

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE
ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Betina Laísa Fischer

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE BIOATIVOS
PARA INIBIÇÃO DE MELANOSE EM CAMARÕES RESFRIADOS
(*Litopenaeus vannamei*)**

Florianópolis

2021

Betina Laísa Fischer

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE BIOATIVOS
PARA INIBIÇÃO DE MELANOSE EM CAMARÕES RESFRIADOS
(*Litopenaeus vannamei*)**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Florianópolis

2021

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ademir Fischer e Luciane H. Fischer, que me abriram caminho até essa graduação, além de todo incentivo, amor e dedicação incondicional que foram imprescindíveis para concluir esse curso.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por me proporcionar um ensino de ótima qualidade.

À Professora Orientadora Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz pela confiança, apoio, disponibilidade e paciência ao longo desse estudo.

Aos Professores Acácio Zielinski e Leiliane Téles César pela atenção e disponibilidade de avaliar o presente trabalho.

Aos meus amigos, que juntos compartilhamos angústias e alegrias, transformando essa trajetória em momentos inesquecíveis.

A todos, meu muito obrigada.

RESUMO

O camarão é considerado uma iguaria gastronômica e possui elevado consumo em todo o mundo. A produção de camarão no Brasil é crescente, sendo determinante para a economia do setor. Um dos fatores limitantes na comercialização do camarão é a sua alta perecibilidade, devido à perda de frescor no período pós-colheita, sendo o aparecimento de manchas escuras, chamado de melanose, um dos principais problemas, uma vez que reduz a vida útil e a aceitabilidade do consumidor, resultando em perdas financeiras. A utilização de conservantes sulfitos em camarão é o método mais utilizado na indústria de alimentos. Entretanto, o uso deste aditivo como conservante pode oferecer riscos à saúde do consumidor, podendo provocar desde reações alérgicas até distúrbios neurológicos. Ultimamente, os aditivos utilizados pela indústria de alimentos com o intuito de aumentar o tempo de vida útil dos alimentos tem gerado discussões quanto sua segurança e/ou riscos a saúde do consumidor. A crescente preocupação do consumidor com relação a saúde alimentar tem provocado mudanças de paradigmas da indústria de alimentos que tem buscado alternativas mais seguras ao consumidor, através da substituição gradual dos aditivos sintéticos por opções naturais, tal como os bioativos. Assim o objetivo deste trabalho foi de realizar uma revisão da literatura para analisar a viabilidade da aplicação de bioativos em camarões resfriados como alternativa ao metabissulfito de sódio.

Palavras-chave: Camarão. Melanose. Metabissulfito de sódio. Bioativos.

ABSTRACT

Shrimp is considered a gastronomic delicacy and has a large consumption in worldwide. In Brazil, shrimp production has been increased and decisive for the economy. However, there are limiting factors for their commercialization due high perishability, loss of freshness during the post-harvest period and of dark spots on the shell, known as melanosis. The melanosis is the main problems, since it reduces the shelf life of the shrimp and the consumers acceptability and consequently financial losses. The use of the sulfite as preservatives on shrimp is the most used method in the food industry. However, as food additives, sulfating agents can cause adverse reactions in sulfite sensitive people such as allergic reactions and neurological disorders. Thus, the additives used in food industry in order to increase the shelf life of foods, have generated discussions regarding their safety and/or risk to the health of the consumer. The growing concern of the consumer in relation to food health has caused changes in the paradigms of the food industry that has look for safer alternatives to the consumer through the gradual replacement of synthetic additives by natural options, such as bioactive ones. Thus, the objective of this work was to carry out a literature review to analyze the feasibility of applying bioactive compound to fresh shrimps as an alternative to sodium metabisulfite preservative.

Keywords: Shrimp. Melanosis. Sodium metabisulphite. Bioactive.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Fluxograma do processo de cultivo de camarões marinhos..... | 15 |
| Figura 2. Camarões com excelente escore sensorial, apresentando coloração viva, brilhante e carapaça bem aderida ao corpo..... | 17 |
| Figura 3. Camarão com presença de melanose..... | 18 |
| Figura 4. Mecanismo geral de reação da polifenoloxidase. | 19 |
| Figura 5. Estrutura molecular do metabissulfito de sódio..... | 22 |
| Figura 6. Estrutura química da quitina e da quitosana. | 27 |
| Figura 7. Estrutura química do ácido de algínico..... | 28 |
| Figura 8. Estrutura química das carragenas..... | 28 |
| Figura 9. Estrutura química da pectina..... | 29 |
| Figura 10. Principais compostos fenólicos presentes nos óleos essenciais adicionados em filmes e revestimentos comestíveis. | 31 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Revestimentos comestíveis contendo bioativos aplicados em camarão.....38

Tabela 2. Custo estimado de soluções utilizadas para conservação de camarão.....41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

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

OMS – Organização Mundial de Saúde

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PPO – Enzima polifenoloxidase

SVS/MS – Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde

GRAS – Geralmente Reconhecidos como Seguros pela FDA

FDA – Food and Drug Administration (Agência Federal do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos)

OE – Óleo essencial

NPs – Nanopartículas

EPS - Exopolissacarídeos microalgais

GD – Grau de desacetilação

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. OBJETIVOS | 12 |
| 2.1. Objetivo geral | 12 |
| 2.2. Objetivos específicos | 12 |
| 3. METODOLOGIA DE PESQUISA..... | 13 |
| 4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA..... | 14 |
| 4.1. Processo produtivo do camarão | 14 |
| 4.2. Melanose..... | 17 |
| 4.3. Metabissulfito de sódio..... | 20 |
| 4.4. A problemática do metabissulfito de sódio no processo produtivo de camarão..... | 23 |
| 4.5. Filmes e revestimentos comestíveis | 25 |
| 4.6. Bioativos | 30 |
| 4.7. Revestimentos comestíveis contendo bioativos e a sua aplicação em camarão..... | 32 |
| 4.8. Análise de viabilidade: metabissulfito de sódio x bioativos. | 40 |
| 5. CONCLUSÃO | 42 |
| 6. REFERÊNCIAS | 43 |

1. INTRODUÇÃO

O camarão é considerado uma iguaria gastronômica, amplamente aceito e com elevado consumo em diferentes regiões do Brasil e do mundo. A produção de camarão no Brasil é crescente, sendo determinante para a economia do setor, especialmente no Nordeste do país. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2019 foram produzidas 54,3 mil toneladas de camarão, resultando em um crescimento expressivo de 18,8% quando comparado a 2018.

A atividade da carcinicultura no Brasil foi introduzida na década de 1970, no estado do Rio Grande do Norte. Apresentou acelerado crescimento a partir de 1996/1997, com o desenvolvimento tecnológico relacionado ao camarão do pacífico (*Litopenaeus vannamei*). O marco para a criação de camarões foi o processo de larvicultura em laboratórios. As tecnologias de reprodução foram se desenvolvendo e melhorando os cultivos em grandes escalas. O Brasil se insere com destaque na carcinicultura em 2003, o qual ocupava o sexto lugar na produção mundial de camarão cultivado, após a China, Tailândia, Vietnã, Indonésia e Índia (NOGUEIRA, 2009; TAHIM, 2019).

Aproximadamente 96% da produção brasileira de camarão se concentra na região Nordeste. A região Sul representa 3% do total, impulsionada principalmente pelo estado de Santa Catarina. A história catarinense do camarão cultivado começou em 1984, quando a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC iniciou suas pesquisas de reprodução e cultivo do camarão-rosa (espécie nativa). Os resultados obtidos nos cultivos foram insatisfatórios e os empreendimentos foram se enfraquecendo, a produção caindo, até deixaram de existir. Em 1998, após o fechamento de vários empreendimentos, a UFSC e a EPAGRI introduziram no estado a espécie *Litopenaeus vannamei*, que havia apresentado nos cultivos do Nordeste ótimas taxas de sobrevivência, conversão alimentar e crescimento. Este alto desempenho do *vannamei* viabilizou a reativação dos antigos empreendimentos e possibilitou novas instalações de cultivo. A maior parte da produção do estado provém da região de Laguna (SOUZA FILHO, 2003).

Atualmente, entre as principais vantagens para o produtor que investe em camarão podemos citar a curta duração dos cultivos, altos preços do produto no mercado e condições climáticas favoráveis para o cultivo. Assim, pelo seu valor nutritivo, consumo em larga escala e um sabor único, a demanda diante do mercado cresceu e o produtor brasileiro viu na carcinicultura um investimento viável e com rentabilidade a curto prazo (TAHIM, 2019).

Um dos fatores limitantes na comercialização do camarão é a sua alta perecibilidade, devido à perda de frescor no período pós-colheita, sendo a melanose um dos principais problemas. A melanose é o escurecimento progressivo e espontâneo que ocorre em camarões, a qual se deve à formação de melanina na carapaça desse crustáceo. Apesar de não apresentar risco a saúde do consumidor, sua presença, no entanto, é um dos maiores problemas na indústria de frutos do mar, uma vez que reduz a vida útil e a aceitabilidade no mercado, resultando em perdas financeiras (GONÇALVES, 2015).

A utilização de conservantes do tipo sulfitos em camarão é o método mais utilizado, uma vez que atuam removendo oxigênio e reduzindo o pH, dessa forma, promovem efeito inibitório sobre bactérias, bolores e leveduras, assim como a inibição de reações de escurecimento enzimático e não enzimático durante processamento e estocagem. Apesar dos sulfitos serem bastante utilizados na indústria de alimentos, o uso destes aditivos como conservantes ocasiona alguns problemas, como a redução da biodisponibilidade de algumas vitaminas como a tiamina (B1), ácido fólico (B9), piridoxina, nicotinamida, interferindo negativamente na qualidade nutricional dos alimentos tratados. Ao mesmo tempo, o seu principal resíduo, o dióxido de enxofre (SO₂), quando em concentrações altas, pode provocar reações adversas a saúde dos consumidores sensíveis, como reações alérgicas, choque anafilático, crises asmáticas e ainda distúrbios neurológicos foram diagnosticados em uma pequena parcela da população. A concentração de SO₂ residual é exigida pelo país importador, entretanto, segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS, as concentrações devem estar entre 40 a 100 ppm (ANDRADE, 2015; FAVERO, 2011; VIEIRA, 2006).

Décadas atrás houve uma mudança nos hábitos alimentares da população brasileira. Visando praticidade e economia de tempo, ocorreu a substituição parcial de alimentos *in natura* por alimentos processados. Entretanto a tecnologia aplicada pela indústria de alimentos com o intuito de aumentar o tempo de vida útil desses produtos gerou questionamentos quanto à segurança do emprego de alguns aditivos alimentares. Nos últimos anos observa-se uma crescente preocupação do consumidor com relação a saúde alimentar, assim, surge a necessidade da indústria de alimentos de buscar alternativas mais seguras ao consumidor, fazendo-a preferir substituir os aditivos sintéticos por opções naturais, tais como os bioativos.

Dessa forma, o presente estudo, tem como objetivo analisar a viabilidade da aplicação de bioativos em camarões resfriados como alternativa ao metabissulfito de sódio.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Perspectiva teórica da aplicação de bioativos como substitutos do metabissulfito em camarões resfriados para inibição da melanose.

2.2. Objetivos específicos

- i. Levantar uma base dados de artigos direcionados na perspectiva da aplicação de bioativos e revestimentos comestíveis em camarões resfriados;
- ii. Avaliar os efeitos negativos da aplicação do metabissulfito em camarões;
- iii. Avaliar estudos com a utilização de bioativos em camarões resfriados: forma de aplicação e efeito sobre a melanose;
- iv. Analisar e comparar a viabilidade do uso de bioativos x metabissulfito.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

A revisão de literatura reúne informações e estudos já realizados, trazendo uma análise crítica sobre um tema específico com o objetivo de sustentar e embasar um ponto de vista, assim, gerando direcionamentos para estudos futuros.

O presente estudo foi estabelecido através de uma revisão bibliográfica, executado no período de agosto de 2020 a maio de 2021. Para isso, foi elaborada a escolha e definição do tema a ser abordado, a problemática e os objetivos propostos. Em seguida, uma ampla leitura a partir de algumas bases de dados como: *Science direct*, *SciELO*, Repositório das Universidades e Google Acadêmico, sem restrição de data de publicação, nas línguas inglesas e portuguesa. Na pesquisa, foram consultados artigos originais de pesquisa e de revisão, teses, livros e revistas sobre o tema, utilizando as seguintes palavras-chave: camarão, melanose, metabissulfito e bioativos. As referências utilizadas foram avaliadas segundo a sua relevância e atualidade, preferindo as que apresentaram tópicos diretamente relacionados com o assunto. Para melhor compreensão do assunto, dados também foram descritos na forma de tabelas, gráficos e figuras.

4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1. Processo produtivo do camarão

Dentro da carcinicultura, encontramos tanto o cultivo de camarões marinhos, como de água doce, sendo que, no Brasil, há predominância da produção de uma espécie marinha, principalmente nos estados do Nordeste, enquanto a carcinicultura de água doce, produzida em pequena escala, é difundida predominantemente na região sudeste. Dentre as espécies produzidas no Brasil, o principal é o *Litopenaeus vannamei*, popularmente chamado de camarão cinza, espécie de água salgada (NAKANISHI, 2018).

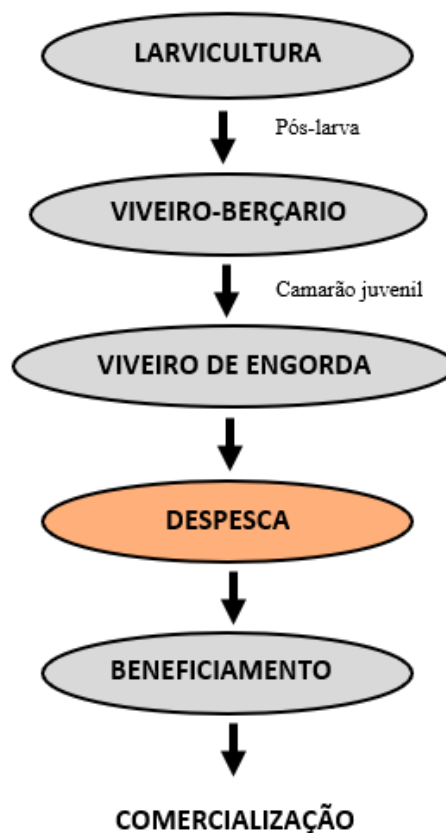
Os sistemas de cultivo de camarões são classificados baseados em diferenças no nível de envolvimento tecnológico e econômico na produção, podendo ter efeitos significativos na viabilidade socioeconômica e ambiental. Os três tipos de sistemas são chamados de: extensivo, semi-intensivo e intensivo. O extensivo é caracterizado principalmente pela baixa densidade de estocagem de camarões e necessita de menor investimento por não usar alimentação artificial e nem aeradores. O semi-intensivo possui maior aporte de camarões comparado ao anterior e a alimentação artificial neste sistema é fundamental, porém o uso de alimento natural (zooplâncton) ainda tem importante papel. Por fim, o intensivo utiliza pequenos tanques com altas taxas de estocagem, alimento de alta qualidade e altas taxas de renovação de água, sendo o sistema de maior custo de produção e, conseqüentemente, o de maior risco (CORDEIRO, 2018).

O sistema semi-intensivo é o mais comumente utilizado, pois possui retorno financeiro mais rápido e necessita de menor investimento para implantação. Na região Nordeste do Brasil, esse sistema dura em média de 100 a 110 dias, quando os camarões atingem um peso médio entre 11 e 12 gramas, estando aptos para a comercialização. Esta duração de cultivo permite a realização de 2,8 a 3 ciclos por ano. O processo de criação de camarão envolve algumas etapas a qual serão citadas a seguir. A Figura 1 mostra, esquematicamente, todas essas fases (ALBUQUERQUE, 2005).

O processo inicia-se com a larvicultura, quando ocorre o desenvolvimento e procriação de larvas de camarão. Após período de adaptação é realizada uma seleção onde os mais aptos são escolhidos e os organismos selecionados são transferidos para os tanques berçários. Essa transferência requer bastante cuidado para que não aja grande diferença entre as temperaturas da água dos tanques e dos viveiros, visto que, o choque térmico pode ocasionar a morte dos camarões. As pós-larvas permanecerão nos viveiros-berçários por

aproximadamente 30 a 45 dias. Depois da etapa de adaptação, os camarões jovens serão transferidos para o viveiro de engorda, onde permanecerão até atingir o tamanho ideal para a despesca. Por fim, o beneficiamento ocorre em duas fases consecutivas: o resfriamento e o processamento. O processo de resfriamento deve ser rápido e manter a temperatura do camarão abaixo de 5°C. O processamento envolve a classificação do camarão, o descabeçamento e/ou descascamento, embalagem e congelamento (RIBEIRO, 2014; ALBUQUERQUE, 2005).

Figura 1. Fluxograma do processo de cultivo de camarões marinhos.



Fonte: Albuquerque, 2005 (adaptado).

No estudo em questão, a etapa de interesse, destacada na Figura 1, é a despesca, a qual vamos analisar mais detalhadamente. A despesca consiste na retirada dos camarões da água quando atingem o peso comercial de 11 a 12g. Para que os camarões sejam de alta qualidade, com relação ao requerido pelos importadores, o principal ponto é o peso estar dentro das especificações, mas há também uma série de critérios organolépticos exigidos, como firmeza da carapaça e cabeça, ausência de defeitos morfológicos, como necrose e má formação, uniformidade de cor e ausência de melanose.

O processo da despesca inicia-se com o abaixamento do nível da água no reservatório. O tempo necessário depende do tamanho do viveiro. As instalações da despesca incluem tanques para resfriamento e outros para o tratamento dos camarões com agentes antioxidantes. A quantidade desses tanques dependerá da velocidade com a qual os camarões são despescados. De um modo geral, usa-se um tanque de resfriamento para dois tanques de tratamento. É na etapa de despesca que o camarão vai para tanques com água, gelo e solução do antioxidante metabissulfito de sódio. O gelo tem a função de matar os camarões que não resistem à queda brusca de temperatura e manter sua qualidade. O metabissulfito é utilizado para evitar o aparecimento de manchas escuras no camarão, a melanose (RIBEIRO, 2014; ALBUQUERQUE, 2005).

Os produtos da pesca são mais perecíveis se comparados a outros alimentos musculares. As mudanças na qualidade dos pescados após a morte dependem das características intrínsecas relacionadas a cada espécie, da atividade de enzimas endógenas, flora bacteriana inicial, fragilidade do tecido muscular e fatores externos, como temperatura de armazenamento, entre outros. Além disso, os produtos pesqueiros apresentam maior vulnerabilidade devido ao seu alto teor de umidade e pH neutro, proporcionando assim um meio ideal para o crescimento microbiano. A ação conjunta desses fatores determina ou afeta a degradação da qualidade desses produtos. Dessa forma, o início da deterioração ocorre instantaneamente pós colheita e continua durante o armazenamento. Nessa etapa, perdem muitos de seus atributos de qualidade, incluindo descoloração, degradação de proteínas e amolecimento de textura (YU et al, 2020).

O camarão é um dos produtos da pesca bastante apreciado pelos consumidores devido as suas características sensoriais. Entretanto, devido aos fatores citados, aliados a uma precária estrutura de comercialização, muitas vezes resulta em perda de seu valor comercial. Assim, são necessárias medidas específicas e técnicas de preservação para atrasar a deterioração desse produto durante o armazenamento. Para fornecer produtos de pesca de qualidade *premium* com vida útil mais longa, muitas tecnologias de preservação confiáveis estão sendo desenvolvidas e estudadas, como por exemplo a aplicação de bioativos incorporados em revestimentos comestíveis (YU et al, 2020; CORDEIRO, 2018).

4.2. Melanose

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, quanto aos atributos de frescor, de acordo com a Instrução Normativa N° 23, de 20 de Agosto de 2019, aplicam-se as seguintes características sensoriais para crustáceos resfriados e congelados: aspecto geral brilhante e úmido; corpo em curvatura natural, rígida, artículos firmes e resistentes; olhos vivos, proeminentes; carapaça bem aderente ao corpo; coloração própria da espécie, sem qualquer pigmentação estranha; olhos vivos, proeminentes; odor próprio e suave (Figura 2).

Figura 2. Camarões com excelente escore sensorial, apresentando coloração viva, brilhante e carapaça bem aderida ao corpo.



Fonte: MAPA, 2021.

Quanto a coloração, é imprescindível conhecer o padrão normal da espécie para inspeção comparativa e identificação de alterações. Com o passar do tempo e, de acordo, com a temperatura de acondicionamento, observa-se a decomposição do hepatopâncreas, perda gradual da aderência da cabeça e da carapaça ao corpo bem como um ligeiro amarelado. A cabeça, inicialmente amarelada, passa do verde escuro ao enegrecido (Figura 3). Esse enegrecimento é chamado de melanose, caracterizada por manchas escuras, nos segmentos do corpo, cauda e com maior intensidade nos apêndices locomotores, é muito abundante na musculatura dos camarões e lagostas (MAPA, 2021).

A Comissão do Codex Alimentarius define melanose, como o aparecimento de pigmentos escuros nas articulações e partes lesadas de segmentos de crustáceos, causados por reações enzimáticas oxidativas seguido por auto oxidação e polimerização. Normalmente, a melanose se desenvolve mais rápido que a deterioração microbiana, portanto, não representa perigo para a saúde humana, mas sua presença geralmente indica

falta de boas práticas de armazenamento e manuseio, que também estão associadas a crescimento microbiano (VIEIRA, 2006).

Figura 3. Camarão com presença de melanose.



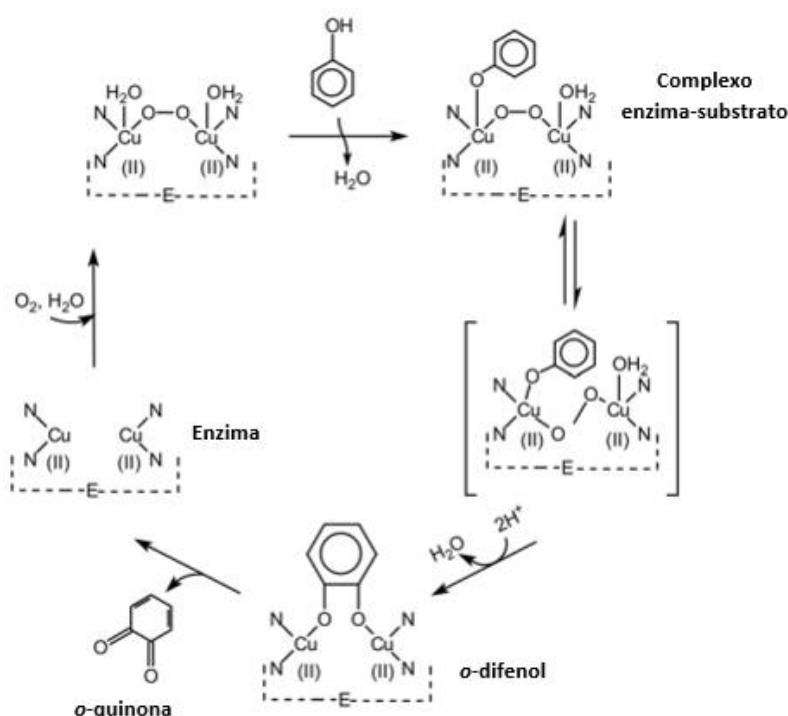
Fonte: MAPA, 2021.

Apesar da melanose não oferecer riscos ao consumidor, por não indicar necessariamente deterioração, podem reduzir enormemente a qualidade do camarão, muitas vezes implicando numa perda total do produto. Este processo de escurecimento é um dos maiores problemas do processo produtivo, pois causa mudanças nas características sensoriais dos crustáceos, resultando em menor vida útil e pior qualidade do produto, consequentemente reduzindo a aceitabilidade dos consumidores e levando a perda financeira. O surgimento das primeiras manchas ocorre rapidamente dentro de algumas horas após a colheita, quando entram em contato com o oxigênio atmosférico, mesmo sob estocagem refrigerada (GONÇALVES, 2016; ALBUQUERQUE, 2005; ANDRADE, 2015).

O processo de melanose é acionado por um mecanismo bioquímico natural do camarão *post-mortem* o qual consiste na oxidação de substratos fenólicos para quinonas, catalisada pela enzima polifenoloxidase (PPO). Os crustáceos utilizam a PPO para funções fisiológicas importantes no seu desenvolvimento. Essa enzima é importante para o endurecimento da carapaça dos animais após a muda e também é responsável pela cicatrização de ferimentos. No entanto, o escurecimento catalisado pela PPO após a despesca afeta a qualidade e a aceitação dos camarões (OLIVEIRA, 2013; ARAÚJO, 2007).

O termo PPO é geralmente utilizado para se referir a duas enzimas semelhantes envolvidas na oxidação de fenol na presença do oxigênio molecular: tirosinases, que catalisam hidroxilação de monofenóis para o-difenóis e a oxidação de o-difenóis para o-quinonas, e catecoloxidase que só catalisam a oxidação de o- dihidroxifenóis para o-difenóis. A polimerização não enzimática das quinonas incolores dá origem a pigmentos escuros, insolúveis e de alto peso molecular, as melaninas (OLIVEIRA, 2013). O mecanismo de ação detalhado da PPO está descrito por Andrade (2015) e indicado na Figura 4.

Figura 4. Mecanismo geral de reação da polifenoloxidase.



Fonte: Andrade et al, 2015.

A retirada do cefalotórax minimiza os problemas relacionados com o escurecimento, uma vez que a maior concentração da enzima está presente na cabeça desse crustáceo, porém, a maior parte do camarão cultivado, após a despesca, é comercializado inteiro, devido aos custos envolvidos. É possível minimizar o surgimento da melanose controlando três fatores que podem interagir entre si acelerando o processo de sua formação: estresse, tempo e temperatura. Dessa forma, recomenda-se, durante o procedimento de despesca do camarão, a utilização do choque térmico com bastante gelo e a proteção contra o sol e calor (ANDRADE, 2015). A refrigeração por si só não impede

o desenvolvimento da melanose, apenas retarda, visto que a enzima permanece ativa durante todo o processamento *post-mortem*, a menos que o camarão seja congelado ou cozido (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Albuquerque (2005), os elementos significativos para evitar o aparecimento da melanose são:

- i. A ação da enzima tirosinase sobre a tirosina é inibida com pH = 3, cujo grau de acidez desnatura o frescor dos camarões;
- ii. A temperatura baixa retarda uma reação enzimática, mas não a interrompe. No entanto, é um dos aspectos que torna importantíssimo o resfriamento prematuro de camarões após a pesca;
- iii. Utilização de antioxidantes, pois o oxigênio toma parte diretamente em todas as reações de oxidação.

Substâncias redutoras tais como sulfitos, ácido ascórbico e outros antioxidantes são usualmente empregados no controle de manchas pretas em camarão, dadas suas propriedades de reduzirem imediatamente o-quinonas, retardando assim a formação da melanose (ARAÚJO, 2007).

A distribuição de substrato e enzimas PPO no camarão que não sofreu danos físicos ou estresse antes de morrer é uniforme. Nessa condição, quando adotados, após a despesca, os procedimentos corretos de choque térmico, tratamento com antioxidantes, acondicionamento, transporte e congelamento, dificulta o aparecimento de melanose (ARAÚJO, 2007).

4.3. Metabissulfito de sódio

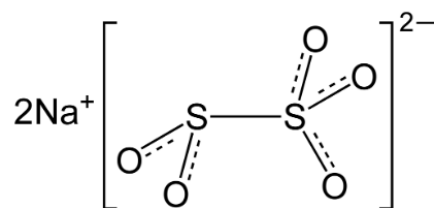
Aditivos alimentares atuam na inibição da deterioração provocada por bactérias, bolores e leveduras em alimentos ácidos, e na inibição de reações de escurecimento enzimático e não enzimático durante processamento e estocagem. O emprego de aditivos em alimentos está regulamentado no Brasil desde 1965, por meio do Decreto nº 55.871.

Conforme a Portaria nº 540 – Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS), de 27 de outubro de 1997, aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento.

Ainda segundo a Portaria SVS/MS nº 540/97, deve-se observar a restrição ao uso dos aditivos. O uso dos mesmos deve ser limitado a alimentos específicos, em condições específicas e ao menor nível para alcançar o efeito desejado. Da mesma forma, a necessidade tecnológica do uso de um aditivo deve ser justificada sempre que proporcionar vantagens de ordem tecnológica e não quando puderem ser alcançadas por operações de fabricação mais adequadas ou por maiores precauções de ordem higiênica ou operacional. O uso de aditivos é proibido quando: houver evidências ou suspeita de que eles não sejam seguros para consumo humano; interferir sensível e desfavoravelmente no valor nutritivo do alimento; servir para encobrir falhas no processamento e/ou nas técnicas de manipulação; encobrir alteração ou adulteração da matéria-prima ou do produto já elaborado ou quando induzir o consumidor a erro, engano ou confusão. A adição direta de sais de sulfito que o produzam, como o sulfito de sódio, bissulfito de sódio, bissulfito de potássio, metabissulfito de sódio e metabissulfito de potássio, como branqueador e conservador de alimentos é permitida pelo MS e aceitos como Geralmente Reconhecidos como Seguros – GRAS pela *Food and Drug Administration* – FDA. Os sais de sulfito são aditivos que pertencem à categoria dos conservantes e têm papel importante na indústria de alimentos (FAVERO, 2011).

O metabissulfito de sódio, um pó cristalino de coloração branca, é amplamente utilizado na indústria alimentícia, principalmente em pães, massas, sucos concentrados e vinhos. A Figura 5 representa a estrutura molecular desse composto. A adição de sulfitos é necessária como prevenção do escurecimento enzimático no camarão, bem como para outros produtos alimentares sujeitos ao enegrecimento. Além disso, se destacam como agentes multifuncionais, pelo fato de apresentarem capacidade antimicrobiana, atuam como agente branqueador, antioxidante ou redutor, entre outras aplicações. Assim, o emprego desse aditivo na prevenção da melanose em camarão traria a vantagem adicional de controlar o desenvolvimento microbiano após a despesca e durante o armazenamento deste alimento. Geralmente é utilizado como conservante temporário, visto que apresenta características sensoriais indesejáveis nos alimentos. O composto químico é inicialmente adicionado aos produtos crus ou semiprontos e em seguida removido durante o processamento pela ação do calor ou vácuo. É atualmente o inibidor mais empregado em camarões, pois entre os compostos a base de sulfito normalmente empregados, apresenta o maior rendimento de SO₂, além de proporcionar maior estabilidade (ALMEIDA, 2017; ANDRADE, 2015; ALBUQUERQUE, 2005).

Figura 5. Estrutura molecular do metabissulfito de sódio.



Fonte: Favero, 2011.

A ação antioxidante do metabissulfito de sódio ocorre pelo sequestro do oxigênio tanto da água quanto do alimento. O enxofre corresponde a 34% do metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) gerador do sulfito que age como redutor evitando a oxidação do camarão. O metabissulfito de sódio quando dissolvido na água sofre hidrólise, que conduz à formação dos íons HSO_3^- e SO_3^{2-} . Em determinadas condições, os íons hidrogenossulfito e sulfito levam a abstração do oxigênio em fase aquosa. Assim, previne o escurecimento através da redução das *o*-quinonas para *o*-difenois, que são compostos menos escuros; pela complexação com produtos da reação enzimática, formando compostos de coloração mais clara e estável ou, ainda, pela inativação irreversível da PPO (ANDRADE, 2015; GÓES, 2006; ALBUQUERQUE, 2005).

Na produção do camarão, a adição do metabissulfito de sódio é realizada no momento da despesca. Nessa fase, o camarão é submetido ao choque térmico e, imediatamente após ou concomitantemente, são expostos a uma mistura de água, gelo e conservante. Segundo Andrade (2015), o uso do metabissulfito de sódio como branqueador e conservador de alimentos é permitido pelo Ministério da Saúde. Seu resíduo, o dióxido de enxofre, não se constitui fator prejudicial à saúde dos consumidores, desde que sua concentração se encontre em uma faixa de 40 a 100 ppm, segundo a Organização Mundial de Saúde. No decorrer da despesca, o metabissulfito de sódio é absorvido gradativamente pelo camarão e a dissolução do gelo também enfraquece a concentração inicial da solução de imersão. A quantidade de conservante e o intervalo de tempo das reaplicações do metabissulfito de sódio precisam ser padronizados, visando uma uniformidade das concentrações finais de dióxido de enxofre nos camarões despescados. O Departamento Americano de Controle de Alimentos e Drogas (*Food and Drug Administration* - FDA) recomenda que a concentração de metabissulfito de sódio seja de 1,25% e o tempo de imersão de um minuto. Apesar dos estudos e de observações práticas de campo verifica-se a grande variabilidade de concentrações recomendadas e empregadas no tratamento do

camarão, acarretando, conseqüentemente, em grande dispersão dos valores de SO₂ encontrados no músculo do camarão, podendo inclusive, estarem acima do recomendado pela legislação (ANDRADE, 2015; VIEIRA, 2006).

4.4. A problemática do metabissulfito de sódio no processo produtivo de camarão

Na prática, são empregadas altas concentrações de metabissulfito de sódio, onde o procedimento usual para inibir a formação de melanose no camarão cultivado no Brasil consiste em imergi-lo em soluções contendo de 60 a 120 g/Kg de metabissulfito de sódio por um tempo aproximado de 10 a 15 minutos. Dessa forma, o excesso de conservante empregado, de 4 a 5 vezes além da real necessidade, acarreta, muitas vezes, em desperdício do conservante, rejeição do lote por parte do comprador/importador, necessidade de lavagens subsequentes do produto nas unidades de beneficiamento, além de prejuízos ao meio ambiente, devido ao descarte inadequado das soluções de metabissulfito de sódio empregadas (ANDRADE, 2015).

Sob o ponto de vista tecnológico, a consequência do uso inadequado desses compostos inclui a perda da capacidade de retenção de água, com o endurecimento do músculo após o cozimento, diminuindo a aceitabilidade (ANDRADE, 2015). Além disso, embora os sulfitos sejam amplamente utilizados na indústria de alimentos, o emprego deste aditivo como conservante acarreta alguns problemas, como a redução da biodisponibilidade de algumas vitaminas como a tiamina (B1), ácido fólico (B9), piridoxina, nicotinamida, reduzindo a qualidade nutricional dos alimentos tratados (FAVERO, 2011).

O consumo de camarão ou qualquer outro crustáceo pode provocar reações alérgicas em alguns indivíduos. Esse fato pode estar relacionado com a presença da proteína tropomiosina presente na carne dos crustáceos, visto que, a sensibilidade a essa proteína pode resultar em processos alergênicos. Contudo, algumas pessoas apresentam reações alérgicas ao consumir camarão devido a sensibilidade ao metabissulfito. Além das reações cutâneas, a ingestão desse aditivo pode oferecer outros riscos à saúde do consumidor, tal como, broncoespasmos em indivíduos asmáticos, distúrbios gastrintestinais (diarreias, dores abdominais), cefaleia, náuseas, tonturas e em casos mais graves, choque anafilático e perda de consciência também têm sido relatados em pacientes sensíveis (ALMEIDA, 2017; ANDRADE, 2015; VIEIRA, 2006). Dessa forma, é importante avaliar a quantidade de sulfitos adicionados aos alimentos e sua ingestão diária para que não prejudique os consumidores. A Ingestão Diária Aceitável (IDA) é de 0,7 mg/kg peso corpóreo, devendo

haver um monitoramento dos alimentos compostos pelos mesmos, de forma que seu uso não ultrapasse esse limite (FAVERO, 2011).

Na problemática do uso desse aditivo, resalta-se outro inconveniente: pessoas que se expõem periodicamente a conservantes, seja por ingestão ou contato físico apresentam-se mais susceptíveis a problemas de saúde, dentre as quais destacam-se os trabalhadores das carciniculturas, pois o SO₂ quando em contato com as mucosas umedecidas, combina-se com a água formando ácido sulfúrico e ácido sulfuroso. É considerado insalubridade máxima pelo Ministério do Trabalho quando atingir concentração de 4 ppm (10 mg/m³), conforme descrito no quadro N° 01 da Norma Regulamentadora N° 15. É imprescindível que os trabalhadores das carciniculturas que manuseiam o conservante estejam devidamente protegidos com equipamentos de proteção individual (EPI), que consiste em óculos, máscara com filtro químico para gases ácidos e filtros mecânicos, avental, luvas e botas impermeáveis. Por falta desses cuidados, ao longo dos anos tem sido constante o relato de mortes de trabalhadores, tanto em barcos pesqueiros, quanto em fazendas de camarão. No Brasil, em julho de 2003, registrou-se o óbito de um trabalhador em uma carcinicultura do estado do Ceará. O trabalhador apresentou dificuldade respiratória e reações cutâneas quando exposto ao metabissulfito de sódio durante a despesca. Em seis meses, esse quadro evoluiu em para uma insuficiência renal aguda e síndrome do desconforto respiratório do adulto (SDRA), causando a morte do mesmo (VIEIRA, 2006).

Outro fator importante a ser considerado no ciclo produtivo do camarão está na localização do mesmo. Comumente encontrado em manguezais, esse ecossistema de biodiversidade muito rica apresenta um papel fundamental para a reprodução de inúmeras espécies, tal que, ao ser submetido a impacto ambiental, todo o ciclo de reprodução do mar é perturbado. As regiões de mangues do estado do Rio Grande do Norte vêm sofrendo problemas provocados pela exploração de forma irregular ameaçando o ecossistema e a população local. Ainda, foi constatado uma crítica situação em termos de contaminação das águas, morte da vegetação nativa e redução das espécies marinhas. Isso se deve aos descartes que ocorrerem de forma inadequada e sem qualquer controle de tratamento ou de dosagem. Dessa forma, o ambiente é diretamente afetado, causando uma drástica redução do oxigênio dissolvido nos corpos de águas naturais receptores, contribuindo para a eutrofização e contaminação da água, refletindo em toda a cadeia alimentar do mar (JERÔNIMO et al., 2012; ALBUQUERQUE, 2005).

Atualmente, o metabissulfito de sódio ainda se constitui o conservante mais eficaz e de menor custo para a prevenção da melanose em camarões. Entretanto, diante do exposto, fazem-se necessários estudos que avaliem alternativas para substituição ao uso de sulfitos em alimentos, visando garantir alimentos mais seguros aos consumidores.

4.5. Filmes e revestimentos comestíveis

Nos últimos anos, pode ser observada uma crescente preocupação em relação à origem e o processamento dos alimentos. O consumidor, cada vez mais, procura produtos mais seguros do ponto de vista tecnológico e microbiológico, muitas vezes fazendo-os preferir substituir aditivos sintéticos por alternativas naturais. Com isso, a indústria de alimentos procura constantemente novas estratégias para aumentar o tempo de prateleira dos seus produtos e cada vez mais surgem inovações significativas com o propósito de criar um sistema efetivo de conservação da qualidade dos alimentos que sejam mais atrativas para o consumidor. Nos últimos anos, filmes e revestimentos comestíveis com a incorporação de bioativos têm sido considerados tecnologias com potencial para alcançar esse objetivo, assegurando a segurança microbiológica dos alimentos.

Revestimentos e filmes comestíveis são termos usados na área alimentar, muitas vezes como sinônimos. Entretanto, há distinção entre esses dois termos: o filme é uma película formada pela secagem da solução do biopolímero preparada separadamente do alimento, que é posteriormente aplicado. Já o revestimento pode ser uma suspensão ou uma emulsão aplicada e formada diretamente na superfície do alimento que após secagem leva à formação de um filme. A espessura dos filmes comestíveis é maior do que os revestimentos, um dos principais diferenciais entre eles (AVELINO, 2019; PINHEIRO et al, 2010).

Os revestimentos e filmes podem ser produzidos utilizando uma grande variedade de produtos, tais como polissacáridos, proteínas, lipídios, resinas, com a adição de plastificantes. Possuem a função de inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídios, aromas, dentre outros, pois promovem barreiras semipermeáveis, aumentando o tempo de prateleira. Além disso, podem transportar bioativos como: antioxidantes e antimicrobianos, atuando na inibição do enegrecimento do alimento. Estes revestimentos/filmes são biodegradáveis e têm sido utilizados com sucesso em várias aplicações comerciais, como por exemplo: gelatina para cápsulas, suplementos, fármacos e encapsulação de aromas; colágeno para envolver produtos de carne;

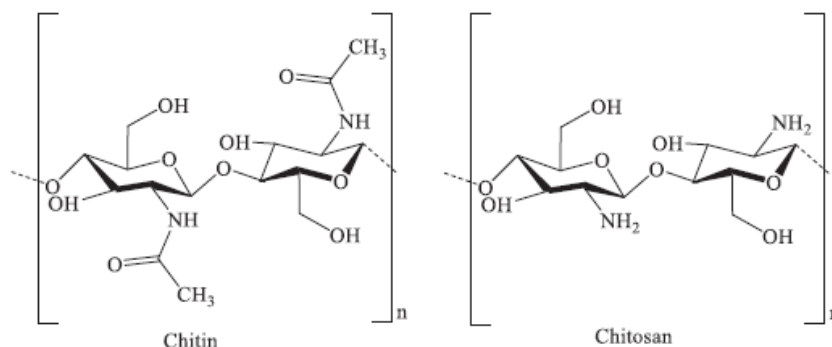
revestimentos de frutos secos e produtos frescos. A funcionalidade e o comportamento dos filmes e revestimentos variam conforme suas propriedades mecânicas e de transporte, que por sua vez dependem da composição do filme, do seu processo de formação e do método de aplicação no produto (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; AVELINO, 2019; JIMENEZ et al, 2012; FAKHOURI et al, 2007).

Os materiais utilizados para produzir revestimentos/filmes comestíveis podem ser obtidos de diversas fontes naturais, como proteínas (glúten de trigo, zeína de milho, proteína de soja, gelatina, proteína de soro e caseína), polissacarídeos (amido, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados de celulose), lipídios (cera, ácidos graxos e acilgliceróis) ou suas combinações. As películas de polissacarídeos são incolores, têm menor conteúdo calórico, aparência livre de óleo e são as mais utilizadas para prolongar a vida útil de moluscos, carnes, frutas e vegetais. Proteínas e polissacarídeos têm excelentes propriedades estruturais, mecânicas, de barreira a gases e antimicrobianas, mas demonstram características de barreira ao vapor de água pobres. Os filmes compostos de lipídios fornecem melhores características de barreira ao vapor de água devido à sua hidrofobicidade. (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; AVELINO, 2019; FAKHOURI et al, 2007).

A quitina, um dos polissacarídeos mais abundantes na natureza, é o principal componente do exoesqueleto de artrópodes, como por exemplo, insetos e crustáceos. Pelo processo de desacetilação, a quitina pode ser convertida em outro polissacarídeo, a quitosana. Ambas as estruturas (Figura 6) são constituídas por unidades de 2-acetamido-2-deoxi-D-glicopiranosose e 2-amino-2-deoxi-D-glicopiranosose unidas por ligações glicosídicas β , entretanto se diferem quanto à proporção dessas unidades e quanto à solubilidade. Na estrutura da quitina, que é insolúvel na maioria dos solventes, predominam unidades de 2-acetamido-2-deoxi-D-glicopiranosose enquanto que quitosana, que é predominantemente formada por unidades de 2-amino-2-deoxi-D-glicopiranosose, é solúvel em soluções aquosas diluídas de ácidos orgânicos e inorgânicos. A quitina pode ser desacetilada pela solução concentrada de NaOH, produzindo a quitosana. Devido as características de biodegradabilidade, biocompatibilidade e perfil atóxico, a quitosana tem sido estudada para aplicação em diferentes áreas como: produção de cosméticos, formulação de medicamentos, aditivos alimentares, adsorção de metais pesados, tratamento de efluentes industriais. Outra vantagem são suas características viscoelásticas, podendo dar origem a filmes resistentes, duradouros e flexíveis. Além disso, o uso da

quitina em processos industriais gera muitos resíduos sólidos e desta forma a utilização de quitosana traria uma vantagem adicional de minimização destes resíduos sólidos (PINHEIRO et al, 2010; AZEVEDO et al, 2007).

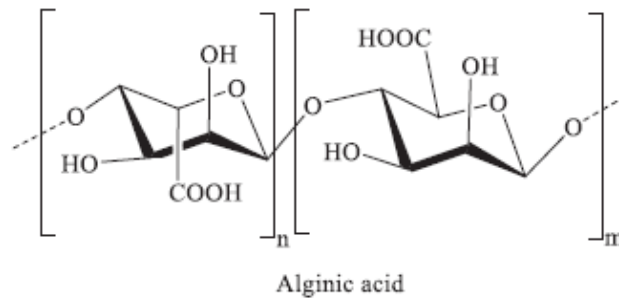
Figura 6. Estrutura química da quitina e da quitosana.



Fonte: Shahidi & Hossain, 2020

O alginato é um polissacarídeo natural extraído de espécies de algas marrons, usado na indústria de alimentos como estabilizante, emulsificante, espessante e agente gelificante. O alginato é um sal de ácido algínico (Figura 7) formado por unidades de ácido manurônico e ácido gulurônico. É encontrado nas algas marinhas como um sal com cálcio, sódio, magnésio e estrôncio. Portanto, no primeiro estágio de extração, o alginato é convertido em ácido algínico por ácido, seguido por um tratamento alcalino para gerar alginato de sódio. O alginato de sódio é solúvel em água e ácido, o que ajuda em sua capacidade de formar um filme forte. A formação do gel de alginato de sódio ocorre por um mecanismo de troca iônica onde o sódio é substituído pelo cálcio que existe na dispersão do filme que faz o alginato de cálcio. O alginato pode ser usado para desenvolver polímeros insolúveis ou géis fortes através da reticulação com íons metálicos (Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} e Pb^{2+}), resultando na manutenção da qualidade e aumentando a vida útil dos alimentos ao retardar a perda de umidade, inibir o crescimento microbiano, retardar a oxidação, agindo como uma barreira para gases, evitando a descoloração da superfície e mantendo as propriedades de textura e estabilidade. Além disso, é capaz de retardar a desidratação e eliminar a oxidação lipídica da carne (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020).

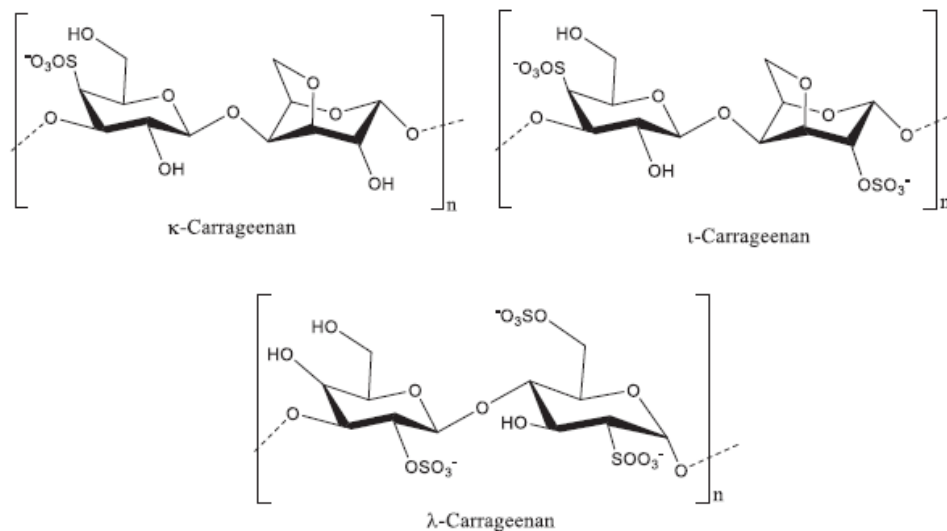
Figura 7. Estrutura química do ácido de algínico.



Fonte: Shahidi & Hossain, 2020

As carragenas são um grupo de polissacarídeos naturais que estão presentes na estrutura celular de algas do tipo *Rodophyceae*. As variedades dessas algas utilizadas para a extração produzem carragena do tipo kappa, iota e lambda, estas frações diferem-se entre elas no éster sulfato e no conteúdo em 3,6-anidro- α -D-galactose (Figura 8). As variações destes componentes influenciam a hidratação, a força do gel, a sua textura, a temperatura de fusão e de gelificação, a sinérese e as sinergias com outros compostos. As carragenas podem formar géis termossensíveis, influenciados pela presença e concentração de certos íons (PINHEIRO et al, 2010).

Figura 8. Estrutura química das carragenas.

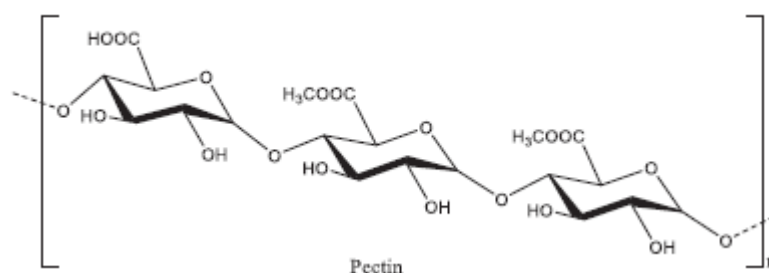


Fonte: Shahidi & Hossain, 2020

A pectina, componente estrutural das paredes das células vegetais, é o principal subproduto da indústria de frutas e vegetais, principalmente limão, lima, suco de laranja e bagaço de maçã. A pectina comercial, amplamente utilizada como aditivo em compotas, geleias, marmeladas e confeitos, compreende pelo menos 65% de ácido galacturônico e

metil galacturonato (Figura 9). Os filmes a base de pectina têm sido estudados devido à sua propriedade de formação de gel, capacidade de prevenir a perda de peso, inibir o crescimento microbiano, retardar a migração de lipídios e melhorar a aparência e textura (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020).

Figura 9. Estrutura química da pectina.



Fonte: Shahidi & Hossain, 2020

A gelatina, uma proteína natural solúvel em água e obtida do colágeno, contém uma alta concentração de glicina, prolina e hidroxiprolina. Com base na técnica de processamento, a gelatina pode ser categorizada em dois tipos, tipo A e tipo B, que são obtidos por hidrólise ácida e alcalina, respectivamente. Geralmente, a gelatina do tipo A é obtida da pele de porco, enquanto a gelatina do tipo B é derivada da pele bovina ou peles e ossos de porco. Devido a segurança dos alimentos e restrições religiosas, a extração de colágeno de fontes suínas e de outros mamíferos é um tanto limitada. Nesse sentido, a gelatina de pele de peixe está se tornando importante. Os filmes e revestimentos comestíveis preparados a partir de fontes de gelatina vem recebendo grande interesse de pesquisadores, pois possuem ampla disponibilidade a um custo comparativamente baixo. Por volta dos 35 ° C, a gelatina forma uma suspensão aquosa que desenvolve um gel após o resfriamento. Devido às suas propriedades de formação de gel, a gelatina é usada como um emulsificante, agente de formação de espuma e estabilizador de coloide na indústria alimentícia. Os filmes e revestimentos comestíveis obtidos da gelatina são claros, flexíveis, fortes e com boa transparência, propriedades mecânicas e de barreira, além da capacidade de estender a vida de prateleira de produtos alimentícios. No entanto, os filmes de gelatina têm propriedades de barreira ao vapor de água pobres devido à sua natureza hidrofílica (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020).

A formação de filmes e revestimentos com base em polissacarídeos exige na maioria dos casos, a presença de um plastificante, que deve ser compatível com o polímero

utilizado para que não ocorra separação durante a secagem. Os filmes sem plastificante apresentam uma estrutura frágil e dura, devido às interações entre as moléculas do polímero. A água é um dos plastificantes mais eficazes na composição de filmes e revestimentos. Os plastificantes são utilizados para melhorar aspectos como flexibilidade e resistência mecânica, melhorando a adesividade, diminuindo zonas descontínuas e quebradiças, permitindo uma melhor resistência dos filmes à penetração de vapores e gases (AVELINO, 2019; PINHEIRO et al, 2010).

A aplicação de uma camada de filme uniforme nas superfícies dos alimentos é geralmente difícil. Surfactantes como Tween e Spanv são ácidos graxos que podem ser aplicados para estabilizar a fase dispersa e diminuir a tensão superficial de uma solução para uma melhor uniformidade. Além disso, alguns surfactantes também ajudam a reduzir a perda de umidade e fornecem uma barreira contra o oxigênio para inibir a descoloração enzimática dos produtos (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020).

Apesar da aplicação de filmes e revestimentos comestíveis ser uma tecnologia inovadora e interessante para estender a vida de prateleira de pescados, as informações sobre a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis nesse segmento ainda são mínimas e, até o momento, não há nenhum revestimento ou filme comestível disponível comercialmente no mercado (YU et al, 2020).

4.6. Bioativos

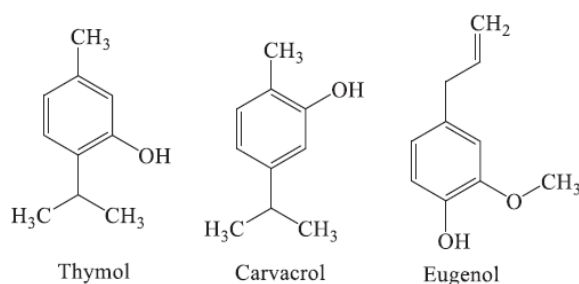
Os filmes e revestimentos comestíveis podem conter vários bioativos que aumentam a qualidade e a segurança dos alimentos. Por definição, os bioativos são compostos extra nutricionais presentes naturalmente em pequenas quantidades nos alimentos e, quando ingeridos em quantidades significativas, exercem efeitos benéficos à saúde humana. Por existirem na natureza em grande número, com ampla variação em estrutura química, são divididos em diversas classes, sendo os polifenóis, carotenoides e glicosinolatos os três principais grandes grupos de bioativos presentes na dieta humana habitual. Dentre os bioativos, os óleos derivados de plantas, produtos odoríferos e voláteis do metabolismo secundário de uma planta aromática, são agentes antimicrobianos e antioxidantes que podem ser usados para controlar a deterioração de alimentos e/ou bactérias patogênicas transmitidas por alimentos (CARNAUBA, 2019; FIGUEIREDO, 2015; DU et al, 2011).

A ação antioxidante, comum entre esses compostos, é o principal interesse na aplicação em camarões, a fim de evitar o aparecimento da melanose. Os antioxidantes, como o próprio nome já indica, são utilizados para prevenir a oxidação, degradação e escurecimento enzimático em alimentos revestidos. A atividade antimicrobiana dos OEs das plantas (como por exemplo os de canela, capim-limão, alecrim, orégano e tomilho) é atribuída a uma série de pequenos compostos terpenóides e fenólicos (como taninos, flavonoides e derivados de ácidos fenólicos), que também na forma pura exibem atividade antibacteriana ou antifúngica (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; DU et al, 2011).

Os antioxidantes podem ser encapsulados em filmes comestíveis ou diretamente incorporados aos alimentos a fim de estender a vida útil de produtos alimentícios, prevenir sua oxidação e melhorar as propriedades funcionais dos filmes. Além disso, os antimicrobianos embutidos nos filmes podem ser liberados gradativamente na superfície dos alimentos, necessitando, portanto, de quantidades menores para atingir o prazo de validade desejado (BENBETTAÏEB, 2019; DU et al, 2011).

Os agentes antimicrobianos e antioxidantes mais utilizados em filmes e revestimentos comestíveis são os óleos essenciais (OEs) e extratos vegetais, exemplificados na Tabela 1. Os OEs são líquidos concentrados, hidrofóbicos e aromáticos com forte odor, obtidos de partes de plantas. Especiarias e ervas são as principais fontes de OEs, sendo eugenol, carvacrol e timol, os principais componentes responsáveis pela atividade antioxidante dos EOs (Figura 10). Além disso, a interação entre o grupo hidroxila dos polímeros e os constituintes do EOs, como éteres, aldeídos e cetonas, pode aumentar a hidrofobicidade do filme, melhorando assim suas propriedades de barreira ao vapor de água. A incorporação de OEs leva à melhoria da resistência à tração e ao alongamento na ruptura do filme (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020).

Figura 10. Principais compostos fenólicos presentes nos óleos essenciais adicionados em filmes e revestimentos comestíveis.



Fonte: Shahidi & Hossain, 2020 (adaptado).

A aplicação de OEs em produtos alimentícios ainda é limitada devido à variabilidade de sua composição, efeito do sabor nas propriedades sensoriais dos alimentos e potenciais interações com componentes alimentares. Por isso, uma alternativa levantada é a incorporação de OEs em filmes comestíveis, pois além dos efeitos complementares nas embalagens de alimentos, o encapsulamento pode protegê-los da interação com o meio circundante e evitar sua oxidação, resultando na redução ou ausência de sabores fortes. Uma vez que os compostos antimicrobianos se transferem seletivamente e lentamente da superfície do filme em direção à superfície do alimento, a incorporação de OEs na solução formadora de filme pode ser mais eficaz do que a aplicação direta (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020, DU et al, 2011).

4.7. Revestimentos comestíveis contendo bioativos e a sua aplicação em camarão

Como visto anteriormente, a aplicação de filmes e revestimentos comestíveis pode ser uma técnica alternativa para estender a vida de prateleira de pescados, pois fornecem uma barreira contra a penetração de oxigênio, transferência de umidade, oxidação de lipídios. Além disso, filmes comestíveis também podem conter componentes bioativos, principalmente antimicrobianos, antioxidantes, anti-escurecimento e componentes aromatizantes que melhoram não só a qualidade e segurança alimentar, mas também aumentam as propriedades físicas e mecânicas dos filmes (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020).

A maneira como os filmes e revestimentos comestíveis podem ser aplicados aos alimentos e a capacidade de um filme aderir à superfície do produto são questões essenciais ao desenvolver filmes e revestimentos comestíveis. A seleção de um filme comestível depende muito de sua função desejada, principalmente comestibilidade, biodegradabilidade, propriedades de barreira, permeabilidade, estrutura química, estado físico, concentração, aparência estética, propriedade antimicrobiana, atividade antioxidante e substâncias nutricionais presentes. Estes podem ser claros ou opacos, entretanto os consumidores geralmente preferem os transparentes. Os filmes e revestimentos comestíveis podem ser obtidos e aplicados de várias maneiras, as mais utilizadas são *casting* e imersão (DU et al. 2011; BENBETTAÏEB et al, 2019).

A formação por *casting* é o método mais utilizado para obter a forma final de filmes para posterior estudo de suas propriedades e aplicação em alimentos. Geralmente, as soluções de filme diluído são espalhadas manualmente, niveladas e, em seguida, secas sob condições ambientais e umidade relativa controlada. Equipamentos mais sofisticados

podem produzir filmes de dimensões maiores, já que o espalhamento da solução é realizado mecanicamente até uma espessura fixa. Os filmes podem ser secos em condições ambientais, com ar quente, energia infravermelha ou energia de micro-ondas. O método de secagem pode afetar significativamente as propriedades físicas do filme final, incluindo morfologia do filme, aparência e barreira e propriedades mecânicas. Em comparação com outras técnicas, os filmes obtidos por *casting* são mais transparentes e homogêneos, com menor permeabilidade ao vapor de água e opacidade (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; DANGARAN et al, 2009).

Na formação de revestimento por imersão, uma cobertura comestível é formada aplicando uma solução diluída diretamente na superfície do alimento, e o revestimento se forma após a evaporação do solvente. A imersão é mais adequada para objetos alimentares de formato irregular. Os revestimentos finais formados podem ser menos uniformes. Superfícies irregulares de produtos alimentícios apresentam desafios específicos para a aplicação uniforme de revestimentos. Assim, aplicações múltiplas, com etapas de drenagem e secagem entre as operações de imersão, podem ser necessárias para garantir a cobertura total e obter um revestimento uniforme na superfície de um alimento. O método de imersão é o mais utilizado para revestir peixes e carnes. As condições de tempo e temperatura de imersão variam de acordo com o produto e os componentes da solução desejada (DANGARAN et al, 2009; USTUNOL, 2009).

Quando uma solução de revestimento é aplicada, dependendo da concentração, o produto irá absorver uma quantidade apropriada de material de revestimento necessário para formar a camada desejada, que quando seca, forma uma camada protetora na superfície do alimento. Na maioria dos casos, algum plastificante precisa ser adicionado à solução para evitar que o filme de revelação se torne quebradiço. Os possíveis plastificantes de qualidade alimentar são glicerol, manitol e sorbitol. A adesão é um parâmetro muito importante para a moldagem do filme. Uma baixa força de adesão causa um mau desempenho do revestimento e o filme pode facilmente descolar da superfície. Surfactantes podem ser adicionados para reduzir a tensão superficial da solução de filme, aumentando a adesão (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; PAVLATH & ORTS, 2009).

Água, etanol e ácido acético são os solventes mais comuns na fabricação de filmes e revestimentos comestíveis, pois são eficazes na formação de filmes e seguros para consumo humano quando diluídos em água. O solvente utilizado precisa ser evaporado e os filmes e revestimentos comestíveis aplicados a produtos alimentícios precisam se

solidificar ou solidificar na superfície dos alimentos. Este requisito pode ser realizado em temperatura ambiente ou com o uso de calor. Tempos de secagem mais curtos tendem a fornecer revestimentos mais uniformemente distribuídos. (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; USTUNOL, 2009).

Os antioxidantes, compostos ácidos ou fenólicos, incorporados a soluções de revestimentos aumentam a estabilidade dos componentes dos alimentos, especialmente lipídios, e mantêm o valor nutricional e a cor evitando o ranço oxidativo, a degradação e a descoloração, também podem reduzir os processos enzimáticos, como a oxidação enzimática. Os compostos ácidos, como o cítrico e o ascórbico, são agentes quelantes de metais. Esses antioxidantes podem ser incorporados aos revestimentos comestíveis, ficando assim retidos na superfície dos alimentos onde são mais eficazes (QUEZADA-GALLO, 2009).

No entanto, as interações entre produtos alimentares e filmes ou o ambiente circundante podem ocorrer via adsorção, migração e permeação, levando à modificação das propriedades organolépticas e nutricionais dos alimentos. A interação entre os filmes e os alimentos depende da natureza química dos compostos, do tamanho molecular dos biopolímeros, da estrutura e espessura dos filmes, bem como da temperatura e das condições do processo. Portanto, é essencial conhecer o mecanismo de formação de filmes e como essas variáveis influenciam a eficácia dos filmes e revestimentos comestíveis (SHAHIDI & HOSSAIN, 2020; SALGADO et al. 2015; SILVA-WEISS et al. 2013).

Um compilado de estudos realizados sobre aplicação de revestimentos comestíveis para preservação de camarão é apresentado na Tabela 1 e discutido a seguir. Foi observado que os solventes mais comuns usados em filmes e revestimentos aplicados em camarão fresco são ácido acético, necessário para dissolver a quitosana, e água. Além disso, o método de revestimento mais utilizado para camarões foi a imersão. A técnica variou entre uma ou duas imersões, por 30 segundos a 30 minutos. As condições de armazenamento variaram entre 5 a 1°C, com a duração dos testes de 3 a 21 dias. Os parâmetros de imersão, principalmente concentração, tempo e temperatura, precisam ser selecionados adequadamente, pois podem prejudicar a qualidade dos produtos alimentares aquáticos.

Dentre os biopolímeros mais utilizados para revestimento de alimentos, citados nesta revisão (alginato, quitosana, carragena, pectina e gelatina), a quitosana é a mais empregada para camarões devido à sua forte atividade antimicrobiana e antioxidante

(TAYEL et al, 2020; WANG et al, 2018; ALPARSLAN et al, 2016; FARAJZADEH et al, 2016; YUAN et al, 2016; ALVAREZ et al, 2014; ASIK 2014). Entre os bioativos utilizados (OEs de cravo, orégano, tomilho, alho e casca de laranja; extratos de casca de romã, acerola, semente de uva, chá verde, algas vermelhas, carvacrol e florotaninos), temos a maior utilização de óleos essenciais, incorporados ou não a revestimentos e extratos vegetais (BALTI et al, 2020; TAYEL et al, 2020; SHARIFIAN et al, 2019; ALOTAIBI & TAHERGORABI, 2018; WANG et al, 2018; ALPARSLAN et al, 2016; YUAN et al, 2016; GONÇALVES et al, 2015; ALVAREZ et al, 2014; ASIK, 2014; NIRMAL & BENJAKUL, 2011b; GOKOGLU & YERLIKAYA, 2008).

Por exemplo, Tayel et al. (2020) estudaram o impacto de revestimentos de Nanopartículas (NPs) de quitosana combinados com OE de cravo aplicado em camarões durante 10 dias. A melhor composição de revestimento, para preservar a aparência, o odor e a cor dos camarões armazenados, continha 1,5% de NPs de quitosana e 1,0% de OE de cravo. A aplicação proporcionou à manutenção da qualidade sensorial através da proteção contra oxidação. A quitosana foi relatada como um poderoso material antioxidante e agente quelante, presume-se que isso a torna capaz de ligar-se a enzimas de oxidação e inibir seus efeitos. O óleo de cravo, possuidor de numerosos fitoconstituintes com alto potencial antimicrobiano e antioxidante, mostrou-se eficiente em fortalecer a atividade de revestimento das NPs de quitosana. A manutenção da qualidade sensorial, em camarões revestidos com OE de cravo/NPs de quitosana, está notavelmente correlacionada com a redução da deterioração microbiana, formação de melanose e decomposições bioquímicas.

Yuan et al. (2016) avaliaram o efeito do revestimento comestível feito de extrato de casca de romã e quitosana na melanose de camarão branco do Pacífico durante o armazenamento. O revestimento retardou significativamente a melanose e as mudanças de cor e melhorou a textura em comparação com o controle. Em um estudo semelhante, Wang et al. (2018) afirmou que o revestimento de quitosana-carvacrol com ou sem ácido caprílico atrasou a melanose e aumentou a textura e as qualidades sensoriais do camarão branco do Pacífico durante o armazenamento em gelo.

Em outro estudo sobre aplicação de revestimento de quitosana-gelatina em camarões, Farajzadeh et al. (2016) percebeu que a pontuação de aceitabilidade de melanose indicou que a vida útil do camarão refrigerado era de 14 dias em amostras revestidas. A melanose do controle foi baixa até o dia 10 e moderada até o dia 14. Nenhuma melanose foi revelada para o camarão revestido durante o armazenamento. Isso pode ser atribuído a

certas propriedades funcionais da quitosana, como ser um antioxidante, um agente antimicrobiano e uma barreira ao oxigênio. A literatura relatou que a quitosana poderia retardar o aparecimento de manchas pretas em camarões, por causa de sua ação quelante e exclusão de oxigênio induzida pelo revestimento, o que impede a atividade da enzima polifenol oxidase. Da mesma forma, foi relatado por Asik (2014) o efeito antimelanósico da quitosana em camarões até o dia 7 de armazenamento, com um adicional de 2 dias de extensão de vida útil aos camarões revestidos com quitosana/ OE de alho.

Além disso, Alparslan et al. (2016) estudaram o impacto de revestimentos de gelatina combinados com EO de folha de laranja aplicados em camarão ao longo de 14 dias. Verificou-se que com a aplicação de revestimento de gelatina e revestimento de gelatina enriquecido com 2% de OE de folha de laranja, a melanose foi detectada no 12º e 14º dia de armazenamento, respectivamente. O OE de folha de laranja também proporcionou sabor e odor agradável aos camarões. Sugere-se que os revestimentos de gelatina são eficazes para manter as características sensoriais de camarões e a incorporação de OE de folha de laranja pode potencializar as características protetoras dos revestimentos de gelatina. Já Alvarez et al. 2014 aplicaram revestimentos de pectina contendo OE de orégano em camarões. O estudo mostrou que o OE de orégano foi eficiente na prevenção da carga bacteriana. Ao mesmo tempo, os revestimentos de pectina/OE de orégano foram eficazes na redução do crescimento de leveduras, fungos e coliformes totais de amostras de camarão durante o armazenamento.

Balti et al. (2020) realizaram um estudo de revestimentos comestíveis baseados em exopolissacarídeos microalgais (EPS) enriquecidos com extrato de alga vermelha para melhorar a preservação do camarão durante o armazenamento refrigerado. As atividades enzimáticas de PPO medidas no grupo EPS e camarão não revestido não mostraram diferenças significativas. Já o revestimento de EPS com 1,5% de extrato de algas vermelhas apresentou maiores índices de inibição das atividades enzimáticas durante o armazenamento. Os níveis de atividade de PPO significativamente mais fracos nos camarões tratados com EPS/1,5% de extrato de algas do que os camarões não tratados, mostra a eficácia desses revestimentos bioativos na inibição da formação de melanose, visto que a atividade da enzima PPO está relacionada com o aumento da mesma.

Alotaibi & Tahergorabi (2018) desenvolveram revestimentos comestíveis a partir de amido de batata-doce e OE de tomilho (a 2, 4 e 6%) para o revestimento de camarão. A incorporação de EO ao longo de 12 dias de armazenamento, resultou em valores mais altos

de dureza, coesão, goma, elasticidade e mastigabilidade do que as amostras não revestidas. Nenhuma melanose foi observada no camarão revestido durante o armazenamento, fato atribuído as propriedades funcionais do revestimento de batata doce incorporado com EO de tomilho.

Em um estudo Gonçalves et al. (2015) teve como objetivo testemunhar a atividade inibitória da acerola sobre a melanose em camarão durante 21 dias. As amostras de camarão foram submetidas à imersão em tratamentos com solução de poupa de acerola (A) e solução de metabissulfito (M), além de um grupo controle (C). A análise determinou a vida de prateleira dos grupos C, M e A como 10,5, 14,6 e 12,3 dias, respectivamente. Não houve diferenças significativas entre os grupos C e A para análise de melanose. Portanto, mergulhar camarões em soluções de acerola não seria suficiente para inibir a formação de melanose e mais estudos seriam necessários para determinar totalmente o potencial antimelanósico da acerola.

Sharifian et al. (2019) estudaram o efeito dos tratamentos com florotaninos extraídos da alga *S. tenerimum* na atividade da PPO e nas mudanças de qualidade de camarão durante 16 dias de armazenamento em gelo. A avaliação provou que o tratamento com 5% de florotaninos pode causar um aumento de 4 dias na vida útil dos camarões em comparação ao controle. Portanto, poderia ser utilizado como um inibidor seguro da melanose para o tratamento de camarões.

Nirmal & Benjakul (2011b) realizaram um estudo aplicando soluções de extrato chá verde com e sem remoção prévia de clorofila em camarões durante 12 dias. Os camarões tratados com extrato etanólico de chá verde com remoção prévia de clorofila nas concentrações de 5 e 10 g/L teve a menor contagem bacteriana e menor oxidação lipídica em comparação ao controle (C) e aos camarões tratados com metabissulfito de sódio (M). Os camarões tratados com 5 g/L de extrato de chá verde com remoção prévia de clorofila apresentaram menor índice de melanose em comparação ao grupo C, e apresentou pontuação semelhante ao grupo M. Além disso, o extrato etanólico de chá verde com remoção prévia da clorofila não teve impacto adverso nos atributos sensoriais do camarão tratado. Gokoglu & Yerlikaya (2008) investigaram os efeitos de extratos de sementes de uva na inibição da melanose em camarões durante 3 dias. Os camarões foram mergulhados nas soluções e armazenados a 4°C. De acordo com os autores, os extratos de sementes de uva apresentaram efeito inibidor da formação de melanose.

Tabela 1. Revestimentos comestíveis contendo bioativos aplicados em camarão.

| Composição | Bioativos incorporados | Solvente | Forma de aplicação | Condições de armazenagem | Resultados obtidos | Referência |
|--|--|----------------------|--|--|--|-------------------------------|
| Exopolissacarídeos microalgais (EPS) e glicerol | 1,5% extrato de algas vermelhas (<i>Gracilaria gracilis</i>) | Água | Imersão por 15 minutos | 4°C /8 dias | Estendeu efetivamente a vida útil do camarão e manteve todos os atributos sensoriais. | Balti et al. (2020) |
| 1,5% nanopartículas de quitosana (89,4% DD), glicerol, trifosfato de sódio e 2% Tween 80 | 1,5% óleo de cravo-da-índia (<i>Syzygium aromaticum</i>) | 1% ácido acético | Imersão por 30 minutos | Armazenamento em bandejas de poliestireno com filmes plásticos /4-1°C/ 10 dias | Retardo da deterioração microbiana, da formação de melanose e das decomposições bioquímicas. | Tayel et al. (2020) |
| - | 5% florotaninos (extraídos da <i>Sargassum tenerimum</i>) | Água | Imersão por 10 minutos | Armazenamento em gelo /16 dias | Inibição da melanose, nível mais baixo de oxidação lipídica, contagens microbianas e perda de qualidade. | Sharifian et al. (2019) |
| Fécula de batata doce (<i>Ipomoea batatas</i>), glicerol e Tween 80 | Óleo de tomilho (<i>Thymus Vulgaris</i>) | Água | Imersão por 15 minutos | 4°C /8 dias | Redução do crescimento microbiano, inibição da melanose e redução da oxidação lipídica. | Alotaibi & Tahergorabi (2018) |
| Quitosana (90% DD) | 0,5% tween 80, 0,5% carvacrol e 1% ácido caprílico | 1% ácido acético | Imersão por 1 minuto | Armazenamento em gelo /10 dias | Estendeu a vida útil durante o armazenamento em gelo | Wang et al. (2018) |
| Gelatina, glicerol e D-sorbitol | 2% óleo essencial de laranja (<i>Citrus sinensis L.</i>) | Água | Imersão por 30 segundos, duas vezes seguida | Armazenamento em pratos de espuma estéril, a vácuo /4-1°C /14 dias | Prolongou a vida útil e manteve os atributos de qualidade dos camarões. | Alparslan et al. (2016) |
| 1% quitosana (85% DD) e 3% gelatina | - | Ácido acético e água | Imersão por 30 segundos, duas vezes seguidas | 4°C /14 dias | Perda de peso reduzida e melhoria da textura e cor. | Farajzadeh et al. (2016) |

Fonte: Elaborada pelo Autor.

(continua)

Tabela 1. Revestimentos comestíveis contendo bioativos aplicados em camarão.

| Composição | Bioativos incorporados | Solvente | Forma de aplicação | Condições de armazenagem | Resultados obtidos | Referência |
|--|---|-------------------------|------------------------|---|--|----------------------------|
| 1% quitosana (90% DD) | 1,5% extrato de casca de romã | 1% ácido acético | Imersão por 30 minutos | Armazenamento em gelo /10 dias | Inibição da melanose e melhoria da qualidade sensorial. | Yuan et al. (2016) |
| Solução de acerola e água | Acerola (<i>Malpighia glabra L.</i>) | Água | Imersão por 10 minutos | 5-1°C /21 dias | A imersão em solução contendo apenas acerola não foi suficiente para melhorar a qualidade ou prolongar a vida útil do camarão. | Gonçalves et al. (2015) |
| 3% pectina e glicerol | Óleo de orégano (<i>Lippia graveolens</i>) | Água | Imersão por 2 minutos | Armazenamento em bandejas de polipropileno /4°C /15 dias | Foi efetivo quanto a atividade antimicrobiana. | Alvarez et al. (2014) |
| 3% quitosana (91% DD), glicerol e Tween 20 | 1,5% óleo de alho (<i>Allium sativum</i>) | 1% ácido acético e água | Imersão por 5 minutos | Armazenamento em bandejas de poliestireno com filme plástico/ 4-1°C /11 dias | Prolongou a vida útil do camarão. | Asik (2014) |
| - | 5g/L de extrato de chá verde (<i>Camellia sinensis</i>) | Água | Imersão por 15 minutos | Armazenamento em caixa de poliestireno contendo gelo /12 dias | Retardou a formação da melanose, o crescimento microbiano e a oxidação lipídica. A eficácia do extrato foi maior que a do metabissulfito de sódio. | Nirmal & Benjakul (2011b) |
| - | Extrato de sementes de uva (<i>Vitis vinifera sp.</i>) | Água | Imersão por 1 minuto | Embalados por sobreposição com filme de cloreto de polivinilideno /4°C /3 dias. | Apresentou efeito retardador da melanose. | Gokoglu & Yerlikaya (2008) |

Fonte: Elaborada pelo Autor.

4.8. Análise de viabilidade: metabissulfito de sódio x bioativos.

Considerando a problemática abordada nessa revisão sobre o uso do metabissulfito de sódio na conservação de camarão, a aplicação de polímeros biodegradáveis e componentes bioativos como ingredientes de soluções de revestimento de alimentos constituem uma tendência inovadora para a sua aplicação no mercado. Notavelmente, os estudos mostraram que as soluções prolongaram a vida útil do camarão, reduzindo o amolecimento, que causa um impacto negativo na textura, a descoloração, o crescimento microbiano e retardando o aparecimento da melanose.

Entre os bioativos citados, os extratos vegetais, obtidos como subproduto do processamento de frutas, são alternativas interessantes ao uso de aditivos sintéticos. A indústria de processamento de frutas gera uma grande quantidade de resíduos, que podem chegar até 40% do volume total processado, geralmente constituídos por resíduos de cascas, sementes e bagaço rejeitados durante o processo. A destinação desses resíduos é considerada altamente custosa para as empresas, sendo muitas vezes descartada ou subutilizada, representando grandes perdas de matéria-prima e recursos energéticos, além de se tornarem potenciais fontes de contaminação, com impacto ambiental negativo (SILVA, 2020).

Como visto anteriormente, o uso do metabissulfito de sódio no processo produtivo de camarão confere riscos não somente a saúde do consumidor, mas também gera impactos ambientais provenientes do descarte inadequado, contribuindo para a eutrofização e contaminação das águas. Dessa forma, a utilização de extratos vegetais na conservação do camarão, além de evitar o problema da contaminação das água pelo uso do metabissulfito de sódio, traria a vantagem adicional do aproveitamento de um subproduto da indústria de alimentos, possibilitando minimizar os impactos ambientais causados pela destinação inadequada de resíduos e gerando produtos de ampla aplicação tecnológica.

O metabissulfito de sódio é o aditivo mais utilizado para conservação de camarão devido ao seu baixo custo. Com isso, a busca por um substituto a esse aditivo torna-se um desafio. Apesar da utilização de bioativos geralmente apresentar um custo mais elevado, alguns deles podem ser mais acessíveis, compensando a substituição. Dentre os estudos abordados nesta revisão, escolheu-se três soluções de bioativos para avaliar de forma superficial os custos, considerando apenas extrato em solução e o metabissulfito de sódio, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Custo estimado de soluções utilizadas para conservação de camarão.

| Componente | Preço/ kg de Componente | Preço de Solução/ kg de Camarão* | Referência |
|---------------------------|--------------------------------|---|-------------------|
| Metabissulfito de sódio | R\$10,90 | R\$0,27 | Casa dos Químicos |
| Polpa de acerola | R\$28,50 | R\$2,85 | Agrobonfim |
| Extrato de chá verde | R\$27,90 | R\$0,28 | Mercado Livre |
| Extrato de semente de uva | R\$48,90 | R\$2,93 | BioShop |

*Os preços das soluções de revestimento/ kg de camarão foram calculadas com base nas concentrações utilizadas em estudos citados na Tabela 1. Fonte: Elaborada pelo Autor.

A partir da Tabela 2, observa-se que o custo da solução de extrato de chá verde é praticamente a mesma do metabissulfito de sódio. Aliado a isso, no estudo realizado por Nirmal & Benjakul (2011b), a eficácia do uso de extrato de chá verde foi maior que o metabissulfito de sódio na conservação de camarão.

Financeiramente, a utilização do metabissulfito pode ser vantajosa, entretanto deve-se considerar o valor agregado que o uso de um bioativo ao produto final, apelo a saúde e sustentabilidade.

Um estudo dos custos adicionais como processo de produção de diferentes metodologias de imersão e/ou aplicação dos bioativos, mercado de bioativos e aceitabilidade do produto contendo os aditivos naturais são necessários para avaliar relação custos/benefícios.

5. CONCLUSÃO

Tecnologicamente, os aditivos alimentares são importantes e contribuem na conservação dos alimentos. Considerando a necessidade da utilização desses aditivos no aumento da vida útil dos produtos alimentícios, e ao mesmo tempo associar a segurança dos alimentos, saúde e o meio ambiente tornou-se um desafio para a cadeia de processamento de alimentos.

O uso inconsequente do metabissulfito de sódio no processo produtivo de camarão acarreta em vários problemas a saúde dos consumidores e ao meio ambiente, sendo questionável a segurança de sua utilização, devido ao uso incorreto do aditivo pelas indústrias processadoras do produto.

Dessa forma, a partir dos resultados apresentados na literatura, pode se considerar que os bioativos são promissores para estender a vida útil e diminuir as perdas durante a comercialização do camarão fresco. Embora, os bioativos apresentem um custo mais elevado quando comparado ao metabissulfito de sódio, é possível encontrar potenciais substitutos, como o extrato de chá verde, citado nessa revisão. Adicionalmente, deve-se ponderar os efeitos benéficos a saúde do consumidor e a minimização dos impactos ambientais.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Liana Filgueira. **Estudo da oxidação do metabissulfito de sódio contido no efluente da carcinicultura**. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, UFRN, Natal, 2005.

ALMEIDA, Sergio. A utilização do metabissulfito de sódio como conservante na indústria do camarão cultivado. **Aquaculture Brasil**. Laguna, v. 5, 01 jan. 2017.

ALOTAIBI, S., and R. Tahergorabi. 2018. Development of a sweet potato starch-based coating and its effect on quality attributes of shrimp during refrigerated storage. **LWT - Food Science and Technology** 88: 203–9.

ALPARSLAN, Yunus et al. Quality assessment of shrimps preserved with orange leaf essential oil incorporated gelatina. **LWT - Food Science and Technology**, v. 72, 2016, p 457-466. Available from <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.066>.

ALVAREZ, M. V., L. A. Ortega-Ramirez, M. M. Gutierrez-Pacheco, A. T. Bernal-Mercado, I. Rodriguez-Garcia, G. A. Gonzalez-Aguilar, A. Ponce, M. d R. Moreira, S. I. Roura, and J. F. Ayala-Zavala. 2014. Oregano essential oil-pectin edible films as anti-quorum sensing and food antimicrobial agents. **Frontiers in Microbiology**. 5:699–7.

ANDRADE, Luciana Trigueiro de et al. Standardization of sodium metabisulfite solution concentrations and immersion time for farmed shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p. 499-504, Mar, 2015.

ANDRADE, Luciana Trigueiro de. Uso do dióxido de enxofre na despesca e beneficiamento de camarão. **Principia, João Pessoa**, v. 28, p. 66-77, dez. 2015.

ARAÚJO, Ianna Wivianne Fernandes. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* TRATADO COM INIBIDORES DE MELANOSE E ESTOCADO EM GELO**. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Pesca, UFCE, Fortaleza, CE, 2007.

ASIK, Emine. Effects of chitosan coatings incorporated with garlic oil on quality characteristics of shrimp. **Journal Of Food Quality**. **Ankara**, Turquia, p. 237-246. fev. 2014.

AVELINO, Kely Regina de Souza (2019). **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFGD, Dourados, 2019.

AZEVEDO, V. V. C et al. 2007. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.2.3. p 27-34. ISSN 1809-8797. Campina Grande – PB, Brasil.

AZMY, Eman A.M. et al. Synthesis, characterization, swelling and antimicrobial efficacies of chemically modified chitosan biopolymer. **Journal of Molecular Liquids**, v. 284, 2019, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.04.054>.

BALTI, Rafik et al. Active exopolysaccharides based edible coatings enriched with red seaweed (*Gracilaria gracilis*) extract to improve shrimp preservation during refrigerated storage. **Food Bioscience**, v. 34, 2020. Available from <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100522>.

BASTOS, Deborah H. M.; ROGERO, Marcelo M.; AREAS, José Alfredo G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arq Bras Endocrinol Metab**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 646-656, July 2009.

BENBETTAÏEB, N., T. Karbowiak, and F. Debeaufort. 2019. Bioactive edible films for food applications: Influence of the bioactive compounds on film structure and properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 59 (7):1137–53. doi: 10.1080/10408398.2017.1393384.

CORDEIRO, Mery Elice de Moraes. **Relatório do Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO), realizado na Samaria Camarões Ltda, localizada no Rio Grande do Norte - RN**. 2018. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, UFRPE, Recife, PE, 2018.

DANGARAN K., Tomasula P.M., and Qi P. 2009. Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings. In *Edible films and coatings for food applications*, eds. **M. E. Embuscado and K. C. Huber**, 25–57. New York: Springer.

DANTAS, Emanuelle Andrade et al. Caracterização e avaliação das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 142-148, jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131458>.

DU, W. X., R. J. Avena-Bustillos, S. Sheng, T. Hua, and T. H. McHugh. 2011. Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety. **Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances** 2:1124–34.

FAKHOURI, Farayde Matta et al. 2007. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(2): 369-375.

FARAJZADEH, F. A., Motamedzadegan, S. A. Shahidi, and S. Hamzeh. 2016. The effect of chitosan-gelatin coating on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under refrigerated condition. **Food Control** 67:163–70. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.02.040.

FAVERO, Diego Matos. Sulfitos: importância na indústria alimentícia e seus possíveis malefícios à população. **Segurança Alimentar e Nutricional**. Campinas, p. 11-20, 2011.

FIGUEIREDO, Helena Rodrigues. Alimentos Funcionais: Compostos bioativos e seus efeitos benéficos à saúde. **Alfenas**. 14-Mai-2015. <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/460>

GÓES, Lílian Maria Nery de Barros. Uso do metabissulfito de sódio no controle de microrganismos em camarões marinhos *Litopenaeus vannamei*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 153-157, April/June, 2006.

GOKOGLU, N., & YERLIKAYA, P. (2008). Inhibition effects of grape seed extracts on melanosis formation in shrimp (*Parapenaeus longirostris*). **International Journal of Food Science & Technology**, 43(6), 1004–1008.

GONÇALVES, Alex Augusto et al. Acerola Fruit as a Possible Antimelanotic Agent in White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal Of Food Processing**. Mossoró, RN. nov. 2015.

GONÇALVES, Alex Augusto; DE OLIVEIRA, Adriene Rosceli Menezes. Melanosis in crustaceans: A review. *LWT - Food Science and Technology*, Volume 65, 2016, Pages 791-799, ISSN 0023-6438. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.011>.

IBGE, Produção da Pecuária Municipal 2019; Rio de Janeiro: **IBGE**, 2020

JERÔNIMO et al. Simulação sintética do efeito do metabissulfito de sódio no desprendimento do oxigênio dissolvido em águas. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 7, p. 1261-1271, mar-ago, 2012.

JIMÉNEZ, A.; FABRA, M.J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. **Food Bioprocess Technology**. v.5, p. 2058–2076, 2012.

LIU, Xiaoli. Coating white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with edible fully deacetylated chitosan incorporated with clove essential oil and kojic acid improves preservation during cold storage. **International Journal of Biological Macromolecules**. China, June, 2020.

MAPA. **Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento**. Manual de Reinspeção de Pescado Importado. Versão 1.1, 2021.

MAPA. Resolução CNS/MS N.º 04, de 24 de novembro de 1988. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA**. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>

MIRAGLIA, D.; Castrica, M.; Menchetti, L.; Esposito, S.; Branciarri, R.; Ranucci, D.; Urbani, S.; Sordini, B.; Veneziani, G.; Servili, M. Effect of an Olive Vegetation Water henolic Extract on the Physico-Chemical, Microbiological and Sensory Traits of Shrimp (*Parapenaeus longirostris*) during the Shelf-Life. **Foods**. 2020, 9, 1647.

NAKANISHI, Luís Inácio Toshio. CRIAÇÃO DE CAMARÃO: cartilha básica. **Cartilha Básica**. 2018. Acesso em: 03 dez. 2020.

NIETO, Marceliano B. 2009. Structure and Function of Polysaccharide Gum-Based Edible Films and Coatings. In *Edible films and coatings for food applications*, eds. **M. E. Embuscado and K. C. Huber**, 57–113. New York: Springer.

NIRMAL, N. P., & BENJAKUL, S. (2011b). Use of tea extracts for inhibition of polyphenoloxidase and retardation of quality loss of Pacific white shrimp during iced storage. **LWT – Food Science and Technology**, 44(4), 924–932.

NOGUEIRA, Francisca Neuma Almeida; RIGOTTO, Raquel Maria; TEIXEIRA, Ana Cláudia de Araújo. O agronegócio do camarão: processo de trabalho e riscos à saúde dos trabalhadores no município de Aracati/Ceará. **Rev. bras. saúde ocup.**, São Paulo, v. 34, n. 119, p. 40-50, June 2009.

OLIVEIRA, Lucivânia Assis de. **Atividade da polifenoloxidase em camarão (*Litopenaeus vannamei*) submetido ao emprego do frio e atmosfera modificada**. 2013. 75 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ufpb, João Pessoa, 2013.

PAVLATH, E. A., and W. ORTS. 2009. Edible films and coatings: Why, what, and how. In *Edible films and coatings for food applications*, eds. **M. E. Embuscado and K. C. Huber**, 1–25. New York: Springer.

PINHEIRO A.C. Cerqueira M.A; Souza B.W.S; Martins J.T; Teixeira J.A; Vicente A.A. 2010. Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. **Boletim de Biotecnologia**. IBB – Instituto de Biotecnologia e Bioengenharia, Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar. Braga, Portugal.

QUEZADA-GALLO, Jesus-Alberto. 2009. Delivery of Food Additives and Antimicrobials Using Edible Films and Coatings. In *Edible films and coatings for food applications*, eds. **M. E. Embuscado and K. C. Huber**, 315–335. New York: Springer.

RIBEIRO, Luísa Ferreira et al. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **RGCI**, Lisboa, v. 14, n. 3, p. 365-383, set. 2014.

SALGADO, P. R., C. M. Ortiz, Y. S. Musso, L. D. Giorgio, and A. N. Mauri. 2015. Edible films and coatings containing bioactives. **Current Opinion in Food Science** 5:86–92. doi: 10.1016/j.cofs.2015.09.004.

SANCHEZ-ORTEGA, I., B. E. Garcia-Almendarez, E. M. Santos-Lopez, A. Amaro-Reyes, J. E. Barboza-Corona, and C. Regalado. 2014. Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. **The Scientific World Journal**

2014:248935– 18. doi: 10.1155/2014/248935.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Camarão marinho: preparação do viveiro, povoamento, manejo e despesca. Brasília: **SENAR**, 2017. p. 96.

SHAHIDI, Fereidoon & HOSSAIN, Abul (2020): Preservation of aquatic food using edible films and coatings containing essential oils: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI: 10.1080/10408398.2020.1812048

SHARIFIAN, Salim et al. Effect of phlorotannins on melanosis and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage, *Food Chemistry*, Volume 298, (2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124980>.

SILVA, Hélio S. R. Costa; SANTOS, Kátia S. C. R. dos; FERREIRA, Elizabeth I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 776-785, July 2006.

SILVA, Jefferson David Oliveira et al. Characterization of acerola (*Malpighia emarginata*) industrial waste as raw material for thermochemical processes. 2020. *Waste Management*. Volume 107. Pages 143-149, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.037>.

SILVA-WEISS, A., M. Ihl, P. J. A. Sobral, M. C. Gomez-Guillen, and V. Bifani. 2013. Natural additives in bioactive edible films and coatings: Functionality and applications in foods. *Food Engineering Reviews* 5 (4):200–16. doi: 10.1007/s12393-013-9072-5.

SOUZA FILHO, J.; COSTA, S. W. da; TUTIDA, L. M.; FRIGO, T. B.; HERZOG, D. Custo de produção do camarão marinho. Ed. rev. Florianópolis: **Instituto Cepa/SC/Epagri**, 2003. 24p. (Cadernos de Indicadores Agrícolas, 1).

SUHAG, R., N. Kumar, A. T. Petkoska, and A. Upadhyay. 2020. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International* 136:109582. doi: 10.1016/j.foodres.2020.

TAHIM, Elda Fontinele; DAMACENO, Marlene Nunes; ARAUJO, Inácio Fernandes de. Trajetória Tecnológica e Sustentabilidade Ambiental na Cadeia de Produção da Carcinicultura no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 57, n. 1, p. 93-108, Jan, 2019.

TAYEL, Ahmed A et al. Biopreservation of Shrimps Using Composed Edible Coatings from Chitosan Nanoparticles and Cloves Extract. **Journal Of Food Quality**. Out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/8878452>.

USTUNOL, Zey. 2009. Edible Films and Coatings for Meat and Poultry. In Edible films and coatings for food applications, eds. **M. E. Embuscado and K. C. Huber**, 245–269. New York: Springer.

VAKILI, S., & Ardakani, S.A. Antioxidant Effect of Orange Peel Extract on Chemical Quality, Sensory Properties, and Black Spots of Farmed White Shrimp. 2018

VIEIRA, Karla Patrícia Brito de Araújo. **Influência da concentração de metabissulfito de sódio e tempo de exposição do camarão *Litopenaeus vannamei***. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Veterinária, UFRPE, Recife, 2006.

WANG, Qianyun et al. Effect of chitosan-carvacrol coating on the quality of Pacific white shrimp during iced storage as affected by caprylic acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, (2018), p. 123-129.

WANKENNE, Michel A. (org.). Os tipos de gomas e suas aplicações na indústria. **Revista Aditivos & Ingredientes**. São Paulo, SP, v. 116, p. 30-39, mar. 2015.

YU, D., L. Wu, J. M. Regenstein, Q. Jiang, F. Yang, Y. Xu, and W. Xia. 2020. Recent advances in quality retention of non-frozen fish and fishery products: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 60 (10):1747–13. doi: 10.1080/10408398.2019.1596067.

YUAN, G., H. Lv, W. Tang, X. Zhang, and H. Sun. 2016. Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. **Food Control**. 59: 818–23.