (<i>Cerastoderma edule</i>)	Berbigão vivo	Bacteriófag o: phSE-2, phSE-5 e coquetel de fagos phSE- 2/phSE-5 - MOI: 0,1, 1, 10 e 100 - 12 horas de incubação - 16°C	phSE-5 por 6 horas	*	*	Microbiológico (<i>S. Typhimurium</i> , <i>Salmonella</i> spp)
Jun et al., (2014)	Ostra (<i>Crassostrea gigas</i>)	Ostra desconchada	Bacteriófag o (fago), pVp-1 (100 µl) - 12 horas - 22°C	Bacteriófag o (fago), pVp-1 (100 µl)	*	*	microbiológico (<i>Vibrio parahaemolyticus</i>)
Rong et al., (2014)	Ostras (<i>Ostrea plicatula</i>)	Ostra viva	bacteriófago VPp1 - 22, 20, 16 e 12°C - 36 horas - MOI: 10, 1 e 0,1	16°C e MOI 0,1	*	*	microbiológico (<i>V. parahaemolyticus</i>)
Luo et al., (2022)	Ostras	Ostra desconchada	Óleo essencial de orégano - 0 (controle), 0,03%, 0,06% e	0,09%	*	*	Microbiológico (<i>V. vulnificus</i>)

			0,09% de óleo - 25°C - 10 horas				
Masniyom , Benjama, Maneesri, 2012	Mexilhão (<i>Perna viridis</i>)	Mexilhão desconchado	- óleos essenciais: 1) 0,5 % de cúrcuma; 2) 0,5% de capim-limão 3) 0,25% de cada óleo - 4°C - 15 dias	0,5% de óleo de capim-limão	15	6	físicos (perda de exsudato), químicos (BVT, amônia, peptídeos solúveis em ácido tricloroacético, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), microbiológicos (bactérias mesofílicas e psicofílicas) e sensorial (odor, sabor)

4.6.1 Quitosana

Cao et al. (2009) mostraram que uma concentração de quitosana de 5,0 g/L aplicada na conservação de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*) aumentou a vida útil de 8-9 dias para 14-15 dias armazenadas em refrigeração (5°C), com base em dados microbiológicos, bioquímicos e sensoriais. Nesse contexto, Terzi, Gucukoglu (2010) verificaram que o tratamento combinado de quitosana e ácido láctico utilizados na descontaminação de mexilhões (*Mytilus sp*) crus inibiram completamente o crescimento de *V. parahaemolyticus* após imersão em ácido láctico (1,5-2%) por 15 min e quitosana (0,5%) por 5 min. Terzi et al. (2013) verificaram que a quitosana (0,5%) e ácido láctico (0,5%) foram utilizados como agentes de pré-tratamento na conservação da carne crua de mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*). A vida útil dos mexilhões armazenados a 4°C foi limitada a 4 dias no grupo controle, enquanto os mexilhões pré-tratados com ácido láctico e quitosana podem ser armazenados por 6-7 dias. A quitosana foi mais eficaz na redução das cargas bacterianas do mexilhão do que o ácido láctico.

A quitosana é obtida através do processo de desacetilação da quitina (polímero linear de β -1,4-N-acetilglucosamina), por meio de tratamentos químicos (com bases fortes e ácidos) ou processos microbiológicos (utilizando *Mucor* e *Zygomycetes*), que resultam na desmineralização e desproteínização da carapaça de crustáceos (BAPTISTA, HORITA, SANT'ANA, 2020). A quitosana possui propriedades antimicrobianas e antioxidantes associadas a outras características de biodegradabilidade, biocompatibilidade e não toxicidade. A atividade antimicrobiana da quitosana está associada ao seu grau de desacetilação, peso molecular, concentração e viscosidade (SUDATTA et al., 2020). Tem sido relatado que a carga catiônica da

quitosana pode interagir eletrostaticamente com os lipopolissacarídeos na membrana externa de bactérias gram-negativas ou à capacidade de formar um filme ao redor da célula e, conseqüentemente, inativar microrganismos (Alfei et al. 2020). O ácido láctico é considerado um agente de desintegração de membrana que pode induzir a liberação de lipopolissacarídeo e danificar a membrana externa de bactérias gram-negativas, incluindo *Vibrio* spp (Li et al., 2018).

4.6.2 Inativação fotodinâmica com curcumina

Liu et al. (2016) utilizaram o método de inativação fotodinâmica (IFD) mediado por curcumina em ostras frescas (*Crassostrea gigas*), o tratamento estendeu a vida de prateleira para até 12 dias em refrigeração (4°C). Wu et al., (2016) verificaram que a ação fotodinâmica mediada pela curcumina pode inativar células de *V. parahaemolyticus* a um nível não detectável na concentração de 10 e 20 µM, com redução de aproximadamente 5 log UFC/g de carne de ostra.

A IFD é uma técnica que se baseia na ocorrência de reações fotofísicas e fotoquímicas não térmicas, necessitando de luz e fotossensibilizadores (FS) na presença de oxigênio (PENHA et al., 2017). A reação da IFD envolve o uso de três componentes: um FS, uma fonte de luz e o oxigênio molecular presente na célula a ser tratada ou inativada. O princípio está baseado em que os FS podem ser ativados em certos comprimentos de onda para produzir espécies reativas de oxigênio (ROS) com forte oxidação, de modo a inativar células malignas e microrganismos patogênicos (JIANG et al., 2014). As vantagens da inativação fotodinâmica são que ele não produz produtos químicos tóxicos, a única energia necessária é a fonte de luz e a possibilidade de causar resistência microbiana é baixa (ZHU, 2021). A luz visível no comprimento de onda apropriado é usada para excitar a molécula de FS para produzir radicais (reação tipo 1) ou gerar oxigênio singleto (reação tipo 2) (BALTAZAR et al., 2015; FIDLER, 2020).

A luz deve ter um comprimento de onda específico e um nível baixo de energia, que consiga ser absorvido pelo FS (TEMBA et al., 2016). Os principais parâmetros da luz envolvidos na inativação IFD são: a potência, que é a energia capaz de provocar maior ou menor reação fotodinâmica; irradiância, é através do controle de irradiância que o operador pode gerar fotoativação; a densidade de energia, que é a taxa de energia que está sendo aplicada no tecido e o comprimento de onda, que define a profundidade

de penetração da luz (MEISEL; KOCHER, 2005). Os FS devem ser biologicamente estáveis, fotoquimicamente ativo, possuir alto rendimento quântico (facilidade para absorver ou emitir fótons) nos estados tripleto ou singleto e minimamente tóxico para os tecidos do organismo. A escolha do FS está associada com suas propriedades físico-químicas e com o sistema biológico em que irá atuar. Existem diferenças estruturais entre as células de diferentes microrganismos, que influenciam o modo que o FS interage com a célula e a eficácia da IFD (ALVES et al., 2015; PENHA et al., 2017).

FS refere-se a um tipo de substância química que pode absorver fótons em reações fotoquímicas e transferir energia para moléculas específicas para permitir que elas participem de reações químicas. A reação fotodinâmica é uma série de processos físicos, químicos e biológicos conduzidos por luz ultravioleta (200–380 nm), luz visível (380–760 nm) ou luz infravermelha próxima (760 nm–0,002 mm) e desencadeada pela desexcitação de FS excitados em tecidos biológicos (ALVES, 2015; ZHU, 2021).

Durante o uso da curcumina como antimicrobiano natural, verificou-se que quando realizado sob uma fonte de luz, poderia causar danos e lesões às células microbianas. A interação fotoquímica entre FS não tóxico: curcumina e a luz visível em um comprimento de onda apropriado, na presença de oxigênio gera substâncias citotóxicas, causando danos às células microbianas (AL-ASMARI; MEREDDY; SULTANBAWA, 2018).

A IFD pode causar lesões subletais nas células, devido à matriz alimentar fornecer subsídios para o crescimento microbiano, protegendo-os da irradiação e as camadas de gordura da superfície do produto, como provável agente protetor (GHATE et al., 2019), porém as células danificadas podem ser reparadas e se proliferar, contudo, associar esta técnica a curcumina (produto natural) vem no intuito de potencializar o sistema.

4.6.3 Extrato de chá verde

Extratos de chá podem ser utilizados na preservação de moluscos bivalves. Xi, Liu, Su (2012) verificaram que as ostras tratadas com extrato de chá (10% de extrato de chá contendo 9,1 g/l) em temperatura ambiente por 2 h seguidas de armazenamento em extrato de chá a 5°C teve uma vida útil de 12 ou 18 dias e reduziu os níveis de *V. parahaemolyticus* para 3,9 log MPN/g (redução de 0,8 log). Esses resultados indicam

que o armazenamento de ostras em extrato de chá retardou o crescimento de bactérias e aumentou a vida útil de ostras sem casca armazenadas em temperatura de refrigeração.

O chá verde apresenta uma grande quantidade de flavanoides em sua constituição, os flavanois entre 30-40 % do peso seco das folhas. As catequinas (flavanois) e seus derivados são os principais componentes fenólicos, e seus níveis variam de acordo com o grau de oxidação e/ou fermentação do processo de produção. A epigallocatequina-3-galato é a principal (50-70%) das catequinas presentes no chá verde, foi relatado como o principal composto que contribui para a atividade antibacteriana (OKLA et al., 2017). Pode ser usado para retardar o crescimento de bactérias deteriorantes e inibição de patógenos, especialmente na redução de *V. parahaemolyticus* em ostras armazenadas em temperatura refrigerada (XI, LIU, SU, 2012).

As propriedades antioxidantes de chá verde vêm sendo relatadas na literatura. O grupo hidroxila, presente nos polifenóis do chá, pode interromper a cadeia de oxidação lipídica, no estágio de propagação, através da doação de átomos de hidrogênio que vão estabilizar os radicais livres (SUNDARARAJAN et al., 2011). A adição direta de extratos e catequinas de chá verde vem sendo estudada e apresenta resultados positivos em relação ao aumento da vida útil, retardação de processos oxidativos e redução na formação de compostos como aminas biogênicas e acrilamida (SONCU; KOLSARICI, 2017; JAYAWARDANA et al., 2019). Ainda assim, estudos são necessários para investigar os efeitos dos tratamentos com extrato de chá verde nos atributos sensoriais e identificar compostos individuais no extrato de chá que contribuem para propriedades antimicrobianas em moluscos bivalves (LI et al., 2012).

4.6.4 Probióticos

Xi, Su (2011) verificaram que probióticos *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014, exibiu efeito bactericida contra *Vibrio parahaemolyticus* adicionado à água do mar artificial para depuração de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*) inoculadas com *V. parahaemolyticus* a níveis de 10^4 NMP/g a 15 ± 1 e $10\pm 1^\circ\text{C}$. O tratamento com *L. plantarum* (10^7 UFC/ml) não aumentou as reduções de *V. parahaemolyticus* em ostras depuradas a 15°C , mas diminuiu significativamente ($p < 0,05$) os níveis de *V. parahaemolyticus* em ostras depuradas a 10°C após 5 dias quando comparado com os

controles. A conservação da ostra em temperatura mais baixas (10°C) promoveu reduções de *V. parahaemolyticus* de 3,40 e 2,75 log NMP/g no grupo de tratamento e no grupo controle, o que indicou que a aplicação de bactérias lácticas em depuração em baixas temperaturas poderia aumentar as reduções de *V. parahaemolyticus*. Todas as ostras sobreviveram durante a depuração da água fria (10°C) por cinco dias. *L. plantarum* ATCC 8014 pode ser aplicado à depuração de ostras a baixa temperatura para aumentar as reduções de *V. parahaemolyticus*.

4.6.5 Ácidos orgânicos

Mahmoud (2013) verificou que ostras frescas (*Crassostrea virginica*) desconchadas, imersas em soluções de 150, 300 ou 500 mg/mL⁻¹ de ácido láctico, ácido cítrico e extrato de semente de uva, respectivamente, foram os tratamentos necessários para inibição de *V. vulnificus*. As populações de psicrotólicas e bactérias mesofílicas nas amostras tratadas com 150 mg ml⁻¹ de solução de ácido láctico permaneceram indetectáveis (<1,0 log UFC g⁻¹) por 15 dias e 2,3 e 2,5 log UFC g⁻¹, respectivamente, no 20º dia de armazenamento. O ácido láctico apresentou uma atividade antimicrobiana mais forte, enquanto o ácido cítrico possui ação quelante, acidulante e sinérgica de antioxidantes primários, apresenta efeitos antibacterianos e previne oxidação lipídica (SALLAM, 2007; MANTHEY-KARL et al., 2015). O ácido láctico pode atuar como um permeabilizador e romper a membrana externa das bactérias Gram-negativas, de modo que o próprio ácido láctico ou outros compostos antibacterianos possam entrar na célula para exercer efeitos antibacterianos (XI, SU, 2011).

Shen, Su (2017) verificaram que a adição de extrato de semente de uva a água do mar artificial irradiada por UV em uma concentração de 1,5% (3,1 mg/mL de conteúdo fenólico total como equivalentes de ácido gálico) para depuração a 12,5°C reduziu o tempo (de 5 para 2 dias) de processamento necessário para alcançar reduções > 3,52 log de *V. parahaemolyticus* em ostras devido à atividade antimicrobiana do extrato de semente de uva.

O mecanismo de inibição de microrganismos por ácidos orgânicos está relacionado a vários fatores, incluindo redução do pH, proporção da forma não dissociada do ácido, comprimento da cadeia e grau de ramificação (LI et al., 2012; MAHMOUD, 2013).

4.6.6 Bacteriófagos (fagos)

O desenvolvimento e avaliação de novas estratégias, sem efeitos adversos sobre os bivalves, para reduzir a concentração de patógenos humanos em bivalves é essencial. Uma das mais promissoras é a associação do biocontrole de fagos (aplicação de fagos líticos para prevenir e/ou tratar infecções bacterianas) ao processo de depuração. Os fagos, que são vírus que infectam bactérias, têm sido usados como agentes terapêuticos ou profiláticos para controlar infecções bacterianas, esses vírus são alvo-específicos, auto-replicantes, rapidamente bactericidas e não alteram as propriedades normais dos alimentos (PEREIRA et al., 2017, RONG et al., 2014).

Pereira et al. (2016) mostraram que a utilização do bacteriófago (ou fago) único ao invés do coquetel de fagos foi mais eficaz na inativação de *S. Typhimurium* durante a depuração do berbigão com MOI (0,1), houve redução de 0,9 e 2,0 log UFC/g de *Salmonella* spp. após 4 e 6 horas de tratamento. Uma vez que o processo de depuração foi realizado sem fago, foi necessário um tratamento de 6 h para obter uma redução de 1,1 log UFC/g de *Salmonella* spp.

O MOI de 0,1 apresentou melhor desempenho, uma baixa razão MOI é vantajosa para a produção e comercialização em larga escala de produtos de fagos, uma vez que reduziria o custo de preparação, purificação e aplicação de produtos de fagos (PEREIRA et al., 2016).

Rong et al., (2014) verificaram que o bacteriófago VPp1 foi capaz de reduzir *V. parahaemolyticus* em aproximadamente 2,76 log UFC/g, diferente da redução de 1,82 log UFC/g observada nos controles (grupo não tratado) durante depuração a 16°C com MOI 0,1 por um período de 36 h. Jun et al. (2014) avaliaram que o bacteriófago (fago) pVp-1 foi eficiente contra *V. parahaemolyticus*, o crescimento bacteriano foi adequadamente inibido com redução de $1,44 \times 10^6$ UFC/ml (grupo controle) a 1,94 UFC/ml (grupo de tratamento). A aplicação bem-sucedida de fagos para reduzir bactérias patogênicas em ostras artificialmente contaminadas depende de muitos fatores, como tempo de incubação com fagos durante a depuração, temperatura de depuração, concentração bacteriana usada para infectar bivalves alvo e concentração de fago administrado para inativar as bactérias nos bivalves. A eficácia do biocontrole de fagos para controlar bactérias patogênicas em bivalves depende da sobrevivência e viabilidade viral na água do mar durante a depuração.

A aplicação de suspensões de fago único de phSE-2 e phSE-5 e coquetel de fagos phSE-2/phSE-5 pode ser empregada com sucesso para inativar *Salmonella* spp. em berbigão durante a depuração, especialmente se o fago phSE-5 for usado individualmente e um MOI baixo for empregado. No geral, esta abordagem tem o potencial de reduzir o tempo de depuração e aumentar a eficiência deste processo, conseqüentemente possuindo o potencial de reduzir os custos de produção e melhorar a segurança e qualidade dos bivalves para consumo humano.

4.6.7 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são líquidos oleosos aromáticos obtidos de material vegetal, incluindo capim-limão e cúrcuma, as propriedades antimicrobianas dos óleos são atribuídas principalmente aos seus compostos fenólicos, carvacrol e timol. Nos últimos anos, uma variedade de óleos essenciais de plantas naturais, ecologicamente corretos e seguros têm atraído grande atenção devido aos seus bons efeitos antibacterianos (FALLEH et al., 2020).

Luo et al., (2022) verificaram que o óleo essencial de orégano pode efetivamente inibir *V. vulnificus* em ostras a 25°C, e o número de bactérias diminuiu 48,2% (redução de $3,39 \pm 0,10$ log UFC/g) após 10 horas com 0,09% de óleo essencial de orégano. O bom efeito inibitório e atividade bactericida possibilitam a aplicação do óleo no controle da contaminação por *V. vulnificus* em ostras e outros frutos do mar.

O óleo essencial de orégano é uma mistura complexa de compostos. A composição geralmente inclui terpenos, geralmente mono e sesquiterpenos, é classificado como “geralmente reconhecido como seguro” pela Food and Drug Administration (FDA) e classificado como aditivo alimentar pela União Europeia. Possui ação rápida, ausência de resíduos, baixa fitotoxicidade tem aplicações potenciais para ser utilizado como agente antibacteriano em produtos marinhos. (LEYVA-LOPEZ et al., 2017; MANSO et al., 2017; MURIEL-GALLET et al., 2015). Como mecanismo de ação, é relatado que o óleo induz o aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio para desencadear a peroxidação lipídica da membrana celular, de modo a destruir a permeabilidade e integridade da membrana celular e, em seguida, alterar a morfologia bacteriana (LUO et al., 2022).

Masniyom, Benjama, Maneesri, (2012) indicaram que o tratamento do mexilhão com óleos essenciais de capim limão e açafraão, particularmente óleo de capim-limão

a 0,5%, efetivamente estendeu a vida útil do mexilhão com alta aceitabilidade ao longo do armazenamento de 15 dias. Embora a amostra tratada com uma mistura de açafrão e capim-limão tenha apresentado bons resultados quanto aos outros parâmetros, as amostras tratadas com óleo essencial de cúrcuma causaram as alterações de odor e sabor, resultando em odor e sabor desagradáveis pelos provadores, isto foi provavelmente devido às propriedades aromáticas e pungentes do óleo de açafrão. Os óleos essenciais estudados podem diminuir a deterioração microbiológica e química do mexilhão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão destacou as tecnologias não térmicas e produtos naturais, seus princípios, mecanismo de ação e aplicação na conservação dos moluscos bivalves contribuindo para identificar estratégias para preservação de moluscos bivalves vivos ou frescos. Algumas tecnologias como atmosfera modificada, alta pressão hidrostática, irradiação, ozônio já estão bastante difundidos na literatura em suas aplicações em MB. Contudo, a utilização de produtos naturais (quitosana, extrato de chá verde, ácidos orgânicos, curcumina, extrato de semente de uva, bacteriófagos, probióticos, óleos essenciais), inativação fotodinâmica, água eletrolisada emergem como possibilidades a serem incorporadas no processamento dos MB, de forma isolada ou combinada ou até mesmo para potencializar um determinado processo. No geral, os resultados desses estudos mostraram que as tecnologias e produtos utilizados foram eficazes na conservação, manutenção da qualidade e extensão da vida útil (quando analisado) dos MB quanto aos parâmetros analisados.

Considerando as vantagens apresentadas pela aplicação das tecnologias não térmicas e produtos naturais descritos nesta revisão, espera-se maiores estudos quanto a implementação em escala comercial dos produtos naturais, principalmente, ampliando sua utilização junto as tecnologias tradicionalmente já implementadas para o processamento de moluscos bivalves, visando agregação de valor ao produto e perspectivas de desenvolvimento tecnológico.

A escolha da técnica que melhor atende às necessidades da cadeia produtiva depende dos equipamentos e condições financeiras da unidade de processamento (custo de produção) e da demanda dos consumidores. Assim, esta revisão incentiva e motiva pesquisadores e indústrias a trabalharem juntos, promovendo avanços na aplicação de tecnologia para melhorar a qualidade e conservação com o aumento da vida útil dos moluscos bivalves.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFEI, S.; SCHITO, A. M. Positively charged polymers as promising devices against multidrug resistant gram-negative bacteria: A Review. **Polymers**, v. 12, n. 5, 1-47, 2020.

ALVES, E., FAUSTINO, M. A. F., NEVES, M. G. P. M. S., CUNHA, A., NADAIS, H., ALMEIDA, A. Potential applications of porphyrins in photodynamic inactivation beyond the medical scope. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 22, p. 34-57, 2015.

AL-ASMARI, F.; MEREDDY, R.; SULTANBAWA, Y. The effect of photosensitization mediated by curcumin on storage life of fresh date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit. **Food Control**, v. 93, p. 305-309, 2018.

AL-QADIRI, H. M.; AL-HOLY, M. A.; SHIROODI, S. S.; OVISSIPOUR, M.; GOVINDAN, B. N.; AL-ALAMI, N.; SABLANI, S. S.; RASCO, B. Effect of acidic electrolyzed water-induced bacterial inhibition and injury in live clam (*Venerupis philippinarum*) and mussel (*Mytilus edulis*). **International Journal of Food Microbiology**, v. 231, p. 48-53, 2016.

ANDREWS, L.; JAHNCKE, M.; MALLIKARJUNAN, K. Low Dose Gamma Irradiation to Reduce Pathogenic Vibrios in Live Oysters (*Crassostrea virginica*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 12, n. 3, p. 71-82, 2003.

BALTAZAR, L. M.; RAY, A.; SANTOS, D. A.; CISALPINO, P. S.; FRIEDMAN, A. J.; NOSANCHUK, J. D. Antimicrobial photodynamic therapy: an effective alternative approach to control fungal infections. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 202, 2015.

BAPTISTA, R. C.; HORITA, C. N.; SANT'ANA, A. S. Natural products with preservative properties for enhancing the microbiological safety and extending the shelf-life of seafood: A review. **Food Research International**, v. 127, p. 1-23, 2020.

BERNÁDEZ, M.; PASTORIZA, L. Effect of oxygen concentration and temperature on the viability of small-sized mussels in hermetic packages. **LWT- Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 285-290, 2013.

BERNÁRDEZ, M.; PASTORIZA, L. Quality of live packaged mussels during storage as a function of size and oxygen concentration. **Food Control**, v. 22, n. 2, p. 257-265, 2011.

BINDU, J.; GRINSON, J.; KAMALAKANTH, C. K.; GOPAL, T. K. S. High pressure treatment of green mussel *Perna viridis* Linnaeus, 1758: effect on shucking and quality changes in meat during chill storag. **Indian Journal of Fisheries**, v. 62, n. 2, p. 70-76, 2015.

BRASIL. Instrução Normativa Interministerial MPA/MAPA nº 7, de 08 de maio de 2012. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PNCMB). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, p. 55-59, 08 mai. 2012.

BUSBY, P. Official control monitoring programmes for live bivalve molluscs: legislative and regulatory approaches: New Zealand. *In*: REES, G. *et al.* (org.). **Safe Management of Shellfish and Harvest Waters**. London: IWA Publishing, 2010. cap. 13, p. 233-244.

CAO, R.; XUE, C-H.; LIU, Q. Changes in microbial flora of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. **International Journal of Food Microbiology**, v. 131, n. 23, p. 272-276, 2009.

CHEN, H.; WANG, M.; CHEN, S.; CHEN, T.; HUANG, N. Effects of Ozonated Water Treatment on the Microbial Population, Quality and Shelf Life of Shucked Oysters (*Crassostrea plicatula*). **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 23, n. 2, p. 175-185, 2014.

CHIERENTIN, G. S. **Efeito da radiação gama em propriedades nutricionais e tecnológicas de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.)**. 2021. Tese. (Dissertação em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

CHRISTOFI, S., DIMITRIS, M., KATSAROS, G., PANAGOUE, E., KALLITHRAKA, S. Limit SO₂ content of wines by applying High Hydrostatic Pressure. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 62, p. 1-10, 2020.

COTON, M.; JOFFRAUD, J. J.; MEKHTICHE, L.; LEROI, F.; COTON, E. Biodiversity and dynamics of the bacterial community of packaged king scallop (*Pecten maximus*) meat during cold storage. **Food Microbiology**, v. 35, n. 2, p. 99-107, 2013.

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**, v. 9, n. 4, p. 441-447, 2008a.

CRUZ-ROMERO, M. C.; KELLY, A. L.; KERRY, J. P. Influence of packaging strategy on microbiological and biochemical changes in high pressure treated oysters (*Crassostrea gigas*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 15, p. 2713-2723. 2008b.

DEWITT, C.; OLIVEIRA, A. Modified Atmosphere Systems and Shelf-Life Extension of Fish and Fishery Products. **Foods**, v. 5, n. 3, p. 48, 2016.

DHILIPKUMAR, M.; GANDHI, S, S.; KARTHIKA, R. A review on seafoods and their preservation techniques. **International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology**, v. 5, n. 7, p. 75-82, 2020.

FALLEH, H.; BEN JEMAA, M.; SAADA, M.; KSOURI, R. Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. **Food Chemistry**, v. 330, p. 1-8, 2020.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Contributing to Food Security and Nutrition for All. Roma, 2020.

Food and Agriculture Organization – FAO. (2018). **The state of world fisheries and aquaculture 2018 - meeting the sustainable development goals** (224 p.). Rome: FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO Yearbook – 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/yearbook/en>

FAO. 2022. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.

FIDLER, F. **Conservação de ostras (*Crassostrea gigas*) utilizando CO₂ em ostras cozidas e inativação fotodinâmica em ostras cruas**. Tese (Doutorado em Engenharia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 142, 2020.

FISCHMANN, M.S. **Avaliação da vida-de-prateleira e qualidade da carne bovina submetida a embalagens sob atmosfera modificada ou vácuo**. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinárias) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, p. 75. 2016.

FONTANA, I. **Propostas para o sistema de vigilância sanitária de moluscos bivalves de Santa Catarina**. Tese (Doutorado em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 141. 2016.

FRANK, D.; KACZMARSKA, K.; PATERSON, J.; PIYASIRI, U.; WARNER, R. D. Effect of marbling on volatile generation, oral breakdown and in mouth flavor release of grilled beef. **Meat Science**, v. 133, p. 61–68, 2017.

GHATE, V. S.; ZHOU, W.; YUK, H.-G. Perspectives and trends in the application of photodynamic inactivation for microbiological food safety. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 2, p. 402-424, 2019.

GONÇALVES, A.; PEDRO, S.; DUARTE, A.; NUNES, M. L. Effect of enriched oxygen atmosphere storage on the quality of live clams (*Ruditapes decussatus*). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 12, p. 2598-2605. 2009.

GOULAS, A. E.; CHOULIARA, I.; NESSI, E.; KONTOMINAS, M. G.; SAVVAIDIS, I. N. Microbiological, biochemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. **Journal of Applied Microbiology**, v. 98, n. 3, p. 752-760, 2005.

HUANG, H. W.; WU, S.-J.; LU, J.-K.; SHYU, Y.-T.; WANG, C.-Y. Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. **Food Control**, v. 72, n. 12, p. 1–8, 2017.

HUANG, H.-W., HSU, C.-P., WANG, C.-Y. Healthy expectations of high hydrostatic pressure treatment in food processing industry. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 28, n. 1, p. 1-13, 2020.

JAYAWARDANA, B. C.; WARNASOORIYA, V. B.; THOTAWATTAGE, G. H.; DHARMASENA, V. A. K. I.; LIYANAGE, R. Black and green tea (*Camellia sinensis* L.) extracts as natural antioxidants in uncured pork sausages. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 2, 2019.

JESUS, L.C.A. **Implementação da Norma NP EN ISO 22000:2005 em centros de depuração de bivalves: Estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) – Instituto Superior de Engenharia, Universidade de Algarve. Faro, p. 168. 2015.

JIANG, Y., LEUNG, A. W., HUA, H., RAO, X., XU, C. Photodynamic action of LED activated curcumin against *Staphylococcus aureus* involving intracellular ROS increase and membrane damage. **International Journal of Photoenergy**, v. 6, 1-7, 2014.

JOFRE, A.; AYMERICH, T.; BOVER-CID, S.; GARRIGA, M. 2010. Inactivation and recovery of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica* and *Staphylococcus aureus* after high hydrostatic pressure treatments up to 900 MPa. **International Journal of Microbiology**, v.13, n. 3, p. 105-112, 2010.

JUN, J. W.; KIM, H. J.; YUN, S. K.; CHAI, J. Y.; PARK, S. C. Eating oysters without risk of vibriosis: Application of a bacteriophage against *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. **International Journal of Food Microbiology**, v. 188, p. 31-35, 2014.

KRISHNAKUMAR, P. K.; QURBAN, M. A.; SASIKUMAR, G. Biomonitoring of Trace Metals in the Coastal Waters Using Bivalve Molluscs. *In: Saleh, H. et al.(org.). Trace Elements - Human Health and Environment.* Londres: IntechOpen, 2018. cap 8, p. 153-176.

LEE, H., SONG, K. B., CHOI, E.J., KIM, H. K., PARK, H. W., CHUN, H. Combined effects of high hydrostatic pressure treatment and red ginseng concentrate supplementation on the inactivation of foodborne pathogens and the quality of ready-to-use kimchi sauce. **LWT –Food Science and Technology**, v. 114, n. 1, p. 1-9, 2019.

LEYVA-LOPEZ, N.; GUTIERREZ-GRIJALVA, E.P.; VAZQUEZ-OLIVO, G.; HEREDIA, J.B. Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. **Molecules**, v. 22, n. 6, p. 1-24, 2017.

LI, D.; BAERT, L.; ZHANG, D.; XIA, M.; ZHONG, W.; COILLIE, E. V.; JIANG, X.; UYTENDAELE, M. Effect of grape seed extract on human norovirus GII.4 and

murine norovirus 1 in viral suspensions, on stainless steel discs, and in lettuce wash water. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 21, p. 7572-7578, 2012.

LI, N.; TAYLOR, L. S.; FERRUZZI, M. G.; MAUER, L. J. Kinetic study of catechin stability: effects of pH, concentration, and temperature. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 51, p. 12531-12539, 2012.

LIN, C-S.; LEE, Y-C.; KUNG, H. F.; CHENG, Q-L.; OU, T-Y.; CHANG, S. K-C.; TSAI, Y-H. Inactivation of microbial loads and retardation of quality loss in Asian hard clam (*Meretrix lusoria*) using high-hydrostatic-pressure processing during refrigerated storage. **Food Control**, v. 133, 2022.

LIU, F.; LI, Z.; CAO, B.; WU, J.; WANG, Y.; XUE, Y.; XU, J.; XUE, C.; TANG, Q. J. The effect of a novel photodynamic activation method mediated by curcumin on oyster shelf life and quality. **Food Research International**, v. 87, p. 204-210, 2016.

LUO, K.; ZHAO, P.; HE, Y.; KANG, S.; SHEN, C.; WANG, S.; GUO, M.; WANG, L.; SHI, C. Antibacterial Effect of Oregano Essential Oil against *Vibrio vulnificus* and Its Mechanism. **Foods**, v. 11, n. 3, p. 1-17, 2022.

MA, L.; SU, Y-C. Validation of high pressure processing for inactivating *Vibrio parahaemolyticus* in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 3, p. 469-474, 2011.

MAHMOUD, B. S. M. Controlling *Vibrio vulnificus* and spoilage bacteria in fresh shucked oysters using natural antimicrobials. **Letters in Applied Microbiology**, v. 58, n. 1, p. 1-7, 2013.

MAHMOUD, B. S. M. Reduction of *Vibrio vulnificus* in pure culture, half shell and whole shell oysters (*Crassostrea virginica*) by X-ray. **International Journal of Food Microbiology**, v. 130, n. 2, p. 135-139, 2009.

MANTHEY-KARL, M.; LEHMANN, I.; OSTERMEYER, U.; REHBEIN, H.; SCHRÖDER, U. Meat Composition and Quality Assessment of King Scallops (*Pecten maximus*) and Frozen Atlantic Sea Scallops (*Placopecten magellanicus*) on a Retail Level. **Foods**, v. 4, n. 4, p. 524-546, 2015.

MANOUSARIDIS, G.; NERANTZAKI, A.; PALEOLOGOS, E. K.; TSIOTSIAS, A.; SAVVAIDIS, I. N.; KONTOMINAS, M. G. Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. **Food Microbiology**, v.22, p. 1-9, 2005.

MANSO, S.; BECERRIL, R.; NERIN, C.; GOMEZ-LUS, R. Influence of pH and temperature variations on vapor phase action of an antifungal food packaging against five mold strains. **Food Control**, v. 47, p. 20-26, 2015.

MARTINS, D. B. **Uso da irradiação na indústria de alimentos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, 2016.

- MASNIYOM, P.; BENJAMA, O.; MANEESRI, J. Extending the shelf-life of refrigerated green mussel (*Perna viridis*) under modified atmosphere packaging. **Journal of Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 171-179, 2011.
- MASNIYOM, P.; BENJAMA, O.; MANEESRI, J. Effect of turmeric and lemongrass essential oils and their mixture on quality changes of refrigerated green mussel (*Perna viridis*). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 5, p. 1079-1085, 2012.
- MBARKI, R.; NAHDI, H.; BARKALLAH, I.; SADOK, S. The potential use of irradiation to extend the shelf-life of clams (*Ruditapes decussatus*) during live storage: effect on bacterial and biochemical profiles. **International Journal of Food Science**, v. 44, n. 6, p. 1229-1234, 2009.
- MEISEL, P., KOCHER, T. Photodynamic therapy for periodontal diseases: state of the art. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 79, n. 2, p. 159-170, 2005.
- MODANEZ, L. **Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação**. 2012. Tese (Doutorado em tecnologia nuclear) - Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 105. 2012.
- MOOTIAN, G. K.; FLIMLIN, G. E.; KARWE, M. V.; SCHAFFNER, D. W. Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in Hard Clams (*Mercanaria mercanaria*) by High Hydrostatic Pressure (HHP) and the Effect of HHP on the Physical Characteristics of Hard Clam Meat. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 2, p. 251-257, 2013.
- MURIEL-GALET, V.; CRAN, M.J.; BIGGER, S.W.; HERNANDEZ-MUNOZ, P.; GAVARA, R. Antioxidant and antimicrobial properties of ethylene vinyl alcohol copolymer films based on the release of oregano essential oil and green tea extract components. **Journal Food Engineering**, v. 149, p. 9-16, 2015.
- NUNES, P., CARLA, E., KELLY, G., LOPES, M., CARNEIRO, P. F. P. (2014). Os Mitos e as Verdades da Irradiação de Alimentos. **Caderno De Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 1, n. 3, p. 103-110, 2014.
- LEE, R.; MURRAY, L. Components of microbiological monitoring programmes. In: REES, G. *et al.* (org.). **Safe Management of Shellfish and Harvest Waters**. London: IWA Publishing, 2010. cap. 6, p. 91-108.
- OKLA, M.; KIM, J.; KOEHLER, K.; CHUNG, S.; Dietary factors promoting brown and beige fat development and thermogenesis. **Advances in nutrition: na internacional review journal**, v. 8, n. 3, p. 473-483, 2017.
- OLIVEIRA, P. S. **Efeito da Irradiação por Feixe de Elétrons na Qualidade Pós-Colheita de Mamão 'Golden'**. Tese (Doutorado em ciências) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica, p. 133, 2015.

OLIVEIRA, V. G. P. **Segurança sanitária dos moluscos bivalves vivos produzidos em zonas estuarinas portuguesas respetivo controlo oficial.** Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa. Lisboa, p. 82. 2018.

OLIVEIRA, F. A. **Avaliação da alta pressão hidrostática sobre a qualidade de filé de sardinha brasileira.** Tese (Doutorado em Ciência e tecnologia de alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, p. 139, 2018.

OLATUNDE, O. O.; BENJAKUL, S.; VONGKAMJAN, K. Comparative study on nitrogen and argon-based modified atmosphere packaging on microbiological, chemical, and sensory attributes as well as on microbial diversity of Asian sea bass. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, p. 1-10, 2019.

OVISSIPOUR, M.; AL-QADIRI, H. M.; SABLANI, S. S.; GOVINDAN, B. N.; AL-ALAMI, N.; RASCO, B. Efficacy of acidic and alkaline electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O104:H4, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, and *Vibrio parahaemolyticus* in cell suspensions **Food Control**, v. 53, p. 117-123, 2015.

PARDÍO-SEDAS, V. (2015). Influence of ozone depuration on the physical properties of fresh American oysters (*Crassostrea virginica*),” in Processing and Impact on Active Components in Food, ed. V. R. Preedy (San Diego, CA: Elsevier), p. 455-461.

PARK, S. Y.; CHUNG, M. S.; HÁ, S. Combined effect of sodium hypochlorite and gammairradiation for the control of *Vibrio vulnificus* in fresh oyster and clam. **LWT - Food Science and Technology**, v. 91, p. 568-572, 2018.

PASTORIZA, L.; BERNARDEZ, M.; SAMPEDRO, G.; CABO, M. L.; HERRERA, J. J. R. Effect of elevated concentrations of oxygen on the stability of live mussel stored under refrigeration. **European Food Research and Technology**, v. 218, n. 5, p. 415-419, 2004.

PENHA, C. B., BONIN, E., DA SILVA, A. F., HIOKA, N., ZANQUETA, E. B., NAKAMURA, T. U., MIKCHA, J. M. G. Photodynamic inactivation of foodborne and food spoilage bacteria by curcumin. **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, p. 198-202, 2017.

PEREIRA, C., MOREIRINHA, C., TELES, L., ROCHA, R. J. M., CALADO, R., ROMALDE, J. L., NUNES, M. L.; ALMEIDA, A. Application of bacteriophages during depuration reduces the load of *Salmonella Typhimurium* in cockles. **Food Research International**, v. 90, p. 73-84, 2016.

PEREIRA, C., MOREIRINHA, C., TELES, L., ROCHA, R. J. M., CALADO, R., ROMALDE, J. L., ALMEIDA, A. Application of phage therapy during bivalve depuration improves *Escherichia coli* decontamination. **Food Microbiology**, 61, p. 102–112, 2017.

POLICARPO, P. K. **Caracterização Microbiológica de Bivalves Vivos: Efeito do Transporte e Variação Temporal Entre Espécies**. Dissertação (Engenharia zootécnica -produção animal) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa. p. 75. 2017.

PRAPAIWONG, N.; WALLACE, R. K.; ARIAS, C. R. Bacterial loads and microbial composition in high pressure treated oysters during storage. **International Journal of Food Microbiology**, v. 131, n. 2, p. 145-150, 2009.

RODRIGUES, G. V. **Panorama e perspectiva do uso de irradiação na conservação de alimentos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

RONG, C.; QI, L.; BANG-ZHONG, Y.; LAN-LAN, Z. Combined effect of ozonated water and chitosan on the shelf-life of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 108-111, 2010.

RONG, R.; LIN, H.; WANG, J.; KHAN, M. N.; LI, M. Reductions of *Vibrio parahaemolyticus* in oysters after bacteriophage application during depuration. **Aquaculture**, v. 418, p. 171-176, 2014.

RONG, C.; LING, Z.; HUIHUI, S.; QI, L. Characterization of microbial community in high-pressure treated oysters by high-throughput sequencing technology. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.45, p. 241-48, 2018.

ROSENBLUM, J.; GE, C.; BOHREROVA, Z.; YOUSEF, A.; LEE, J. Ozone treatment as a clean technology for fresh produce industry and environment: Sanitizer efficiency and wastewater quality. **Journal of Applied Microbiology**, v. 113, n. 4, p. 837-845, 2012.

RUANO, F.; RAMOS, P.; QUARESMA, M.; BANDARRA, N. M.; FONSECA, I. P. Evolution of fatty acid profile and Condition Index in mollusc bivalves submitted to different depuration periods. **Revista portuguesa ciências veterinárias**, v. 107, n. 581, p. 75-84, 2012.

SALLAM, K. I. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. **Food Control**, v. 18, n. 5, p. 566-575, 2007.

SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Fresh, minimally processed foods packaged under modified atmosphere. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2012

SARRON, E.; GADONNA-WIDEHEM, P.; AUSSENAC, T. Ozone Treatments for Preserving Fresh Vegetables Quality: A Critical Review. **Foods**, v. 10, n. 3, p. 1-39, 2021.

SAUVE, G. Official control monitoring programmes for live bivalve

molluscs - legislative and regulatory approaches: Canada. **Safe Management of Shellfish and Harvest Waters**. London: IWA Publishing, 2010. cap. 12, p. 217-232.

SEVENICH, R., RAUH, C., KNORR, D. A scientific and interdisciplinary approach for high pressure processing as a future toolbox for safe and high quality products: A review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 38, p. 65-75, 2016.

SHEN, X.; SU, Y-C. Application of grape seed extract in depuration for decontaminating *Vibrio parahaemolyticus* in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). **Food Control**, v. 73, p. 601-605, 2017.

SILVA, S. A.; FERREIRA, L. L.; VALGAS, G. O. A conservação de alimentos utilizando a irradiação e sua importância na conservação do arroz. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/LORENA/Downloads/d05c1041f8fc919a5ecd2e999cc630e6.pdf >. Acesso em: 18 de ago. 2022.

SILVA, S. B.; MELLO, L.; CURTINOVI, M. G.; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, 659-682, 2011.

SONCU, E. D.; KOLSARICI, N. Microwave thawing and green tea extract efficiency for the formation of acrylamide throughout the production process of chicken burgers and chicken nuggets. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n.6, 1790-1797, 2017.

SOUZA, R. V. **Modelagem estatística da contaminação microbiológica de áreas de cultivo de moluscos bivalves**. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 138. 2017.

SOUZA, R. V.; CAMPOS, C.; GARBOSSA, L. H. P.; VIANNA, L. F. N.; VANZ, A.; RUPP, G. S.; SEIFFERT, W. A critical analysis of the international legal framework regulating the microbiological classification of bivalve shellfish production areas. **Aquaculture**, v. 10, n. 4, p. 1-9, 2017.

SOUZA, R. V.; SUPLICY, F. M.; NOVAES, A. L. T. **Depuração de moluscos bivalves**. Florianópolis, SC, 2021. 70 p. (Epagri. Boletim Didático, 160).

SOUZA, A. M. P. L. **Avaliação do Efeito da Desinfecção por Agentes Químicos e da Irradiação Gama no Poli(3-hidroxibutirato)**. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 90. 2018.

SUDATTA, B. P.; SUGUMAR, V.; VARMA, R.; NIGARIGA, P. Extraction, characterization and antimicrobial activity of chitosan from pen shell, *Pinna bicolor*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 163, n. 1, v. 423-430, 2020.

SUNDARARAJAN, S.; PRUDENTE, A.; BANKSTON, J. D.; KING, J. M.; WILSON, P.; SATHIVEL, S. Evaluation of green tea extract as a glazing

material for shrimp frozen by cryogenic freezing. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. 511–518, 2011.

TANTRATIAN, S.; KAEPHEN, K. Shelf-Life of Shucked Oyster In epigallocatechin-3-Gallate with Slightly Acidic Electrolyzed Water Washing under Refrigeration Temperature. **LWT-Food Science and Technology**, v. 118, p. 1-7, 2020.

TEMBA, B. A.; FLETCHER, M. T.; FOX, G. P.; HARVEY, J. J. W.; SULTANBAWA, Y. Inactivation of *Aspergillus flavus* spores by curcumin-mediated photosensitization. **Food Control**, v. 59, p. 708-713, 2016.

TERZI, G.; GUCUKOGLU, A. Effects of Lactic Acid and Chitosan on the Survival of *V. parahaemolyticus* in Mussel Samples. **Journal of Animal Veterinary**, v. 9, n. 6, p. 990-994, 2010.

TERZİ, G.; GÜCÜKOĞLU, A.; ÇADIRCI, O.; KEVENK, T. O.; ALIŞARLI, M. Effects of Chitosan and Lactic Acid Immersion on the Mussels' Quality Changes During the Refrigerated Storage. **Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 19, n. 2, p. 311-317, 2013.

TRUONG, B. Q.; BUCKOW, R.; STATHOPOULOS, C. E.; NGUYEN, M. H. Advances in High-Pressure Processing of Fish Muscles. **Food Engineering Reviews**, v. 7, n. 2, p. 109-129, 2015.

VENTURA, D. Utilização da irradiação no tratamento de alimentos: processamento geral de alimentos - módulo II. 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/10812229-Utlizacao-da-irradiacao-no-tratamento-de-alimentos.html>. Acesso em: 3 jul 2022.

WANG, W.; LU, G. Heavy Metals in Bivalve Mollusks. *In*: SCHRENK, D.; CARTUS, A. (org.). **Chemical contaminants and residues in food**. Sawston: Woodhead Publishing, 2017. cap. 21, p. 553-594.

WHO, FAO. 2012. Code of Practice for Fish and Fishery Products. 2 ed. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240013179>. Acesso em: 11 jan. 2022.

WIJSMAN, J. W. M., TROOST, K., FANG, J., RONCARATI, A. (2019). “Global production of marine bivalves. trends and challenges,” in Goods and Services of Marine Bivalves, eds A. C. Smaal, J. G. Ferreira, J. Grant, J. K. Petersen, and Ø Strand (Berlin: Springer), p. 7-26.

WU, J.; MOU, H.; XU, C.; LEUNG, A. W.; XU, C.; TANG, Q-J. Photodynamic effect of curcumin on *Vibrio parahaemolyticus*. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 15, p. 34-39, 2016.

WU, Y.; CHANG, S.; NANNAPANENI, R.; ZHANG, Y.; COKER, R.; MAHMOUD, B. S. M. The effects of Xray treatments on bioaccumulated murine norovirus- 1 (MNV-1) and survivability, inherent microbiota, color, and firmness of

Atlantic oysters (*Crassostrea virginica*) during storage at 5°C for 20 days. **Food Control**, v. 73, p. 1189-1194, 2017.

XI, D. **Application of Probiotics and Green Tea Extract in Post-harvest Processes of Pacific Oysters (*Crassostrea gigas*) for Reducing *Vibrio parahaemolyticus* and Extending Shelf Life**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Oregon State University. Corvallis, p. 102. 2011.

XI, D.; LIU, C.; SU, Y. Effects of green tea extract on reducing *Vibrio parahaemolyticus* and increasing shelf life of oyster meats. **Food Control**, v. 25, n. 1, p. 368-373, 2012.

ZAMORA, L. N.; RAGG, N. L.; HILTON, Z.; WEBB, S. C.; KING, N.; ADAMS S. Emersion survival manipulation in Greenshell™ mussels (*Perna canaliculus*): implications for the extension of live mussels' shelf-life. **Aquaculture**, v. 500, p. 597-706, 2019.

ZHU, S.; SONG, Y.; PEI, J.; XUE, F.; CUI, X.; XIONG, X.; LI, C. The application of photodynamic inactivation to microorganisms in food. **Food Chemistry**, v. 12, 2021.