



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

JOSÉ LUCAS GIRÃO RABELO

COBERTURAS POLIMÉRICAS
INCORPORADAS DE EXTRATO DA CASCA DO CAJUEIRO APLICADAS EM
QUEIJO COALHO

FORTALEZA

2023

JOSÉ LUCAS GIRÃO RABELO

COBERTURAS POLIMÉRICAS
INCORPORADAS DE EXTRATO DA CASCA DO CAJUEIRO APLICADAS EM QUEIJO
COALHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Kaliana Sítio
Eça
Coorientadora: Profa. Dra. Karoline
Mikaelle de Paiva Soares

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R114c Rabelo, José Lucas Girão.
Coberturas poliméricas incorporadas de extrato da casca do cajueiro aplicadas em queijo Coalho /
José Lucas Girão Rabelo. – 2023.
89 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Kaliana Sítonio Eça.
Coorientação: Prof. Dr. Karoline Mikaelle de Paiva Soares.

1. Produtos lácteos. 2. Revestimentos. 3. Qualidade de alimentos . I. Título.

CDD 664

JOSÉ LUCAS GIRÃO RABELO

COBERTURAS POLIMÉRICAS
INCORPORADAS DE EXTRATO DA CASCA DO CAJUEIRO APLICADAS EM QUEIJO
COALHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 13/06/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Kaliana Sítonio Eça (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Juliane Doering Gasparin Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Mariana Teixeira da Costa Machado
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

A minha família e amigos, por tudo que
representam em minha vida. Com amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, por todo o apoio que me permitiu chegar até aqui. A minha tia Ana, pelo amor e cuidado de mãe, ao meu pai Benício, por sempre estar do meu lado e a minha irmã Luana, em todos os momentos vividos.

Aos amigos que fiz na UFC, em especial ao Jason, por toda ajuda nas análises, Ana Paula, João Victor, Bárbara, Sâmela e Elizabeth pelo companheirismo e momentos de descontração, o carinho de vocês sempre me deu força e ânimo.

À minha amiga e co-orientadora Karol, pelos conselhos, ajuda na pesquisa e pelas ocasiões que me ajuram a deixar os problemas de lado.

À minha orientadora Kaliana, por todo conhecimento passado, pela paciência e preocupação durante o período do mestrado, seus puxões de orelha sempre vieram na hora certa.

Aos amigos do Laboratório de Biotecnologia de Alimentos, Dani, Ryllare e Icaro, por toda a ajuda prestada nas atividades realizadas em Mossoró.

E aos meus amigos Brito e Pedro, pelo carinho desde a graduação ao mestrado e por toda ajuda que recebi na minha estadia em Mossoró, sou imensamente grato.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi desenvolver revestimentos comestíveis de blendas de quitosana e fécula de mandioca, adicionados de extrato de casca de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), e a caracterização de seus efeitos na qualidade microbiológica de queijo Coalho. A primeira parte do trabalho se deu pela aplicação de um questionário *online*, que visou obter informações sobre o perfil dos consumidores e o conhecimento dos mesmos sobre o uso de revestimentos comestíveis em queijo Coalho, e a influência destes nos hábitos de compra e consumo do queijo. O experimento foi conduzido produzindo o extrato hidroetanólico (70%) a partir das cascas do caule do cajueiro (ECC) (proporção casca/álcool etílico 1:9 m/v), após sua obtenção foram realizadas pesquisas quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante (AA) (métodos ABTS⁺ e FRAP), atividade antimicrobiana (*Staphylococcus aureus*), concentração inibitória mínima (MIC) e concentração bactericida mínima (MBC) e teste de toxicidade aguda usando zebrafish adultos. Posteriormente, foram produzidas formulações de revestimentos e blendas poliméricas de quitosana (2%) e fécula de mandioca (3%) adicionadas de extrato de casca de cajueiro (2%, v/v) e avaliadas quanto ao CFT, AAT, cor, propriedades reológicas, ângulo de contato e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Subsequentemente, pedaços de queijo Coalho foram cobertos com os revestimentos e blendas poliméricas com e sem extrato para avaliação do seu efeito antimicrobiano (Estafilococos coagulase positiva) no produto. O ECC apresentou valores de conteúdo de CFT de 42,17 mg EAG/ml, AA de 551,158 µM de Trolox/ml e 1006,44 µM de FeSO₄/ml. Halos de inibição contra *Staphylococcus aureus* variando de 13,0mm, 15,3mm, 16,7mm, 20,0mm para as concentrações de 6,25%, 12,5%, 25% e 100%, CIM e CBM de 1%, não apresentou toxicidade em concentrações abaixo de 100%. Os revestimentos e blendas adicionadas de ECC (2%) apresentaram diferentes teores de CFT (F100, 0,660 mg de EAG/ml; F50Q50, 0,850 mg de EAG/ml e F60Q40, 0,835 mg de EAG/ml), assim como AA (F100, 3,57 µM de Trolox/ml; F50Q50, 4,52 µM de Trolox/ml; F60Q40, 4,95 µM de Trolox/ml; F100, 26,42 µM de FeSO₄/ml; F50Q50, 15,86 µM de FeSO₄/ml; F60Q40, 18,05 µM de FeSO₄/ml). As coberturas adicionadas de ECC reduziram o crescimento de Estafilococos coagulase positivas em amostras de queijo Coalho armazenadas durante 10 dias. Portanto, o acréscimo de ECC proporcionou características antimicrobianas e antioxidantes aos revestimentos de fécula e quitosana.

Palavras-chave: produto lácteo; revestimentos; qualidade de alimentos.

ABSTRACT

The objective of the research was to develop edible coatings of blends of chitosan and cassava starch, added with cashew bark extract (*Anacardium occidentale* L.), and the characterization of their effects on the microbiological quality of Coalho cheese. The first part of the work involved the application of an online questionnaire, which aimed to obtain information about the profile of consumers and their knowledge about the use of edible coatings in Coalho cheese, and their influence on the buying and consumption habits of the cheese. The experiment was carried out producing the hydroethanolic extract (70%) from the cashew tree stem bark (ECC) (bark/ethyl alcohol ratio 1:9 m/v). (CFT), antioxidant activity (AA) (ABTS⁺ and FRAP methods), antimicrobial activity (*Staphylococcus aureus*), minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) and acute toxicity test using adult zebrafish. Subsequently, formulations of coatings and polymeric blends of chitosan (2%) and cassava starch (3%) added with cashew bark extract (2%, v/v) were produced and evaluated for CFT, AAT, color, properties rheology, contact angle and scanning electron microscopy (SEM). Subsequently, pieces of Coalho cheese were covered with coatings and polymeric blends with and without extract to evaluate their antimicrobial effect (Coagulase positive *Staphylococci*) on the product. The ECC showed values of CFT content of 42.17 mg EAG/ml, AA of 551.158 μ M of Trolox/ml and 1006.44 μ M of FeSO₄/ml. Inhibition halos against *Staphylococcus aureus* ranging from 13.0mm, 15.3mm, 16.7mm, 20.0mm for concentrations of 6.25%, 12.5%, 25% and 100%, MIC and MBC of 1%, showed no toxicity at concentrations below 100%. The coatings and blends added with ECC (2%) showed different levels of CFT (F100, 0.660 mg of EAG/ml; F50Q50, 0.850 mg of EAG/ml and F60Q40, 0.835 mg of EAG/ml), as well as AA (F100, 3.57 μ M Trolox/ml; F50Q50, 4.52 μ M Trolox/ml; F60Q40, 4.95 μ M Trolox/ml; F100, 26.42 μ M FeSO₄/ml; F50Q50, 15.86 μ M FeSO₄/ml; F60Q40, 18.05 μ M FeSO₄/ml). Added ECC toppings reduced the growth of coagulase positive *Staphylococci* in Coalho cheese samples stored for 10 days. Therefore, the addition of ECC provided antimicrobial and antioxidant characteristics to the starch and chitosan coatings.

Keywords: dairy product; coatings; food quality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS ⁺	Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)
°C	Grau Celsius
µg	Miligrama
µL	Microlitro
CEP	Comitê de Ética
CFT	Determinação de compostos fenólicos totais
CIM	Concentração inibitória mínima
DDPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
LTDA	Comércio de Produtos Veterinários
M	Mol
MAPA	Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MBC	Concentração Bactericida Mínima
MIC	Concentração Inibitória Mínima
mM	Milimol
TPTZ	2,4,6-tripiridil-s-triazina
TSA	Tryptic Soy Agar
TSB	Broth Tryptic Soy
UFC	Unidade formadora de colônia
µM	Micromol

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	Queijos.....	16
2.2	Queijo Coalho.....	16
2.3	Microbiologia do queijo Coalho.....	17
2.3.1	<i>Staphylococcus aureus</i>	18
2.4	Coberturas comestíveis.....	19
2.4.1	<i>Quitosana</i>	20
2.4.2	<i>Fécula de mandioca</i>	22
2.4.3	<i>Blendas poliméricas</i>	23
2.4.4	<i>Anacardium occidentale L. (cajueiro)</i>	25
3	OBJETIVOS.....	26
3.1	Objetivo geral.....	26
3.2	Objetivos específicos.....	26
4	CAPÍTULO 1 “PERFIL DO CONSUMIDOR BRASILEIRO E ACEITAÇÃO COMERCIAL DE QUEIJO COALHO REVESTIDO COM COBERTURA COMESTÍVEL.”.....	34
4.1	Introdução.....	36
4.2	Material e métodos.....	37
4.3	Resultados e discussão.....	38
4.3.1	<i>Perfil socioeconômico</i>	38
4.3.2	<i>Compra e consumo de queijo Coalho</i>	41
4.3.3	<i>Conhecimento sobre revestimentos comestíveis</i>	46
4.4	Conclusão.....	49
5	CAPÍTULO 2 “EFEITO ANTIMICROBIANO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS INCORPORADAS DE EXTRATO DE CASCA DE CAJUEIRO (<i>Anacardium occidentale L.</i>) EM QUEIJO COALHO.”.....	53
5.1	Introdução.....	56
5.2	Material e métodos.....	57
5.2.1	<i>Material vegetal</i>	58
5.2.2	<i>Preparo do extrato hidroetanólico da casca de cajueiro</i>	58

5.2.3	<i>Caracterização do extrato</i>	58
5.2.3.1	<i>Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)</i>	58
5.2.3.2	<i>Atividade antioxidante</i>	59
5.2.3.3	<i>Atividade antimicrobiana</i>	60
5.2.3.3.1	Difusão em poços.....	60
5.2.3.3.2	MIC e MBC.....	60
5.2.3.4	<i>Cor</i>	61
5.2.3.5	<i>Toxicidade</i>	61
5.2.3.5.1	Animais.....	61
5.2.3.5.2	Protocolo.....	61
5.2.3.5.3	Toxicidade Aguda (96h).....	62
5.2.4	<i>Preparação de coberturas comestíveis de quitosana</i>	62
5.2.5	<i>Preparação de coberturas comestíveis de fécula de mandioca</i>	63
5.2.6	<i>Produção de blendas poliméricas</i>	63
5.2.7	<i>Caracterização dos Revestimentos</i>	64
5.2.7.1	<i>Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e cor</i>	64
5.2.7.2	<i>Análise reológica</i>	64
5.2.7.3	<i>Ângulo de contato</i>	64
5.2.7.4	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura</i>	64
5.2.8	<i>Aplicação dos revestimentos e análise microbiológica de queijo Coalho</i>	64
5.2.8.1	<i>Obtenção e corte do queijo</i>	65
5.2.8.2	<i>Aplicação dos revestimentos</i>	65
5.2.8.3	<i>Estafilococos coagulase positiva</i>	65
5.3	Resultados e discussão	66
5.3.1	<i>Caracterização do extrato</i>	66
5.3.1.1	<i>Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)</i>	66
5.3.1.2	<i>Atividade antioxidante</i>	66
5.3.1.3	<i>Atividade antimicrobiana</i>	67
5.3.1.3.1	Difusão em poços.....	67
5.3.1.3.2	MIC e MBC.....	68
5.3.1.4	<i>Cor</i>	70
5.3.1.5	<i>Toxicidade</i>	71

5.3.2	<i>Caracterização dos revestimentos</i>	71
5.3.2.1	<i>Compostos fenólicos totais</i>	71
5.3.2.2	<i>Atividade antioxidante</i>	72
5.3.2.3	<i>Cor</i>	73
5.3.2.4	<i>Análise reológica</i>	75
5.3.2.5	<i>Ângulo de contato</i>	80
5.3.2.6	<i>MEV</i>	81
5.3.3	<i>Análise microbiológica do queijo Coalho revestido</i>	83
5.3.3.1	<i>Estafilococos coagulase positiva</i>	83
5.4	Conclusão	86
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
	REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO GERAL

O queijo coalho é um produto típico da região Nordeste, apresentando para a população de tal região grande importância social e econômica (BARROS *et al.*, 2019). Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, o queijo Coalho é aquele que se obtém por coagulação do leite por meio do coalho ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácticas selecionadas e comercializado normalmente com até 10 (dez) dias de fabricação.

O teor de umidade do queijo Coalho (médio a alto) aliado a grande quantidade de nutrientes viabiliza o desenvolvimento de microrganismos como *Staphylococcus aureus* (ARAGÃO *et al.*, 2022) devido a grande quantidade de água livre presente em sua composição. Os microrganismos podem utilizar os componentes do queijo como substrato, deteriorando o alimento através de alterações da coloração, odor, e sabor, diminuindo a qualidade do mesmo e levando a grandes perdas econômicas. Doenças de origem alimentar também podem ser consequências do crescimento microbiano, como infecção, intoxicação e toxinfecção alimentar (MADIGAN *et al.*, 2010; PEIXOTO *et al.*, 2007; FDA, 2012a; FDA, 2012b).

Buscando a manutenção da qualidade alimentar, uma tecnologia que está em ascensão nos últimos tempos na indústria de alimentos e que possui a capacidade de elevar a vida útil de alimentos é a aplicação de coberturas comestíveis. O uso de tais coberturas auxiliam na formação de uma barreira que impede o contato do alimento com o ambiente externo, podendo impedir trocas gasosas e evitando a perda ou ganho excessivo de água (ARAÚJO & SHIRAI, 2016). Podem ainda auxiliar na inibição do crescimento microbiano, pela veiculação de agentes antimicrobianos (SILVA *et al.*, 2019).

A quitosana caracteriza-se como um excelente biopolímero na formulação de revestimentos comestíveis devido sua capacidade de formar filmes e membranas (DASH, 2011). É biodegradável, biocompatível e possui baixa toxicidade (FARINELI *et al.*, 2020), além de apresentar ação antimicrobiana, seja pela modificação das propriedades de barreira dos microrganismos ou por atuar como quelante e inibidora enzimática (HOSSEINNEJAD & JAFARI, 2016; KUMAR *et al.*, 2020).

Outro biopolímero bastante utilizado para tal finalidade é a fécula de mandioca, esse amido é composto por ligações de monômeros de glicose que formam cadeias lineares de amilose e ramificadas de amilopectina (WALTER *et al.*, 2005). A predominância de amilos

nos amidos permite a formação de filmes mais fortes, devido a facilidade que suas ligações possuem em formar redes e cristais (PELLISSARI *et al.*, 2019).

Xavier *et al.* (2020), avaliando filmes formulados com quitosana, fécula de mandioca e cera de abelha, observou que quanto maior a concentração de quitosana em filmes de fécula, menor foi a solubilidade destes compostos. Segundo o autor, esta característica ocorre devido as interações de hidrogênio entre as moléculas da fécula de mandioca e quitosana. As propriedades mecânicas dos filmes também foram favorecidas devido a melhora da estabilidade da matriz, proporcionada pelas ligações entre os grupos NH_3^+ da quitosana e os grupos OH^- do amido.

As propriedades antimicrobianas e antioxidantes de coberturas e revestimentos comestíveis podem ser melhoradas pela incorporação de compostos naturais que possuam ação contra microrganismos e radicais livres, esta possibilidade, aliada ao aumento da consciência ecológica possibilitou o crescimento do uso de extratos naturais como auxiliares na manutenção da qualidade de alimentos (CHIBANE *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019). A ação antimicrobiana da quitosana pode ser melhorada pela adição de extratos vegetais. Siripatrawan e Noipha (2012) observaram redução nas contagens de bactérias totais, bolores e leveduras e bactérias lácticas em linguiças suínas revestidas com quitosana incorporada de extrato de chá verde.

Anacardium occidentale (cajuzeiro), é uma planta nativa do Norte e Nordeste brasileiro, se destaca na utilização para produção extrato vegetal devido a presença de metabólitos secundários que lhe conferem características antioxidantes e antimicrobianas (SILVA *et al.* 2021; SANTOS *et al.* 2018). A presença de tais compostos já foi demonstrada em trabalhos, sendo a casca a parte do vegetal com uma das maiores variedades de compostos bioativos como saponinas, catequinas, esteróides, flavonas e taninos pirogálicos (SANTOS *et al.* 2018).

Portanto, o presente trabalho possuiu como objetivo, produzir e caracterizar coberturas à base de fécula de mandioca e quitosana assim como blendas de ambos polímeros incrementados com extrato vegetal e avaliar seu efeito antimicrobiano na vida de prateleira de queijo Coalho

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Queijos

Segundo a Portaria nº 146 de 07 de março de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) entende-se por queijo todo produto seja ele fresco ou maturado que é obtido pela separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes. Sendo produtos oriundos de base láctea que não contenham gorduras e/ou proteínas de origem não láctea.

Acredita-se que a produção de queijos teve seu início após os processos de domesticação de animais como cabras e ovelhas a 8.000 anos atrás, nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates, no Iraque. Neste período, a produção dos queijos tinha por finalidade o aumento da vida útil do leite de maneira que seus constituintes e valor nutritivo fossem conservados. A produção deste alimento se dá basicamente pela fermentação da lactose presente no leite por bactérias lácticas, neste processo ocorre a formação de ácido láctico, fazendo com que o pH do leite diminua, permitindo a formação da coalhada pela coagulação das caseínas. A grande maioria de outros queijos são fabricados com o uso de uma enzima chamada coalho, ou quimosina, esta enzima era primordialmente obtida do abomaso de bezerros, porém, com o avanço da tecnologia, é obtida através de processos fermentativos (COGAN; BERESFORD, 2002).

O consumo e a produção de queijos encontram-se em constante crescimento. Só em 2014 foram obtidos 21 milhões de toneladas métricas de queijo produzidos mundialmente, que deve crescer para um valor de mercado global de 106 bilhões de dólares até 2026 (REUBEN *et al.*, 2023).

2.2 Queijo Coalho

Dentre os diferentes tipos de queijo produzidos atualmente, o queijo Coalho destaca-se por ser um produto típico da região nordeste (BARROS, 2019). O queijo Coalho, é originalmente brasileiro, é chamado assim devido ao uso da enzima utilizada para a coagulação

do leite. No Brasil, sua produção se dá tanto de maneira industrial como de forma artesanal, utilizando leite cru ou pasteurizado, porém, durante o passar dos anos, seus processos tecnológicos passaram por melhoramentos devido às exigências de higiene (ABIQ, 2019). Este alimento apresenta alto valor cultural e socioeconômico, estando presente na alimentação diária da população nordestina (SILVA, 2016).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), na Instrução normativa nº 30, de 26 de junho de 2001 (BRASIL, 2001) define o queijo Coalho, como produto que se obtém por coagulação do leite por meio do coalho ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias láctias selecionadas e comercializado normalmente com até 10 (dez) dias de fabricação. O queijo Coalho é um queijo de média a alta umidade, de massa semi-cozida ou cozida e apresentando um teor de gordura nos sólidos totais variável entre 35,0% e 60,0%.

Para o processo de elaboração do queijo Coalho é necessário que sejam feitas as seguintes etapas: coagulação em torno de 40 minutos, corte e mexedura da massa, remoção parcial do soro, aquecimento da massa com água quente ou vapor indireto até obtenção de massa semicozida (até 45 °C) ou cozida (entre 45 ° e 55 °C), adição de sal (cloreto de sódio) à massa, se for o caso, prensagem, secagem, embalagem e estocagem em temperatura média de 10 – 12 °C normalmente até 10 (dez) dias (BRASIL, 2001).

2.3 Microbiologia do queijo

A microbiota do queijo é quase que totalizada por bactérias ácido lácticas, tais microrganismos pertencem a ordem *Lactobacillales* que produzem ácido láctico como produto da fermentação de carboidratos (ABEDI & HASHEMI, 2020; WANG *et al.*, 2019). De acordo com o tipo de queijo a ser produzido, diferentes microrganismos ou associações de microrganismos podem ser inoculados no leite para o início do processo de maturação. Tais microrganismos conseguem se adaptar a mudanças abióticas como alterações no pH salinidade, temperatura ou umidade, assim como a estresses bióticos tais como competição e resistência a invasão (ROCCA *et al.*, 2018). Enquanto passa pelo processo de maturação, a microbiota do queijo pode ser influenciada pela qualidade do leite utilizada, pelos microrganismos ou associações iniciadoras utilizadas assim como pelo controle das condições durante o processo de maturação (QUIGLEY *et al.*, 2013; JONNALA, *et al.*, 2018).

A microbiota do queijo, em especial as bactérias ácido lácticas determinam muitas

características do queijo, como aparência, textura, aroma, nutrientes, qualidade e prazo de validade do queijo (GOBBETTI, *et al.*, 2018; WALSH *et al.*, 2020), já os microrganismos indesejáveis podem depreciar as características do queijo, afetando sua qualidade e segurança (FILIPPIS *et al.*, 2018).

Por ser classificado como um queijo de média a alta umidade (BRASIL, 2001), o queijo Coalho torna-se um alimento favorável para o desenvolvimento de microrganismos. Dependendo do tipo de microrganismo, o alimento pode sofrer alterações em suas características organolépticas devido à deterioração microbiana, acarretando em perdas econômicas para a indústria de alimentos e altera a experiência do consumidor final (MADIGAN *et al.*, 2010).

O queijo Coalho, seja ele produzido em grandes indústrias ou por produtores rurais, pode apresentar etapas em seu processamento inadequadas por parte dos manipuladores, isso leva a contaminação do produto, gerando grandes contagens de microrganismos que causam a deterioração e diminuem a vida útil do alimento. Tais microrganismos são indicadores da falta de higiene durante os processos de fabricação e pela má manipulação do leite assim como dos equipamentos e utensílios utilizados na produção do queijo (PEIXOTO *et al.*, 2007).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabeleceu a Instrução Normativa nº60 de 2019, listando os novos padrões microbiológicos para alimentos. Dentre as categorias de microrganismos listadas para queijos encontram-se os valores preconizados de 10^2 UFC/g para *Estafilococos* coagulase positiva e 10^2 UFC/g para *Escherichia coli*, estes são os valores limites que podem ser encontrados em queijos, se os valores das amostras forem superiores, o produto não estará apto para o consumo.

2.3.1 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus é um patógeno que pode causar intoxicação alimentar devido a produção de enterotoxinas, são bactérias Gram-positivas, catalase-positiva e é o agente etiológico predominantemente associado a intoxicações alimentares. É uma espécie amplamente distribuída no ambiente, podendo ser encontrada em equipamentos e utensílios alimentares devido à manipulação inadequada ou falta de higiene por parte dos manipuladores visto que são comumente encontrados nos mesmos (PEREIRA, *et al.*, 2022). Dentre os alimentos frequentemente associados a intoxicação alimentar causada por *S. aureus* podemos citar os leites e derivados. Alimentos como o queijo, que passa por intensa manipulação em sua produção, estão frequentemente relacionados em intoxicações alimentares estafilocócicas

(FDA, 2012b).

Oliveira *et al.* (2019) avaliaram a incidência de *Staphylococcus* coagulase positiva (*S. aureus*) em amostras de queijo Coalho em 17 municípios no estado do Ceará. A pesquisa se deu pelo levantamento do resultado das análises de 36 amostras realizadas pelo Laboratório Central da Saúde do Estado do Ceará –LACEN, no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2018. Das 36 amostras analisadas, 64,9% (23) apresentaram contagens superiores às permitidas pela Resolução nº12/2001, que é de no máximo 5×10^2 UFC/g para estafilococos coagulase positiva.

Quando avaliada a contaminação de queijo Coalho artesanal elaborado com leite de cabra no estado do Pernambuco, Aragão *et al.* (2020) observou crescimento de colônias típicas de *Staphylococcus aureus* em todas as 30 amostras avaliadas, com contagens variando de $7,0 \times 10^3$ a $8,6 \times 10^6$ UFC/g.

2.4 Coberturas comestíveis

A crescente busca dos consumidores por alimentos seguros gerou a necessidade do desenvolvimento de embalagens aprimoradas, como as embalagens ativas e inteligentes, assim como, a utilização de materiais naturais e comestíveis para a fabricação das mesmas. O uso de biopolímeros comestíveis na formulação de embalagens de alimentos vem se tornando uma alternativa devido às suas propriedades de revestimento e por seu comportamento sustentável ao meio ambiente (VALDÉS *et al.*, 2017; BERTI *et al.*, 2019).

As coberturas comestíveis são produzidas utilizando materiais que possam ser ingeridos pelo homem e que não apresentem risco a sua saúde. Podem ser aplicados nos alimentos em duas diferentes formas, como filme ou revestimento: o filme, que não deve ser espesso, é geralmente produzido separadamente para posterior aplicação no alimento, já o revestimento, é elaborado através de uma emulsão ou suspensão onde o alimento deve ser imerso para a formação de uma película em sua superfície (DHUMAL & SARKAR, 2018; YOUSUF *et al.*, 2018; RODRIGUES *et al.*, 2020).

A utilização de biopolímeros tem aumentado no escopo tecnológico, pois podem vir a ser uma alternativa a substituição de polímeros não biodegradáveis tradicionais. Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) os biopolímeros são “macromoléculas ou substâncias poliméricas suscetíveis à degradação por atividade biológica pela diminuição das massas molares das macromoléculas que formam as substâncias” (VERT *et al.*, 2012; PELISSARI, *et al.*, 2019).

Dentre os polímeros biodegradáveis mais abundantes da natureza, pode-se citar as

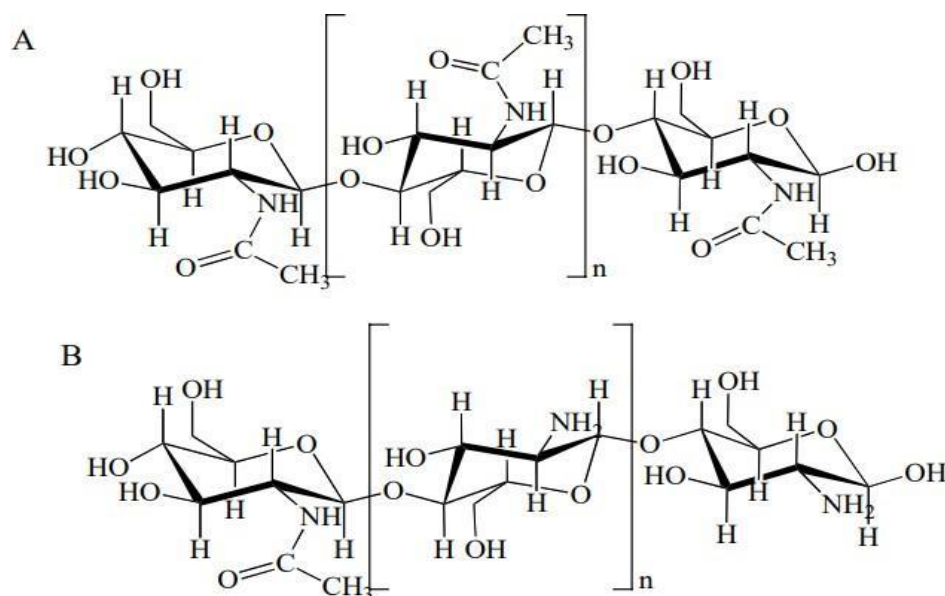
proteínas (proteína de soja, proteína de trigo, caseína e gelatina) e os polissacarídeos (amido, celulose e quitosana). No quesito sustentabilidade, quando comparados com polímeros oriundos do petróleo, eles são mais vantajosos, pois, a princípio, são parte de uma fonte inesgotável e renovável da biomassa (DUFRESNE; CASTAÑO, 2016; QIN *et al.*, 2016).

2.4.1 Quitosana

A quitosana é um polímero natural obtido através do processo de desacetilação parcial da quitina em meio alcalino ou através de hidrólise enzimática, realizada pela enzima quitina desacetilase (PELLISSARI, *et al.*, 2019; BARROS *et al.*, 2020). A quitina é o principal composto presente no exoesqueleto de invertebrados marinhos, estando presentes também em anelídeos, artrópodes e fungos. A estrutura química da quitosana se assemelha a da celulose, diferenciando-se apenas pelos grupos funcionais (OLIVEIRA, 2015).

A quitina e quitosana são formadas por ligações lineares β -(1-4) entre resíduos de N-acetyl-2-amino-2-deoxy-D-glucose e resíduos de 2-amino-2-deoxy-D-glucose, como mostrado na Figura 1. A quitosana apresenta 60% de sua composição formada por 2-amino-2-deoxy-D-glucose, o que torna sua dissolução possível apenas em meio ácido (ARANAZ *et al.*, 2009). Este polímero torna-se atrativo devido sua biodegradabilidade, biocompatibilidade e por apresentar baixa toxicidade (FARINELI *et al.*, 2020; EL-DIB *et al.*, 2020).

Figura 1 - Estrutura química da quitina acetilada (A) e quitosana (B).



Fonte: Aranaz, (2009).

A quitosana possui bastante aplicabilidade devido a possibilidade de suas diferentes formas de uso, como géis, filmes, membranas, microesferas e nanopartículas (DASH, 2011). Devido suas características bioquímicas a quitosana pode ser utilizada como cobertura de alimentos, visto que, sua propriedade de formar revestimentos semipermeáveis auxilia na formação de uma atmosfera modificada criando uma barreira contra os gases externos, que atrelado a sua capacidade antimicrobiana, pode aumentar a vida de prateleira do alimento (CAMILI, *et al.*, 2007; PINTO, 2014).

Dentre suas propriedades biológicas a ação antimicrobiana é uma das mais relatadas, em diversos estudos pode-se observar a atividade antimicrobiana da quitosana frente a bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, fungos filamentosos e leveduras (HOSSEINNEJAD & JAFARI, 2016; QIN *et al.*, 2006; WEI *et al.*, 2019).

Al-Nabulsi *et al.* (2020), avaliando a atividade antimicrobiana de revestimentos a base de quitosana e quitosana incorporada com nanopartículas de ZnO contra *E. coli* em queijo branco, observaram que os revestimentos que possuíam apenas quitosana apresentaram atividade inibitória frente ao patógeno, reduzindo seus valores em 1,9 log UFC/g após 28 dias, quando armazenados a 4°C e 0,9 log UFC/g após 28 dias quando armazenados a uma temperatura de 10°C.

Altieri *et al.* (2005), observaram aumento na vida útil de queijo mussarela quando adicionado uma solução de quitosana a uma concentração de 0,075% durante o seu preparo, segundo os autores, a inserção de quitosana permitiu um retardo no crescimento de coliformes e *Pseudomonas* spp. durante os dias de armazenamento, confirmando que a metodologia utilizada pode ser vantajosa para o aumento da vida útil da mussarela.

Barros, (2017), realizou um estudo sobre a viabilidade de *Staphylococcus aureus* em queijo do tipo Coalho revestido e incorporado com quitosana, os queijos revestidos com coberturas de quitosana nas concentrações de 10 mg/ml e 15 mg/ml apresentaram uma redução logarítmica que variou de 3,00 a 0,69 e 3,04 a 0,92, respectivamente, quando comparados com o grupo controle. Segundo a autora, o tratamento com 15 mg/ml de quitosana apresentou as maiores reduções logarítmicas nos dias 8 e 16 de armazenamento, com reduções respectivas de 3,04 e 2,67.

Diversos mecanismos para as propriedades antimicrobianas da quitosana já foram propostos, dentre eles os mais aceitáveis são que os grupamentos amina carregados positivamente presentes na quitosana se ligam as membranas celulares microbianas carregadas

negativamente, tal interação modifica as propriedades de barreira da membrana ocasionando um extravasamento do material intracelular, levando a morte do microrganismo (HOSSEINNEJAD & JAFARI, 2016).

Outro mecanismo já relatado se baseia nas propriedades quelantes apresentadas pela quitosana, onde o biopolímero se liga de maneira seletiva a metais o que causa a inibição de enzimas metabólicas dos microrganismos, levando a um bloqueio de seus centros ativos e reduzindo o crescimento celular (KUMAR *et al.*, 2020). O peso molecular da quitosana também se caracteriza como um fator de influência na atividade antimicrobiana, quando a mesma possui um alto peso molecular ela forma uma superfície impermeável na membrana da célula, dificultando sua permeabilidade e impedindo a passagem de nutrientes. Quando a quitosana apresenta baixo peso molecular, ela adentra o citosol da célula e se liga a molécula de DNA microbiana, interferindo na síntese do mRNA e, conseqüentemente, na síntese de proteínas, causando a morte da célula (HOSSEINNEJAD & JAFARI, 2016; QIN *et al.*, 2006).

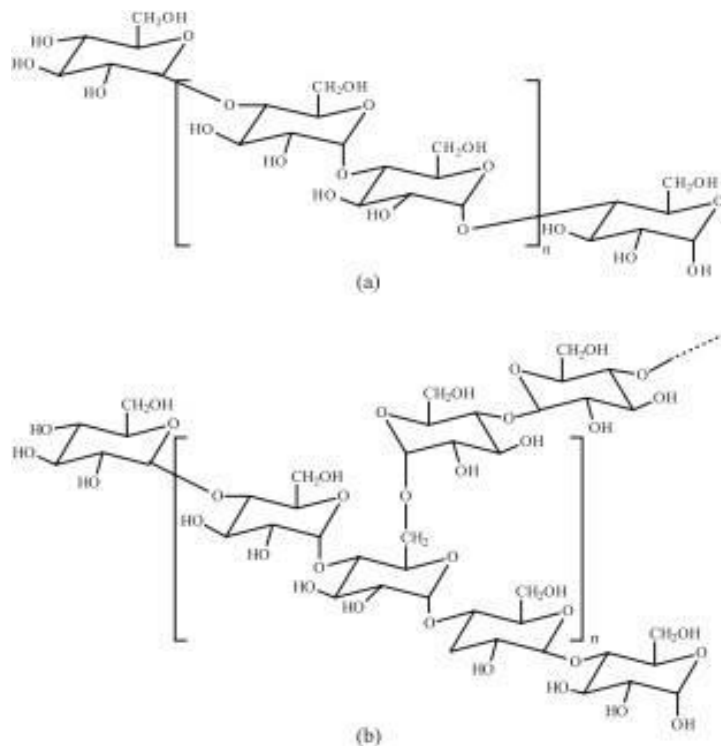
2.4.2 Fécula de mandioca

A mandioca ou *Manihot esculenta* Crantz possui cultivo extensivo na América do Sul, Ásia, África e Caribe, sendo um alimento de grande importância local. Sua raiz consegue se desenvolver em condições climáticas adversas e em ambientes com baixa disponibilidade hídrica e de nutrientes, caracterizando-se como importante fonte de amido industrial em países tropicais, seja na forma de fécula ou seus derivados (ABASS *et al.*, 2019; ARISTIZÁBAL *et al.*, 2017).

A fécula de mandioca caracteriza-se como um biopolímero de grande potencial na produção de filmes e revestimentos comestíveis devido sua capacidade de formar películas resistentes e transparentes que funcionam como uma barreira, evitando trocas gasosas, contato com o ambiente externo e também devido ao seu baixo custo comercial (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

Por ser extraído do tubérculo, este amido é denominado de fécula de mandioca (BRASIL, 2005). De maneira estrutural, o amido é um homopolissacarídeo formado por dois tipos de polímeros: amilose e amilopectina. A amilose apresenta cadeia linear composta por monômeros de glicose unidos por ligações glicosídicas α (1-4), já a amilopectina apresenta cadeia ramificada formada por ligações α (1-4) e α (1-6) entre monômeros de glicose (WALTER *et al.*, 2005).

Figura 2: Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b).



Fonte: CORRADINI *et al.* 2005.

A capacidade do amido em formar biofilmes está baseada nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose, que devido ao caráter linear de suas cadeias, tendem a orientar-se paralelamente em soluções, tal conformação possibilita a aproximação das moléculas e a formação de ligações de hidrogênio entre as hidroxilas dos polímeros adjacentes, diminuindo sua afinidade pela água e permitindo a formação filmes opacos (SHIMAZU *et al.*, 2007).

2.4.3 *Blendas poliméricas*

As blendas poliméricas são misturas realizadas entre dois ou mais polímeros sem a formação de novas ligações químicas, esta mistura possui o intuito de formar um material de propriedades superiores quando comparado aos polímeros individualmente (BAHRAMI *et al.*, 2017). Devido a simplicidade da metodologia, a produção de blendas poliméricas é uma técnica importante para a produção de novos materiais, tal técnica apresenta baixo custo e permite o controle das propriedades físicas pela alteração na composição das misturas (AHMED *et al.*, 2019).

Nos processos de produção de blendas poliméricas, um dos polímeros utilizados servirá como uma matriz, também chamado de fase contínua, este estará presente em maior quantidade, enquanto o outro composto é denominado de fase dispersa, também chamado de carga ou reforço (JORDAN *et al.*, 2005).

Os materiais formados por tal combinação geralmente apresentam propriedades mecânicas, térmicas e de barreira superiores aos polímeros puros. Desta forma, as blendas apresentam importantes vantagens para os filmes de amido, visto que os mesmos são sensíveis a água e possuem propriedades de barreira a água inferiores quando comparados a outros polímeros, tal característica é influenciada pela composição do amido. (PELLISSARI *et al.*, 2019).

Os filmes de amido ainda apresentam desvantagens mecânicas devido sua fragilidade, necessitando da utilização de agentes plastificantes em sua produção, porém, o uso de tal aditivo afeta as propriedades de barreira global, sendo estas obtidas apenas com baixo teor de plastificante em sua formulação, portanto, a formação de blendas entre polímeros pode auxiliar nas limitações existentes nos filmes de amido (DUFRESNE e CASTAÑO, 2016; PELLISSARI *et al.*, 2019).

A formação de blendas está intimamente relacionada com a miscibilidade dos polímeros, esta propriedade nada mais é que a capacidade de interação entre os componentes da mistura a nível molecular. A miscibilidade é uma característica termodinâmica das macromoléculas, diferentes blendas podem ser formadas de acordo com o nível de miscibilidade entre os polímeros. (IMRE *et al.*, 2014; MAZINANI *et al.*, 2017).

As blendas homogêneas são formadas por polímeros miscíveis, que se dissolvem um no outro, formando interações moleculares que permitem a formação de uma única fase. Já as blendas heterogêneas são formadas pela misturas de polímeros imiscíveis, que não se dissolvem um no outro, apresentando uma adesão fraca entre as fases da mistura (MAZINANI *et al.*, 2017).

Costa *et al.* (2020) avaliaram o efeito de revestimentos produzidos com fécula de inhame roxo e quitosana na qualidade de maçãs, foram avaliados revestimentos nas seguintes concentrações 2g de fécula e 0g de quitosana (YS/CH0), 2g de fécula e 0,5g (YS/CH0,5) de quitosana e 2g de fécula e 1g de quitosana (YS/CH1,0). Os frutos revestidos com o *blend* YS/CH0,5 apresentaram as menores perdas de peso ($2,89\% \pm 0,42$), seguido dos frutos revestidos com YS/CH1,0 que apresentaram uma perda de peso de ($3,07\% \pm 0,39$) durante 4 semanas de armazenamento. Segundo os autores, os filmes YS/CH possuem grandes perspectivas na indústria de alimentos como revestimento.

Diversos agentes antimicrobianos e antioxidantes podem ser adicionados em coberturas comestíveis, de maneira geral são classificados em sintéticos e naturais, de acordo com sua origem, sendo os aditivos sintéticos, ainda, os mais utilizados (PIRES *et al.*, 2014).

2.4.4 *Anacardium occidentale* L. (cajueiro)

Perntencente a família *Anacardiaceae*, que apresenta arvores e arbustos de 400 a 600 espécies distribuídas entre 60 a 74 gêneros, *Anacardium occidentale* L. (cajueiro), é uma planta nativa do Brasil disseminada para outros países tropicais. Apresenta importância socioeconômica para o país, principalmente na região Nordeste, pelo fruto e pseudo fruto tipicamente consumido na região, além de apresentar efeitos benéficos a saúde (RAMOS *et al.*, 2016). Diversas partes da planta (folhas, castanha, caju, casca do caule) podem ser aproveitadas, elevando assim o aumento de sua importância em indústrias, destacando-se a farmacológica, por conta de sua ação fitoterápica (JÚNIOR *et al.*, 2016). Suas folhas e casca do caule são utilizadas populamente na forma de chás para o tratamento de diversas doenças, apresentando ação comprovada no combate a diarreia, malária, câncer, além de atividade antimicrobiana (GIMENEZ *et al.*, 2019; SUNDERAM *et al.*, 2019).

Não só pela presença de nutrientes, mas também por ser uma fonte de compostos bioativos, o cajueiro já é popularmente utilizado devido suas características medicinais já descritas, como ação antioxidante e antiinflamatória (castanha do caju) (SIRACUSA *et al.*, 2020), no tratamento de doenças articulares degenerativas (castanha do caju) (FUSCO *et al.*, 2020), atividade antioxidante (folhas) (DUANGJAN *et al.*, 2019), atividade antidiabética (casca do caule) (ENCARNAÇÃO *et al.*, 2022), atividade antimicrobiana e antioxidante (folhas e casca do caule) (RIBEIRO *et al.*, 2021).

Estas atividades biológicas estão relacionadas com a presença de moléculas do metabolismo secundário da planta, diversos estudos mostram presença de flavonoides e polifenóis em extratos da casca do cajueiro. Silva *et al.* (2021) observaram a presença de 1,1140 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ de flavonoides e 87,268 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ de fenólicos totais em extrato vegetal de *Anacardium occidentale* L., sendo estes relacionados com a atividade antioxidante e antimicrobiana encontrada pelos autores. Santos *et al.*, 2018 encontraram valores de 0,0644 mg/g de fenólicos totais para extrato da casca de cajueiro, também observaram a presença de saponinas, catequinas, esteróides, flavonas e taninos pirogálicos. Segundo os autores, a presença destes metabólitos auxilia na inibição da ação de radicais livres no organismos humano, sendo os de maiores importância na farmacologia os esteróides, saponinas, taninos e compostos fenólicos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Produzir e avaliar o efeito de coberturas e blendas poliméricas comestíveis de quitosana, fécula de mandioca e extrato hidroetanólico de casca de *Anacardium occidentale* L., na qualidade microbiológica e vida de prateleira de queijo Coalho.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Obter os dados por meio da plataforma Google Forms para avaliar se as características culturais e pessoais influenciam na aceitação comercial de queijo Coalho revestido com cobertura comestível.
- ✓ Verificar a interferência das concentrações de quitosana e de fécula de mandioca, assim como blendas com concentrações diferentes de ambos biopolímeros, adicionadas de extrato hidroetanólico de casca de *Anacardium occidentale* L. nas propriedades reológicas, químicas, físicas, microbiológicas e estruturais;
- ✓ Analisar a relação entre atividade antibacteriana e vida de prateleira de queijos Coalho revestidos com o filmes comestíveis de quitosana, fécula de mandioca e blendas poliméricas adicionadas de extrato vegetal durante 10 dias armazenados sob refrigeração à $\pm 9^{\circ}\text{C}$.

REFERENCIAS

- ABASS, A. B.; AWOYALE, W.; ALAMU, E. O. Assessment of the chemical and trace metal composition of dried cassava products from Nigeria. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, [s.l.], 11(1): 43-52, 2019.
- ABEDI, E. & HASHEMI, S. M. B. Lactic acid production - producing microorganisms and substrates sources-state of art. **Heliyon**, [s.l.], 12: 6(10), 1-32, 2020.
- ABIQ. **Associação Brasileira das Indústrias de Queijo**. 2017. Disponível em: <<http://www.abiq.com.br/default.asp>>. Acesso em: 05 dez. 2022.
- AHMED, H. T.; JALAL, V. J.; TAHIR, D. A.; MOHAMAD, A. H.; Gh. ABDULLAH, O. Effect of PEG as a plasticizer on the electrical and optical properties of polymer blend electrolyte MC-CH-LiBF₄ based films. **Results in Physics**, [s.l.], 15, 1-28, 2019.
- AL-NABULSI, A.; OSAILI, T.; SAWALHA, A.; OLAIMAT, A. N.; ALBISS, B. A.; MEHYAR, G.; AYYASH, M.; HOLLEY, R. Antimicrobial activity of chitosan coating containing ZnO nanoparticles against E. coli O157:H7 on the surface of white brined cheese. **International Journal of Food Microbiology**, [s.l.], 334, 1-8, 2020.
- ALTIERI, C.; SCROCCO, C.; SINIGAGLIA, M.; DEL NOBILE, M. A. Use of Chitosan to Prolong Mozzarella Cheese Shelf Life. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], (88)8, 2683-2688, 2005.
- ARAGÃO, B. B.; TRAJANO, S. C.; SILVA, J. G.; OLIVEIRA, J. M. B.; SANTOS, A. S.; MELO, R. P. B.; PEIXOTO, R. M.; MOTA, R. A. Avaliação da contaminação por *Staphylococcus aureus* em queijo coalho artesanal elaborado com leite de cabra produzido no estado de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, (72)2, 615-622, 2020.
- ARAGÃO, B. B.; TRAJANO, S. C.; OLIVEIRA, R. P.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, R. G.; JULIANO, M. P.; JUNIOR, J. W. P.; MOTA, R. A. Occurrence of emerging multiresistant pathogens in the production chain of artisanal goat coalho cheese in Brazil. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, [s.l.], 84, 2022.
- ARANAZ, I.; MENGÍBAR, M.; HARRIS R. PAÑOS, I.; MIRALLES, B.; ACOSTA, N.; GALED, G.; HERAS, Á. Functional Characterization of Chitin and Chitosan. **Current Chemical Biology**, [s.l.], 3(2), 203-230, 2009.
- ARAÚJO, V. R., SHIRAI, M. A. Aplicação de revestimento comestível de quitosana em brócolis minimamente processado. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [s.l.], 34(2), 1-10, 2016.
- ARISTIZÁBAL, J.; GARCÍA, J. A.; OSPINA, B. Refined cassava flour in bread making: a review. **Ingeniería e Investigación**, [s.l.], 37(1), 25-33, 2017.
- BAHRAMI, R.; LÖBLING, T. I.; SCHMALZ, H.; MÜLLER, A. H. E.; ALTSTÄDT, V. Synergistic effects of Janus particles and triblock terpolymers on toughness of immiscible polymer blends. **Polymer**, 109, 229–237, 2017.

BARROS, D. M. **Quitosana como cobertura e incorporada em queijo de coalho: influência na viabilidade de *Staphylococcus aureus* e no controle de qualidade**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde Humana e Meio Ambiente, Vitória de Santo Antão – PE, 2017.

BARROS, D. M.; SILVA, A. P. S.; MOURA, D. F.; MELO, M. A.; SILVA, J. H. L.; ROCHA, T. A.; SILVA, F. A.; OLIVEIRA, G. B.; MEDEIROS, S. M. F. R. S.; CAVALVANTI, I. D. L.; MACÊDO, D. C. S.; SOARES, J. C. S.; FERREIRA, S. A. O.; SIQUEIRA, T. T. A.; LEITE, A. R. F.; COSTA, M. P.; DINIZ, M. A.; ALVES, A. S. S.; SANTOS, J. M. S.; FONTE, R. A. B. Utilização de quitosana na conservação dos alimentos. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, 6(4), 17717-17731, 2020.

BARROS, D. M.; MOURA, D. F.; ROCHA, T. A.; SANTOS, A. E. S.; SILVA, M. R. O.; FERREIRA, S. A. O.; FONTE, R. A. B.; MACHADO, E. C. L. Coalho cheese with incorporated chitosan and as a coating: effect on the viability of *Staphylococcus aureus* and sensory acceptance. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, [s.l.], (40): 3, 3477-3492, 2019.

BERTI, S.; RESA, C. P. O.; BASANTA, F.; GERSCHENSON, L. N.; JAGUS, R. J. Edible coatings on Gouda cheese as a barrier against external contamination during ripening. **Food Bioscience**, [s.l.], 31, 1-8, 2019.

BRASIL. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Manteiga da Terra ou Manteiga de Garrafa, Queijo de Coalho e Queijo de Manteiga. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, 16 de julho de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 60, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 02 jan. 2023.

BRASIL. Resolução-RDC Nº 263, de 22 de Setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, 29 de agosto de 2005.

CAMILI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva ‘Itália’ contra *Botrytis cinérea*. *Summa Phytopathol.*, **Botucatu**, [s.l.], (33)3, 215-221, 2007.

CHIBANE, L. B.; DEGRAEVE, P.; FERHOUT, H.; BOUJILA, J.; OULAHAL, N. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. **Journal Sci Food Agric**, [s.l.], 99: 1457–1474, 2019.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. CLSI. Performance standards for antimicrobial disk susceptible tests; Approved standard – Eleventh Edition. CLSI document M02-A11. Wayne, Pennsylvania: **Clinical and Laboratory Standards Institute**, [s.l.], (32): 1, 1-76, 2012a.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. CLSI. Performance

standards for antimicrobial susceptibility testing. Twenty-second Informational Supplement. CLSI document M100-S22. Wayne, Pennsylvania: **Clinical and Laboratory Standards Institute**, 2012b.

COGAN, T. M.; BERESFORD. Microbiology of Hard Cheese. In book: Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products No.Ed.3 pp.515-560, 2002.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo Comparativo de amidos Termoplásticos Derivados do Milho com diferentes teores de amilose. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [s.l.], (15)4, 268-273, 2005.

COSTA, C. F., FUSIEGER, A., ANDRETTA, M., CAMARGO, A. C., CARVALHO, A. F., MENEZES, D. R., NERO, L. A. Short communication: Potential use of passion fruit (*Passiflora cincinnata*) as a biopreservative in the production of coalho cheese, a traditional Brazilian cheese. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], 103, 3082-3087, 2020.

DASH, M.; CHIELLINI, F.; OTTENBRITE, A. R. M.; CHIELLINI, E. Chitosan—Aversatile semi-synthetic polymer in biomedical Applications. **Progress in Polymer Science**, [s.l.], (36)8, 981–1014, 2011.

DHUMAL, C.V.; SARKAR, P. Composite edible films and coatings from food-grade biopolymers. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], (55)11, 4369-4383, 2018.

DUANGJAN, C.; RANGSINTH, P.; GU, X.; WINK, M.; TENCOMNAO, T. Lifespan Extending and Oxidative Stress Resistance Properties of a Leaf Extracts from *Anacardium occidentale* L. in *Caenorhabditis elegans*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [s.l.], 2019, 1-17, 2019.

DUFRESNE, A. e CASTAÑO, J. Polysaccharide nanomaterial reinforced starch nanocomposites: a review. **Starch – Stärke**, [s.l.], 69, 1-19, 2016.

EL-DIB, F.; ESHAQ, G.; ELMETWALLY, A. E.; HEFNI, H. H. H. Enhancing the porous structure of swellable poly(acrylic acid-co-acrylamide) crosslinked by N-Maleyl chitosan via introducing foaming agents and non-ionic surfactant. **Advanced Industrial and Engineering Polymer Research**, [s.l.], 4, 9-18, 2020.

ENCARNAÇÃO, S.; MELLO-SAMPAYO, C. D.; CARRAPIÇO, D.; BRAZ, B. S.; JORDÃO, A. P.; PELETEIRO, C.; CATARINO, L.; SILVA, I. B. M.; GOUVEIA, L. F.; LIMA, B. S.; SILVA, O. *Anacardium occidentale* Bark as an Antidiabetic Agent. **Plants**, [s.l.], (11)19, 1-15, 2022.

FARINELI, G.; LUCA, A. D.; KAILA, V. R.; MACLACHLAN, M. J.; TIRAFERRE, A. Fe-chitosan complexes for oxidative degradation of emerging contaminants in water: Structure, activity, and reaction mechanism. **Journal of Hazardous Materials**, [s.l.], 408, 243-257, 2020.

FILIPPIS, F. D.; PARENTE, E.; ERCOLINI, D. Recent Past, Present, and Future of the Food Microbiome. **Annual Review of Food Science and Technology**, [s.l.], 9, 589-608, 2018.

FUSCO, R.; SIRACUSA, R.; PERITORE, A. F.; GUGLIANDOLO, E.; GENOVESE, T.; D'AMICO, R.; CORDARO, M.; CRUPI, R.; MANDALARI, G.; IMPELLIZZERI, D.;

CUZZOCREA, S.; PAOLA, R. D. The Role of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Nuts on an Experimental Model of Painful Degenerative Joint Disease. **Antioxidants**, [s.l.], 9(6): 511, 1-12, 2020.

GIMENEZ, V. M. M.; ALVARENGA, T. A.; GROPPPO, M.; SILVA, M. L. A.; CUNHA, W. R.; JANUÁRIO, A. H.; SMILKSTEIN, M. J.; RISCOE, M. K.; PAULETTI, P. M. Antiplasmodial evaluation of *Anacardium occidentale* and alkyl-phenols. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], 29, 36-39, 2019.

GOBBETTI, M.; CAGNO, R. D.; CALASSO, M.; NEVIANI, E.; FOX, P. F.; ANGELIS, M. D. Drivers that establish and assembly the lactic acid bacteria biota in cheeses. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], 78(7), 244-254, 2018.

HOSSEINNEJAD, M.; JAFARI, S. M. Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], 85, 467-475, 2016.

IMRE, B.; RENNER, K.; PUKÁNSZKY, B. Interactions, structure and properties in poly (lactic acid) / thermoplastic polymer blends. **EXPRESS Polymer Letters**, [s.l.], (8)1, 2-14, 2014.

JONNALA, B. R. Y.; MCSWEENEY, P. L. H.; SHEEHAN, J. J.; COTTER, P. D. Sequencing of the Cheese Microbiome and Its Relevance to Industry. **Frontiers in Microbiology**, [s.l.], 9, 1-12, 2018.

JORDAN, J.; JACOB, K. I.; TANNENBAUM, R.; SHARAF, M. A.; JASIUK, I. Experimental trends in polymer nanocomposites - A review. **Materials Science and Engineering A**, [s.l.], 393(1-2), 1-11, 2005.

JÚNIOR, F. P. A.; ALVES, T. W. B.; LIMA, B. T. M.; ARAÚJO, T. P.; MEDEIROS, F. D. *Anacardium occidentale* (cajueiro) e seu potencial antimicrobiano: Uma revisão. I **Congresso Internacional da Diversidade do Seminário**. 2016. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD4_SA14_ID497_11092016222441.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2023.

KUMAR, S.; MUKHERJEE, A.; DUTTA, J. Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], 97, 196-209, 2020.

LUVIELMO, M. M. e LAMAS, S. V. Revestimento comestível em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, [s.l.], (8)1, 8-15, 2012.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MAZINANI, S.; DARVISHMANESH, S.; RAMAZANI, R.; BRUGGEN, B. VAN DER. Miscibility of polyimide blends: Physicochemical characterization of two high performance polyimide polymers. **Reactive and Functional Polymers**, [s.l.], 111, 88-101, 2017.

OLIVEIRA, F. I. P.; COSTA, M. T. P.; FRAGA, A. C. A.; OBERG, M. L. B. M.; VASCONCELOS, M. P.; COSTA, T. E. S.; PINTO, S. C. Ocorrência de *Staphylococcus aureus* em queijos tipo coalho. **Cadernos ESP**, Ceará, 13(2): 82–93, 2019.

OLIVEIRA, P. G. **Bioatividade de quitosana como cobertura comestível em queijo de coalho na inibição de *Listeria monocytogenes***. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde Humana e Meio Ambiente, Vitória de Santo Antão – PE, 2015.

PELLISSARI, F. M.; FERREIRA, D. C.; LOUZADA, L. B.; SANTOS, F.; CORRÊA, A, C.; MOREIRA, F. K. V.; MATTOSO, L. H. Starch-Based Edible Films and Coatings: An Eco-friendly Alternative for Food Packaging. **Starches for Food Application**, [s.l.], 359-420, 2019.

PEIXOTO, A.M.S.; PRAÇA, E.F.; GÓIS, V.A. de.. A potencialidade microbiológica de coagulação do coalho líquido artesanal. **Revista Verde**, Mossoró – RN – Brasil, (2)2, 52 – 64, 2007.

PEREIRA, G. N.; ROSA, R. S.; DIAS, A. A.; GONÇALVES, D. J. S.; SERIBELLI, A. A.; PINHEIRO-HUBINGER, L.; ELLER, L. K. W.; CARVALHO, T. B.; PEREIRA, V. C. Characterization of the virulence, agr typing and antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* strains isolated from food handlers in Brazil. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, [s.l.], (26)5, 2022.

PINTO, A. S. **Otimização de processos de obtenção de quitina e quitosana do exoesqueleto do camarão amazônico (*Macrobrachium amazonicum*, HELLER, 1863)**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém – PA, 2014.

PIRES, M.; SANTOS, R. V.; CHIES, A. P. Efeito da migração de composto antimicrobiano nas propriedades finais de selagem de filme poliolefinico. **Polímeros**, [s.l.], 24(2), 237-242, 2014.

QIN, C.; LI, H.; XIAO, Q.; LIU, Y.; ZHU, J.; DU, Y. Water-solubility of chitosan and its antimicrobial activity. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], 63(3), 367-374, 2006.

QIN, Y.; ZHANG, S.; YU, S.; YANG, J.; XIONG, L.; SUN, Q. Effects of chitin nano-whiskers on the antibacterial and physicochemical properties of maize starch films. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], 147, 372-378, 2016.

QUIGLEY, L.; O’SULLIVAN, O.; STANTON, C.; BERESFORD, T. P.; ROSS, R. P.; FITSGERALD, G. F.; COTTER, P. D. The complex microbiota of raw milk. **FEMS Microbiology Reviews**, [s.l.], 37(5), 664-698, 2013.

RAMOS, G.Q; COTTA, E.A; FILHO FONSECA, H.D. Análise morfológica das folhas de *Anacardium occidentale* L. **Biota Amazônia**, [s.l.], 6(1), 16-19, 2016.

REUBEM, R. C.; LANGER, D.; EISENHAUER, N.; JURBURG, S. D. Universal drivers of cheese microbiomes. **iScience**, [s.l.], (26)1, 1-18, 2023.

RIBEIRO, N. C.; NETO, F. E. M. L.; NOBRE, A. R. A.; SILVA, D. A.; MAYO, S. J.; ANDRADE, I. M. Potential antioxidant and antibacterial bioactivity of leaf and stem bark extracts in wild cashew (*Anacardium occidentale* L.) populations from coastal Piauí, northeastern Brazil. **Feddes Repertorium**, [s.l.], 0, 1-17, 2021.

ROCCA, J. D.; SIMONIN, M.; BLASZCZAK, J. R.; ERNAKOVICH, J. G.; GIBBONS, S. M.; MIDANI, F. S.; WASHBURNE, A. D. The Microbiome Stress Project: Toward a Global Meta-Analysis of Environmental Stressors and Their Effects on Microbial Communities. **Frontiers in Microbiology**, [s.l.], 9, 1-33, 2018.

RODRIGUES, H. G. A.; SIQUEIRA, A. C. P.; SANTANA, L. C. L. A. Aplicação de revestimentos comestíveis à base de quitosana e fécula de mandioca incorporados com extrato da semente de tamarindo na conservação de goiabas. **Research, Society and Development**, [s.l.], (9)6, 1-10, 2020.

SANTOS, J. A. S., SENA, T. J. O., SANTOS, K. B. S., COSTA, M. L. A., SANTOS, K. C. B. S., SANTOS, A. F. Study of the antioxidant potential of *Anacardium occidentale* L. and determination of its phenolic compounds. **Diversitas Journal**, [s.l.], 3(2): 455-474, 2018.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, (28)1, 79-88, 2007.

SILVA, I. D. L., OLIVEIRA, F. S. M., ANDRADE, M. F., BRITO, A. M. S. S., HALLWASS, F., VINHAS, G. M. Avaliação das potencialidades dos extratos vegetais de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para uso em embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes. **Revista Matéria**, [s.l.], (26)1, 1-12, 2021.

SILVA, M. C. S.; LIMA, P. K. D.; SILVEIRA, M. F. A.; SOUZA, A. R. M. Avaliação das propriedades físico-químicas e mecânicas de filmes de fécula de mandioca incorporados com cafeína irradiada. **Revista Desafios**, [s.l.], 6, 91-99, 2019.

SILVA, S. A.; FURTADO, S. C.; VARGAS, B. L. Avaliação microbiológica do queijo coalho produzido com leite pasteurizado sob refrigeração. **Revista Nanbiquara**, [s.l.], 6, 1 – jan/jun-2016.

SIRACUSA, R.; FUSCO, R.; PERITONE, A. F.; CORDARO, M.; D'AMICO, R.; GENOVESE, T.; GUGLIANDOLO, E.; CRUPI, R.; SMERIGLIO, A.; MANDALARI, G.; CUZZOCREA, S.; PAOLA, R. D.; IMPELLIZZERI, D. The Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of *Anacardium occidentale* L. Cashew Nuts in a Mouse Model of Colitis. **Nutrients**, [s.l.], (12)3, 1-20, 2020.

SIRIPATRAWAN, U. & NOIPHA, S. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], 27(1), 102–108, 2012.

SUNDERAM, V.; THIYAGARAJAN, D.; LAWRENCE, A. V.; MOHAMMED, S. S. S.; SELVARAJ, A. In-vitro antimicrobial and anticancer properties of green synthesized gold nanoparticles using *Anacardium occidentale* leaves extract. **Saudi Journal of Biological**

Sciences, [s.l.], (26)3, 455-459, 2019.

VALDÉS, A.; RAMOS, M.; BELTRÁN, A.; GIMÉNEZ, A.; CARRIGÓS, M. C. State of the Art of Antimicrobial Edible Coatings for Food Packaging Applications. **Coatings**, [s.l.], (7)56, 1-23, 2017.

VERT, M.; DOI, Y.; HELLWICH, K.; HESS, M.; HODGE, P.; KUBISA, P.; RINAUDO, M.; SCHUÉ, F. Polymer division: terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). **Pure and Applied Chemistry**, [s.l.], (84)2, 377-410, 2012.

WALSH, A. M.; MACORI, G.; KILCAWLEY, K. N.; COTTER, P. D. Meta-analysis of cheese microbiomes highlights contributions to multiple aspects of quality. **Nature Food**, [s.l.], 1, 500-510, 2020.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, P. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, [s.l.], (35)4, 974-980, 2005.

WANG, Q.; YU, H.; TIAN, B.; JIANG, B.; XU, J.; LI, D.; FENG, Z.; LIU, C. Novel Edible Coating with Antioxidant and Antimicrobial Activities Based on Whey Protein Isolate Nanofibrils and Carvacrol and Its Application on Fresh-Cut Cheese. **Coatings**, v. 9, 2019.

WEI, L.; TAN, W.; WANG, G.; LI, Q.; DONG, F.; GUO, Z. The antioxidant and antifungal activity of chitosan derivatives bearing Schiff bases and quaternary ammonium salts. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], 226, 1-36, 2019.

XAVIER, T. D. N.; OLIVEIRA, V. F. L.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; SANTOS, F. K. G. Filmes biopoliméricos baseados em fécula, quitosana e cera de carnaúba e suas propriedades. **Matéria**, Rio de Janeiro, (25)4, 1-12, 2020.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT -Food Science and Technology**, [s.l.], 89, 198-209, 2018.

CAPÍTULO 1

Perfil do consumidor brasileiro e aceitação comercial de queijo Coalho revestido com cobertura comestível.

José Lucas Girão Rabelo^a, Kamila de Lima Barbosa, Karoline Mikaelle de Paiva Soares,
Kaliana Sitonio Eça.

Departamento de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC)

Submetido para: Revista Conexões - Ciência e Tecnologia

^aAutor correspondente:

Número de telefone: +55 (85) 99164-7474

Endereço: Av. Mister Hull, s/n – Pici

CEP: 60455-760

Fortaleza, CE, Brasil

e-mail: joelucasrabelo@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa possuiu o objetivo de utilizar um questionário online para obter dados socioeconômicos e de conhecimento, consumo e percepção dos consumidores brasileiros sobre a utilização de revestimentos comestíveis em alimentos, voltada para o queijo Coalho, visando tornar a tecnologia de coberturas comestíveis uma opção para aumentar de sua vida de prateleira. Foi aplicado um formulário exploratório e de natureza quantitativa e qualitativa, utilizando o Google Formulários. Foram desenvolvidas 20 perguntas, divididas em três seções: dados socioeconômicos, hábitos de consumo de queijo Coalho e conhecimento sobre os revestimentos comestíveis aplicados a alimentos, mais especificamente a queijo. Observou-se que a maioria dos participantes são nordestinos (92,6%), entre 18 a 35 anos de idade (80,3%), do gênero feminino (56,4%), com ensino superior em andamento ou concluído (48%), solteiro (65,4%) e com uma renda mensal de até 4 salários mínimos (67,5%) com uma frequência de consumo de queijo Coalho de 2 a 4 vezes por semana (36,4%), sendo a maioria responsáveis pela compra de alimentos em casa. Possuem preferência por fazer a compra do queijo Coalho em supermercado (64%), sendo o sabor, aparência visual, odor, textura e cor os fatores que mais influenciam na compra e consumo do mesmo. Os participantes também acham que os revestimentos comestíveis são importantes na conservação de produto (81,6%). Os resultados demonstram que o consumidor está propenso a aceitar novas tecnologias na conservação de alimentos, além de abrir espaço para demais pesquisas com coberturas comestíveis em diferentes tipos de produtos.

Palavras-chave: Neofobia. Pesquisa exploratória. Tecnologia de alimentos. Derivado lácteo.

BRAZILIAN CONSUMER PROFILE AND COMMERCIAL ACCEPTANCE OF COALHO CHEESE COATED WITH EDIBLE COATING.

ABSTRACT

This research aimed to use an online questionnaire to obtain socioeconomic data and knowledge, consumption and perception of Brazilian consumers about the use of edible coatings on food, more specifically focused on the Coalho cheese, in order to make it a viable option for increasing its shelf life. An exploratory form of a quantitative and qualitative nature was applied, using Google Forms. Twenty questions were developed, divided into 3 sections: socioeconomic data, Coalho cheese consumption habits, and knowledge about edible coatings applied to food, more specifically to cheese. It was observed that most participants are from the Northeast (92.6%), between 18 and 35 years old (80.3%), female (56.4%), with higher education in progress or completed (48%), single (65.4%), and with a monthly income of up to 4 minimum wages (67.5%). They prefer to buy the curd cheese in supermarkets (64%), and the taste, visual appearance, odor, texture and color are the factors that most influence their purchase and consumption. The participants also think that edible coatings are important in the conservation of the product (81.6%). The results show that the consumer is prone to accept new technologies in food preservation, besides opening space for further research with edible coatings on different types of products.

Key words: Neophobia. Exploratory research. Food Technology. Dairy product.

4.1 Introdução

O queijo Coalho é um produto cultural e típico da região Nordeste, apresenta para a população de tal região grande importância social e econômica, tendo em vista que sua produção é responsável pela promoção de empregos e geração de renda no interior de diversos estados do Nordeste (MENEZES, 2011; ARAGÃO *et al.*, 2022).

Apesar de ser um produto tipicamente nordestino, o consumo de queijo Coalho não se restringe apenas a esta região, sendo apreciado em diversos estados do Brasil (COSTA *et al.*, 2020), como na região Sudeste (SOARES *et al.*, 2017). É um dos queijos de maior manifestação socioeconômica no país (LEANDRO *et al.*, 2021). Pode ser consumido *in natura*, assado, frito ou como ingrediente em receitas culinárias (BEZERRA *et al.*, 2016), e possui a capacidade de fornecer bactérias probióticas ao consumidor, quando o queijo é usado como matriz para o carregamento de tais bactérias (BEZERRA *et al.*, 2017).

A busca pela manutenção da qualidade e o controle microbiano do queijo Coalho desenvolveu a necessidade de novas tecnologias efetivas para a conservação deste produto. Neste cenário as coberturas comestíveis ganham destaque (JÚNIOR *et al.*, 2021). O uso de tais coberturas auxilia na formação de uma barreira que impede o contato do alimento com o ambiente externo, podendo impedir trocas gasosas e evitando a perda ou ganho excessivo de água e a contaminação química e microbiológica (ARAÚJO; SHIRAI, 2016), além de elevar a qualidade do produto, proporcionando um aumento de sua vida de prateleira (PAULO *et al.*, 2021).

Apesar dos benefícios trazidos pelas coberturas comestíveis, estudos demonstram que alguns consumidores possuem receio em relação as novas tecnologias aplicadas a alimentos (MATIN *et al.*, 2012; RONTELTAP *et al.*, 2007). Esse fenômeno é chamado de neofobia alimentar, e consiste na aversão do consumidor a um novo alimento ou tecnologia aplicada a alimentos (HAZLEY *et al.*, 2022).

Diversos fatores influenciam na escolha do alimento, como fatores econômicos, biológicos e individuais, porém, o fator cultural pode ser considerado como determinante na decisão de consumo de um alimento. Entender sobre as variações culturais e pessoais na percepção dos alimentos e a relação do consumidor com os mesmos é de suma importância nas pesquisas alimentares para melhor compreensão do comportamento do consumidor (SOARES

et al., 2017).

Buscando a familiarização dos consumidores a novas tecnologias aplicadas a alimentos, as pesquisas exploratórias possuem o objetivo de difundir aos participantes determinados assuntos, permitindo que ao final possuam a capacidade de formular uma hipótese sobre o tema abordado (ELCIO TARALLO *et al.*, 2019). Estes estudos podem ser aplicados através de plataformas digitais, como o Google Forms, a fim de instruir e descrever as características de uma parcela da população.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo utilizar um formulário semiestruturado online para realizar o levantamento de dados socioeconômicos e de conhecimento, consumo e percepção dos consumidores brasileiros sobre a aplicação de revestimentos comestíveis em queijo Coalho, visando torná-lo uma opção viável no mercado.

4.2 Material e métodos

Para que os objetivos propostos fossem alcançados foi desenvolvido uma pesquisa de caráter exploratória, descritiva com abordagem qualitativa e quantitativa, a fim de familiarizar os participantes a respeito dos revestimentos comestíveis, obter dados e descrever as características da população. A obtenção dos dados necessários para a realização desta pesquisa se deu pela elaboração de um formulário *online* utilizando a plataforma *Google Forms*. Este formulário foi discriminado em três seções:

1) perfil socioeconômico, com seis perguntas fechadas de múltipla escolha (estado onde reside, idade, gênero, estado civil, escolaridade e renda), com o objetivo de obter informações a respeito do perfil socioeconômico dos participantes;

2) dados sobre compra e consumo de queijo Coalho, com seis perguntas fechadas de múltipla escolha e intensidade, a fim de levantar informações acerca dos fatores que os consumidores brasileiros julgam importantes no momento da compra e consumo do queijo Coalho;

3) conhecimento sobre revestimentos comestíveis, com oito questões fechadas de múltipla escolha e intensidade em relação a percepção dos mesmos sobre a aplicação de revestimentos comestíveis neste alimento.

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética (CEP) da Plataforma Brasil, com o número do parecer 5.336.437. O grupo amostral foi calculado utilizando-se como base a população do Brasil (211 milhões de pessoas), a ferramenta utilizada foi o site especializado *Survey Monkey*, indicando um tamanho amostral de 385 respostas, para o grau de confiança de 95% e margem de erro de 5%. Foram obtidas 390 respostas ao total na plataforma Google Forms, os dados foram então exportados a uma planilha eletrônica do *Microsoft Excel*® versão 2016, onde foram analisados em medidas de estatística descritiva, sendo os dados apresentados em tabelas e gráficos.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Perfil socioeconômico

O perfil socioeconômico dos participantes da pesquisa, incluindo informações sobre região, idade, sexo, estado civil e renda estão apresentados na Tabela 1. Observou-se que a maioria dos participantes reside na região Nordeste do país, totalizando 92,6% dos respondentes, sendo os estados do Ceará (71,3%) e Rio Grande do Norte (16,7%) os que apresentaram o maior número de respostas. Os outros 7,4% dos participantes estão distribuídos em outras regiões brasileiras como Sudeste (5,6%), Sul (1,0%), Centro-Oeste (0,5%) e Norte (0,3%). Esse resultado pode ser explicado, possivelmente, pela maior distribuição do formulário à pessoas do Nordeste, sendo estas também maiores consumidoras desse produto. Tal fato torna a pesquisa mais robusta, visto que, a produção de queijo Coalho, e conseqüentemente compra e consumo, é maior em estados da região Nordeste (NASSU, *et al.*, 2006). Observou-se que a maioria dos participantes, 95,1% consomem ou já consumiram este produto.

O queijo Coalho é bastante apreciado em diversas cidades dos estados nordestinos. Faz parte da alimentação diária da população desta região, estando presente como ingrediente em grande parte das comidas típicas (baião de dois, tapioca, canjica, mugunzá, feijão verde) caracterizando-se como um alimento de hábito cultural. (CAVALCANTE, 2014). Soares *et al.* (2017) avaliando os efeitos culturais e percepções dos consumidores de queijo Coalho no Nordeste e Sudeste do Brasil observou que os consumidores da região Sudeste associam o queijo Coalho a situações sociais e de lazer, enquanto no Nordeste, tal produto se relaciona a aspectos familiares.

De acordo com a Tabela 1, observa-se que a grande maioria dos participantes são jovens

de 18 – 25 anos (40,3%) e adultos de 26 – 35 anos (40,0%), resultando em um total de 80,3% dos pesquisados. Estes dados podem ser explicados pela projeção da idade da população do Brasil (pirâmide etária), que apresenta um maior número de brasileiros possuindo entre 20 – 39 anos de idade (IBGE, 2021).

Júnior *et al.* (2019), obtiveram resultados diferentes para a faixa etária dos participantes quando avaliou o perfil do consumidor de queijo Coalho no estado da Paraíba. A maioria dos participantes apresentaram idade igual ou superior a 45 anos, na cidade de Campina Grande (40,0%), Santa Rita (40,4%), Patos (34,0%) e Paraíba (34,8%), apenas na cidade de João Pessoa o maior número de participantes estava entre 26 – 35 anos (34,0%), provavelmente se deve ao trabalho ser mais difundido em João Pessoa, onde fica a UFPB. Lima *et al.*, (2017), estudando o perfil do consumidor de queijo artesanal, observaram que a faixa etária predominante foi de 30 – 59 anos (78,0%), seguido por 18 – 29 anos (16,0%), na cidade de Conceição.

Nesta pesquisa, o maior número de respostas obtidas foi de pessoas do gênero feminino (56,4%), (Tabela 1). A grande parte de respostas por mulheres pode ser reflexo da distribuição percentual de gênero no Brasil. A distribuição média brasileira de gênero, nos últimos 6 anos, foi 51,1% feminina e 48,9% masculina. (IBGE, 2021). Lima *et al.* (2017) também observaram resultados parecidos em sua pesquisa avaliando o perfil dos consumidores de queijo artesanal, quando 56,0% dos participantes de sua pesquisa afirmaram serem do gênero feminino.

Dos 390 participantes da pesquisa, a maioria, 255 (65,4%) afirmaram serem solteiros (Tabela 1). Silva *et al.* (2021) afirmaram que o estado civil do consumidor é um fator de grande importância na compra de produtos e deve ser levado em consideração. Pessoas solteiras não possuem tantas obrigações familiares quando comparados a consumidores casados, portanto, acabam possuindo um maior poder de compra e intenção bem definida. Em sua pesquisa, sobre o comportamento do consumidor e fatores que influenciam o poder de compra, 64,3% dos participantes se consideraram solteiros.

A maior quantidade de participantes solteiros observado nesta pesquisa pode ser explicada pelos fenômenos sociais contemporâneos que ascendem a individualização pessoal e talvez por serem estudantes. Este fato propicia o surgimento de uma estrutura familiar chamada de unipessoal, que vem aumentando bastante no Brasil, e é representada por sujeitos que optaram pela independência individual (MARTINS-SUAREZ; FARIAS, 2016).

O processo de decisão de compra se inicia quando o consumidor identifica um problema

ou necessidade e busca informações sobre o assunto para que depois avalie suas alternativas e tome a decisão de compra (KOTLER; KELLER, 2006). Desta forma, devido grande parte dos respondentes serem quem determinam se a compra do produto será ou não efetuada, tornam os dados obtidos desta pesquisa mais relevantes.

A graduação completa ou em andamento prevaleceu entre os participantes desta pesquisa 79,0% (Tabela 1), sendo este valor composto por superior incompleto 28% seguido do superior completo 20,0%, pós-graduação incompleta 12,3% e pós-graduação completa 18,7%. É possível ver que a maioria dos participantes possuem o ensino superior em andamento ou já concluído, isso demonstra que os pesquisados possuem um nível de escolaridade elevado, estes, geralmente, são mais criteriosas na escolha de produtos.

O alto nível de instrução dos participantes pode estar relacionado ao fator idade, visto que a maioria dos integrantes da pesquisa apresentaram faixa etária entre 18 – 35 anos, e é geralmente neste período que as pessoas buscam o aperfeiçoamento educacional, seja por meio de uma graduação ou pós-graduação. Castellanos *et al.* (2013) estudando o perfil sociodemográfico de estudantes de graduação em saúde coletiva observaram que a faixa etária de maior concentração entre os respondentes foi de 17 – 29 anos (78%).

O nível de escolaridade também pode possuir correlação com a majoritariedade de integrantes solteiros da pesquisa, Junior *et al.* (2019) afirmam que pessoas solteiras, formadoras de famílias unipessoais estão sempre em busca de melhores condições e aperfeiçoamento acadêmico.

A renda mensal de 67,5% foi de 1 a 4 salários mínimos (Tabela 1), destes, 35,4% dos participantes declararam possuir uma renda mensal de 2 a 4 salários mínimos e 32,1% tem renda mensal de até 1 salário mínimo. As informações sobre renda dos participantes caracterizam-se como um fator importante na formação do perfil do consumidor, visto que as preferências e necessidades dos mesmos variam de acordo com sua condição financeira (KOTLER; KELLER, 2006).

Os dados sobre a renda mensal mostraram que o queijo Coalho é um produto acessível para os consumidores e cabe no orçamento dos participantes da pesquisa. Também pode ser levado em consideração que quanto maior a renda do participante maior é a frequência de consumo do produto, este consumo ainda pode ser reforçado pelo fator cultural que o mesmo possui na alimentação do nordestino.

É possível que a renda mensal dos respondentes possua relação com o nível de escolaridade. A maioria dos participantes possuem renda que varia entre 1 a 4 salários mínimos, possivelmente devido ao grande número de pessoas que ainda não concluíram a graduação, ou estão na pós-graduação, estas, em sua grande maioria estão inseridas no mercado de trabalho como estagiários, no primeiro emprego ou possui renda advinda de incentivos a pesquisa, em todos os casos os valores de remuneração não ultrapassam quatro salários mínimos.

Tabela 1 - Perfil socioeconômico dos 390 participantes respondentes ao formulário disponibilizado pela plataforma Google Forms.

Variável	Item	(n)	%
Região onde reside	Nordeste	361	92,6%
Idade	18-35 anos de idade	313	80,3%
Identidade de gênero	Feminino	220	56,4%
Estado civil	Solteiro	255	65,4%
Escolaridade	Graduação completa ou em andamento	187	79,0%
Renda mensal	Renda de 1-4 salários mínimos	300	67,5%

Através dos dados obtidos pela pesquisa pode-se definir o perfil socioeconômico dos participantes como nordestinos entre 18 a 35 anos que consomem o queijo Coalho cotidianamente. São solteiros, com ensino superior em andamento ou já concluído e com uma renda mensal de até 4 salários mínimos. Isso pode indicar que os mesmos possuem poder de compra e intenção definida para a aquisição de um produto alimentício que utiliza tecnologia inovadora.

4.3.2 Compra e consumo de queijo coalho

Na seção direcionada sobre a compra e consumo de queijo Coalho, quando perguntado quem é o responsável pela compra de produtos alimentícios em casa, 257 (65,8%) pessoas responderam serem as responsáveis pela compra, enquanto 133 (34,2%) participantes responderam que outras pessoas são responsáveis. Estes dados apresentam resultados relevantes para o estudo, pois como a maioria dos participantes são os próprios responsáveis pela compra de produtos alimentícios, são eles que escolhem os produtos, tornando as respostas às perguntas sobre compra de queijo Coalho mais fidedignas e próximas da realidade.

Na compra do queijo Coalho, o local de maior preferência foi o supermercado, com 325 (64,0%) votos, as feiras e comércios livres ficaram como o segundo local mais votado para a compra de queijo, com 91 (18,0%) votos, diretamente do produtor 68 (13,0%) votos e outros

locais 27 (5,0%) votos (Tabela 2). Em estudo no município de Redenção - PA, sobre o perfil do consumidor e determinação de cloreto de sódio em queijo artesanal, Lima *et al.*, (2017) observou que a maioria das pessoas que participaram da pesquisa, 36%, possuem preferência por comprar o queijo Coalho também em supermercados, enquanto 30% preferem as feiras livres.

Os supermercados são geralmente os estabelecimentos mais escolhidos para a realização de compras produtos alimentícios devido a competitividade entre as marcas de alimentos, que impulsiona a melhoria da qualidade do produto e reduz o preço, atendimento ao consumidor, responsável por atrair e fidelizar o comprador, qualidade do estabelecimento (padrão arquitetônico e tecnológico) e dos produtos (certificação, perecibilidade, conservação) e também a variedade de produtos (ROJO, 1998). Segundo Jung *et al.* (2022) a credibilidade que os supermercados possuem também influenciam na intenção de compra, visto que tal característica está diretamente ligada com a confiabilidade do consumidor na aquisição de novos produtos alimentícios.

Segundo Rojo, (1998), pessoas de classe C/D (renda variando entre R\$ 1.255 – R\$ 8.640), que engloba majoritariamente os participantes da pesquisa, possuem uma maior satisfação na realização de compras em supermercados pelo oferecimento de produtos específicos a esta parte da população.

A idade dos participantes também pode estar relacionada a escolha do local de compra, visto que pessoas jovens, que correspondem a maioria dos participantes da pesquisa, preferem optar por locais mais modernos para as compras de casa, outro fator seria a ausência de feiras ou comércios livres próximo a residência dos participantes, sendo o supermercado a opção mais fácil. A falta de conhecimento sobre os locais de produção de queijo também dificulta a compra direta com o produtor.

O nível de escolaridade também pode influenciar na escolha do local de compra de queijo Coalho, geralmente, pessoas com maior conhecimento tendem a buscar produtos que atendam seus padrões de qualidade, que são geralmente mantidos pelas redes de supermercado através do armazenamento adequado do produto, certificações de qualidade e controle do prazo de validade.

A frequência de consumo de queijo Coalho 36,4% dos participantes informaram que consomem o queijo de 2 a 4 vezes por semana, 24,1% consomem de 1 a 3 vezes por mês, 17,4%

consomem 1 vez por semana, 17,2% diariamente e apenas 4,9% informaram não consumir o produto, como mostrado na Tabela 2. Os dados mostram uma tendência ao consumo semanal do queijo Coalho entre os participantes, visto que 71,0% o consomem toda semana. Isso mostra que o produto é popular e está presente no hábito alimentar dos participantes da pesquisa, enfatizando seu potencial de mercado e salientando a necessidade de tecnologias que influencie na melhoria da qualidade deste alimento.

Tabela 2 - Dados sobre local de compra e frequência de consumo de queijo Coalho dos 390 participantes da pesquisa disponibilizada pela plataforma Google Forms.

Variável	Item	(n)	%
Local de compra de Queijo Coalho	Supermercado	325	64,0%
	Diretamente do produtor	68	13,0%
	Feiras ou comércios livres	91	18,0%
	Outros	27	5,0%
Frequência de consumo de Queijo Coalho	Não consumo	19	4,9%
	1 a 3 vezes por mês	94	24,1%
	1 vez por semana	68	17,4%
	2 a 4 vezes por semana	142	36,4%
	Diariamente	67	17,2%

Vê-se uma possível correlação entre os dados do consumo e a região onde os respondentes residem. A grande maioria dos participantes habitam a região Nordeste (92,6%), local onde ocorre a maior produção de queijo Coalho do Brasil, além disso, o mesmo está presente em diversas comidas que fazem parte do dia-a-dia do nordestino e é considerado um alimento de importância econômica e cultural para a população (MENEZES, 2011; CAVALCANTE, 2014).

No estudo realizado por Junior *et al.*, (2019) verificaram que a frequência de consumo de queijo Coalho em cidades da Paraíba também é majoritariamente semanal correspondendo a 32,8% dos entrevistados, e 32,3% consomem três vezes por semana, sendo seu consumo maior no café da manhã e lanche da tarde. Lima *et al.*, (2017) também obtiveram resultados semelhantes, sendo o consumo semanal, o mais votado entre os participantes, no município de Conceição do Araguaia 48,0% dos participantes consomem de 1 a 3 vezes por semana, enquanto em Redenção 34,0% consomem de 1 a 3 vezes na semana.

Foi questionado aos participantes o nível de importância que diferentes fatores possuem no momento da compra do queijo Coalho, para isso, foi utilizada uma escala numérica de 1 a 5, sendo 1 não é importante e 5 muito importante. Os fatores que tiveram mais escolhas como

muito importante (5) pelos consumidores foram sabor (61,3%), aparência visual (59,0%), odor (57,9%), procedência (50,5%), textura (47,9%) cor (47,7%) e preço (41,8%), os resultados são apresentados na tabela 3.

Observou-se que a maioria dos fatores majoritariamente selecionados como muito importante, estão relacionados a características do alimento que são alteradas por fatores físicos, químicos ou microbiológicos, como sabor, aparência visual, odor, textura e cor. Isso comprova que os participantes possuem preferência por comprar alimentos que tem sua qualidade assegurada durante a comercialização e demonstra a mais uma vez a importância da utilização de técnicas inovadoras para a conservação do queijo Coalho.

Tabela 3 - Variáveis que segundo os 390 participantes da pesquisa, influenciam na compra do queijo Coalho.

	Fatores	1	2	3	4	5	Total
	Procedência	2,6%	4,4%	11,8%	30,8%	50,5%	100,0%
	Aparência Visual	1,0%	1,0%	5,1%	33,8%	59,0%	100,0%
	Sabor	1,8%	0,5%	6,2%	30,3%	61,3%	100,0%
	Textura	1,5%	1,5%	10,0%	39,0%	47,9%	100,0%
Influência	Cor	1,3%	3,3%	11,0%	36,7%	47,7%	100,0%
	Odor	1,8%	1,5%	7,2%	31,5%	57,9%	100,0%
	Embalagem	3,8%	7,9%	23,8%	36,4%	27,9%	100,0%
	Preço	2,6%	4,1%	13,3%	38,2%	41,8%	100,0%
	V. Nutricional	4,6%	12,8%	27,4%	27,9%	27,2%	100,0%

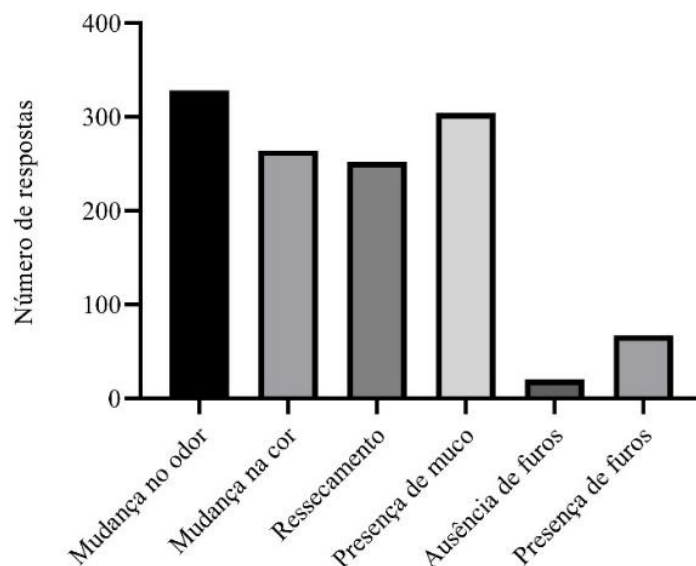
Dentre os fatores que influenciam o consumo do queijo Coalho que tiveram mais escolha como muito importante tem-se o sabor, com 63,6%, seguido pelo odor com 59,2%, textura com 49,2% e cor com 46,9%, valor nutricional e derreter quando aquecido foram os fatores menos votados como muito importante no momento do consumo, com 26,4% e 26,9% respectivamente, valores apresentados na Tabela 4. Junior et al. (2019) observou entre seus entrevistados que os fatores que mais influenciam o consumo de queijo Coalho são o hábito de consumir o produto, 67,7%, seguido pelo valor nutricional, 20,6%.

Tabela 4 - Fatores que influenciam o consumo de queijo Coalho.

	Fatores	1	2	3	4	5	Total
Influência	Sabor	1,0%	0,5%	2,6%	32,3%	63,6%	100,0%
	Odor	1,3%	1,0%	6,7%	31,8%	59,2%	100,0%
	Cor	1,3%	1,5%	12,1%	38,2%	46,9%	100,0%
	Textura	1,3%	2,8%	11,3%	35,4%	49,2%	100,0%
	Valor nutricional	4,6%	12,6%	24,9%	31,5%	26,4%	100,0%
	Derreter	10,0%	9,0%	21,3%	32,8%	26,9%	100,0%

Dentre as alterações que podem ocorrer no queijo Coalho, a mudança no odor, presença de muco, mudança na cor e ressecamento foram as indicadas como mais indesejadas entre os participantes, sendo escolhidas respectivamente por 84,1%, 77,9%, 67,7% e 64,6% dos respondentes, (Figura 1). O apetite, prazer ou nojo a determinado alimento está relacionado a informações captadas por sentidos como visão, audição, olfato, tato e paladar, por tanto, pode-se concluir que estas alterações foram as mais escolhidas por estarem diretamente ligadas aos sentidos e a resposta que os mesmos causam no consumidor, seja de aceitação ou rejeição do alimento (CANABRAVA *et al.*, 2006, DANTEC *et al.*, 2021).

Figura 1 - Alterações escolhidas pelos 390 participantes da pesquisa como indesejadas em queijo Coalho.



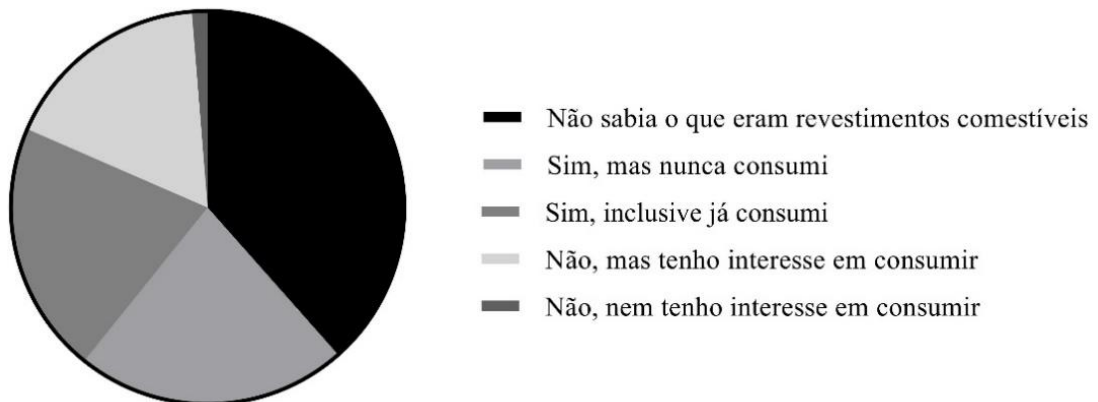
A contaminação de queijos por bactérias, bolores e leveduras pode levar o desenvolvimento de *off-flavours* (formação de sabores e odores estranhos) que diminuem sua

qualidade. O processo de deterioração microbiana de alimentos também apresenta sinais como formação de muco, produção de gás e alterações de cor. A perda de umidade também é um fator que promove a diminuição da qualidade de queijos pelo aumento da sua dureza e ressecamento, levando a propriedades organolépticas indesejadas (COSTA *et al.*, 2018; AMARAL; FREITAS, 2013).

4.3.3 Conhecimento sobre revestimentos comestíveis

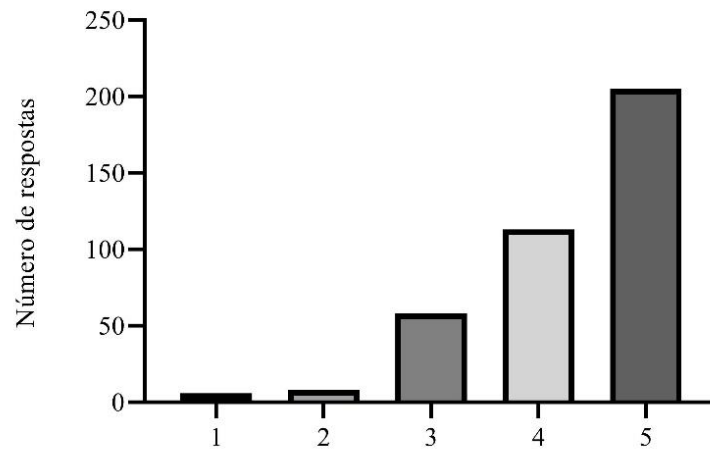
Ao questionar se os pesquisados já possuíam conhecimento sobre a tecnologia de revestimentos comestíveis observou-se que a maioria, 57% não estavam familiarizados com tal tecnologia, destes, 17,2% tem interesse em consumir um alimento com cobertura comestível e apenas 1,3% não possui interesse. 43% dos participantes afirmaram possuir algum conhecimento sobre revestimentos comestíveis, destes, 20,8% informaram já terem consumido alimentos revestidos, indicado na Figura 2.

Figura 2 - Familiaridade dos participantes com a tecnologia dos revestimentos comestíveis.



Os respondentes demonstraram a importância dos revestimentos comestíveis, utilizando uma escala numérica onde 1 seria “Não é importante” e 5 “Muito importante”, 52,6% dos respondentes afirmaram que os revestimentos comestíveis são muito importantes na conservação de alimentos, 29% disseram ser importante, 14,9% indiferente, 2,1% pouco importante e 1,5% não é importante. Estes dados são expressos graficamente na Figura 3 e apontam que tal tecnologia é vista com bons olhos pela maioria dos participantes, visto que apenas 1,5% informaram achar que os revestimentos são pouco importantes na conservação de alimentos.

Figura 3 - Opinião dos participantes sobre a importância dos revestimentos comestíveis na conservação de alimentos.



Os participantes indicaram através de uma escala numérica que variava de 1 até 5, sendo 1 não modifica e 5 modifica muito, o quanto eles acham que as coberturas comestíveis modificam as características naturais dos alimentos. Segundo os dados obtidos, percebe-se que para a maioria dos participantes, 33,1% tiveram uma opinião mais neutra sobre a influência dos revestimentos, que ocorrem mudanças nas características, mas essas mudanças não são tão significantes. 21,5% dos participantes acham que os revestimentos modificam muito o alimento, 17,9% informaram achar que os revestimentos induzem poucas mudanças em suas características naturais, 15,9% que ocorrem muitas modificações e 11,5% revelaram achar que não ocasionam modificações no alimento.

A maior parte dos respondentes (96,2%) evidenciaram a importância da informação no rótulo do produto de que aquele alimento é revestido, e apenas 3,8% indicaram não achar a informação necessária. Esses resultados mostram uma preocupação dos participantes a respeito das características e componentes presentes no alimento que os mesmos consomem. Vale salientar que tal informação é de vital importância visto que os revestimentos podem ser produzidos a partir de diversos biopolímeros e ainda acrescidos de bioativos naturais, podendo ser os responsáveis pelo desencadeamento de alergias em pessoas com distúrbios alimentares.

Dos 390 participantes da pesquisa, 62,2% acham que os revestimentos comestíveis são muito interessantes na conservação de queijos, 24,6% acham interessante, 11,5% apresentaram indiferença, 0,8% acharam pouco interessante e 0,5% acham que não é interessante. Os resultados mostram um cenário favorável para o uso de revestimentos comestíveis em queijo, demonstrando mais uma vez que o produto seria bem aceito no mercado.

As indústrias produtoras de queijo podem beneficiar-se com o uso de tal tecnologia, além de ser considerada sustentável, ela prolonga a vida de prateleira do queijo e mantém sua qualidade pelo controle da oxidação lipídica, crescimento microbiano e redução da perda de massa (COSTA *et al.*, 2018, LISBOA *et al.* 2022). Diversas pesquisas sobre coberturas comestíveis em queijo foram desenvolvidas nos últimos anos, trazendo resultados significativos para a área (PIERETTI *et al.*, 2019; WANG *et al.*,2019; MEDEIROS *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2018). Leandro *et al.* (2021) observaram que a conservação da textura e a redução de coliformes termotolerantes em queijo Coalho revestido com cobertura comestível a base do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

Foi mostrado aos participantes duas imagens (A e B) contendo amostras de queijo Coalho revestidas e outras não revestidas, em seguida foi questionado se os mesmos conseguiam distinguir quais das amostras possuíam revestimento. A maior parte dos participantes (94,1%) dos participantes indicaram corretamente que as amostras ilustradas na imagem B era revestidas, e apenas 5,9% dos participantes escolheram a imagem errada, A, com amostras não revestidas. As amostras da imagem A apresentavam uma coloração mais amarelada que as da imagem B, devido ao ressecamento provocado pela perda de água do produto, também era visível a formação de colônias de fungos na superfície das amostras da imagem A, indicando uma contaminação microbiana, fato não observado pelas amostras da imagem B, que devido a cobertura comestível, não apresentou desenvolvimento de fungos.

Sabendo que a maioria dos participantes não possuíam conhecimento a respeito de revestimentos comestíveis, o grande número de acertos a questão pode ser resultado das informações sobre os benefícios proporcionados pelas coberturas comestíveis apresentadas. As coberturas comestíveis são responsáveis por manter a qualidade do alimento através da manutenção de suas características naturais, os participantes possivelmente deduziram que as amostras revestidas eram aquelas que apresentavam menos alterações indesejadas visualmente.

Pouco mais da metade dos respondentes (54,4%) apontaram que o recobrimento do queijo com coberturas comestíveis não provocaria mudanças nos atributos sensoriais deste alimento, sendo os mesmos mantidos ao tradicional, 27,9% afirmaram que ocorreria mudança nos atributos, sendo estes superiores aos tradicionais e 17,7% acharam que os atributos do queijo recoberto seriam inferiores aos tradicionais.

As tecnologias de conservação aplicadas aos alimentos não devem provocar

modificações de suas características naturais, e quando as mesmas acontecem, devem ser mínimas, afim de não descaracterizar o produto. As coberturas comestíveis devem possuir peculiaridades como serem invisíveis, possuir aderência ao alimento e não influenciar no gosto do mesmo (ASSIS, 2003).

Sobre a intenção de compra do queijo Coalho recoberto, 65,1% afirmaram que comprariam o produto, 32,30% alegaram que talvez comprariam e apenas 2,6% disseram que não comprariam o produto, parte dessa rejeição pode está relacionada a neofobia, ou aversão a novas tecnologias alimentares. Porém, os resultados apontam que o queijo Coalho revestido seria bem aceito no mercado, apresentando assim grande potencial mercadológico.

4.5 Conclusão

O perfil de consumidores de queijo Coalho foi caracterizado em maioria por mulheres de 18 a 35 anos, residentes da região Nordeste, caracterizam-se como o perfil de consumidores de queijo Coalho, com uma frequência de consumo de 2 a 4 vezes por semana. Além disso, observa-se que o supermercado é o local de maior preferência para a compra do queijo Coalho. Os dados mostram que os participantes possuem cuidado com a qualidade do queijo que compram e consomem, dando preferência a produtos que apresentem manutenção de sua qualidade e características organolépticas agradáveis aos sentidos.

A maior parte dos respondentes não estavam familiarizados com a tecnologia de revestimentos comestíveis, porém, após breve explanação sobre o assunto os participantes consideraram tal tecnologia muito importante para a conservação de queijos. A pesquisa mostrou que o queijo Coalho revestido seria bem aceito pelos consumidores deste produto, demonstrando grande potencial mercadológico, principalmente se comercializado em supermercados.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, G. V., FREITAS, D. G. C. Método do índice de qualidade na determinação do frescor de peixes. **Ciência Rural**, [s.l.], 43(11), 2093-2100, 2013.
- ARAGÃO, B. B.; TRAJANO, S. C.; OLIVEIRA., R. P.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, R. G.; JULIANO, M. P.; JUNIOR, J. W. P.; MOTA, R. A. Occurrence of emerging multiresistant pathogens in the production chain of artisanal goat coalho cheese in Brazil. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, [s.l.], 84, 2022.
- ARAÚJO, V. R., SHIRAI, M. A. Aplicação de revestimento comestível de quitosana em brócolis minimamente processado. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [s.l.], 34(2), 1-10, 2016.
- ASSIS, O. B. G. **Filmes comestíveis de quitosana**. 30 ed. São Paulo, 2003.
- BEZERRA, T. K. A., ARCANJO, N. M. O., GARCIA, E. F., GOMES, A. M. P., QUEIROGA, R. C. R. E., MADRUGA, M. S. Effect of supplementation with probiotic lactic acid bacteria, separately or combined, on acid and sugar production in goat ‘coalho’ cheese. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], 75, 710–718, 2017.
- BEZERRA, T. K. A., DE ARAUJO, A. R. R., DO NASCIMENTO, E. S., PAZA, J. E. M., GADELHA, C. A., MADRUGA, M. S. Proteolysis in goat ‘coalho’ cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. **Food Chemistry**, [s.l.], 96, 359–366, 2016.
- CANABRAVA, F., BRUNET, J., MESQUITA, M., REIS, M. Os sentidos da comida. Será que só a fome é o tempero do alimento? **Eclética**. 2-4, 2006. Disponível em: <http://puc-riodigital.com.puc-rio.br/media/1%20-%20os%20sentidos%20da%20comida.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- CASTELLANOS, M. E. P., FAGUNDES, T. L. Q., NUNES, T. C. M., GIL, C. R. R., PINTO, E. C. M., BELISÁRIO, S. A., VIANA, S. V., CORREA, G. T., AGUIAR, R. A. T. Estudantes de graduação em saúde coletiva – perfil sociodemográfico e motivações. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], 18(6), 1657-1666, 2013.
- CAVALCANTE, J. F. M. Queijo Coalho Artesanal: uma iguaria nordestina. **Sociedade, ciência e sertão: reflexões sobre educação, cultura e política**. -Francisco Carlos Carvalho da Silva, Isaíde Bandeira da Silva, Makarius Oliveira Tahim (Orgs.), 1, 209-222., 2014.
- COSTA, C. F., FUSIEGER, A., ANDRETTA, M., CAMARGO, A. C., CARVALHO, A. F., MENEZES, D. R., NERO, L. A. Short communication: Potential use of passion fruit (*Passiflora cincinnata*) as a biopreservative in the production of coalho cheese, a traditional Brazilian cheese. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], (103)4, 3082-3087, 2020.
- COSTA, M. J., MACIEL, L. C., TEIXEIRA, J. A., VICENTE, A. A., CERQUEIRA, M. A. Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. **Food Research International**, [s.l.], 107, 84-92, 2018.
- DANTEC, M., MANTEL, M., LAFRAIRE, J., ROUBY, C., BENSAFI, M. On the contribution of the senses to food emotional experience. **Food Quality and Preference**, [s.l.], 92, 1-6, 2021.

ELCIO TARALLO, AKABANE, G. K., SHIMABUKURO, C. I., MELLO, J. AMANCIO, D. Machine learning in predicting demand for fast-moving consumer goods: An exploratory research. **IFAC PapersOnLine**, [s.l.], (52)13, 737–742, 2019.

HAZLEY, D.; MCCARTHY, S. N.; STACK, M.; WALTON, J.; MCNULTY, B. A.; FLYNN, A.; KEARNEY, J. M. Food neophobia and its relationship with dietary variety and quality in Irish adults: Findings from a national cross-sectional study. **Appetite**, [s.l.], 81, 169, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E PESQUISA – IBGE. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>, 2021. Acesso em: 15 out. 2021.

JUNG, I. N., SHARMA, A., ANNA, S., MATTILA, A. The impact of supermarket credibility on purchase intention of novel food. **Journal of Retailing and Consumer Services**, [s.l.], 64, 2022.

JUNIOR, A. J. S. C., SOUZA, T. C. F., SOUSA, Y. M., RODRIGUES, A. R. S., FARIAS, D. L. S., CARVALHO, J. N., GONÇALVES, L. H. T. Avaliação de unidades familiares não tradicionais e suas implicações para o cuidado de enfermagem. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, [s.l.], 21, 1-8, 2019.

JÚNIOR, D. B. M., SOUSA, S., COSTA, G. F. Aplicação de revestimentos comestíveis na qualidade e conservação de queijo coalho. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [s.l.], 37(1), 1-14, 2021.

JÚNIOR, F. C. M., PEREIRA, I. C., JÚNIOR, R. N. C. M., OLIVEIRA, R. E. S., SANTOS, E. P. Perfil do consumidor de Queijo de Coalho no Estado da Paraíba. **Research, Society and Development**, [s.l.], 8(5), 1-14, 2019.

KOTLER, P., KELLER, K. L. **Administração de Marketing**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2006.

LEANDRO, G. R., SPUZA, O. F., MEDEIROS, T. K. F., OLIVEIRA, J. P. F., MEDEIROS, R. S., ALBUQUERQUE, P. B. S., SOUZA, M. P. Quality and safety of the Coalho cheese using a new edible coating based on the Ziziphus joazeiro fruit pulp. **Future Foods**, [s.l.], 4, 1-9, 2021.

LIMA, J. L. S., MONTALVÃO, P. N. A., NETA, I. B. P., MACIEL, A. R., SEIXAS, V. N. C. Perfil do consumidor e determinação de Cloreto de Sódio em queijo artesanal. **Revista Ciência e Tecnologia, Campinas**, [s.l.], 20(36), 35-44, 2017.

LISBOA, M., CHAGAS, C., COSTA, J. C. M., ROSSONI, D., MIKCHA, J. M. G., SILVA, J. V. O., BATISTA, A., CAETANO, W., MADRONA, G. S., TONON, L. A. C., POZZA, M. S. S., STAFUSSA, A. P., SCAPIM, M. R. S. Characterization and effect of edible alginate acidified coatings associated with photodynamics on cheese preservation. **Applied Food Research**, [s.l.], (2)1, 1-11, 2022.

MARTINS-SUAREZ, F. C., FARIAS, R. C. P. Novos arranjos familiares na contemporaneidade frente ao texto religioso: uma análise sobre o discurso em “defesa” da família. **Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade**, [s.l.], 2(1), 83-108, 2016.

MATIN, A. H., GODDARD, E., VANDERMOERE, F., BLANCHEMANCHE, S., BIEBERSTEIN, A., MARETTE, S., ROOSEN, J. Do environmental attitudes and food technology neophobia affect perceptions of the benefits of nanotechnology?. **International Journal of Consumer Studies**, [s.l.], 36, 149-157, 149-157, 2012.

MEDEIROS, B. G. D. D., SOUZA, M. P., PINHEIRO, A. C., BOURBON, A. I., CERQUEIRA, M. A., VICENTE, A. A., CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Physical characterisation of an alginate/lysozyme nano-laminate coating and its evaluation on 'Coalho' cheese shelf life. **Food Bioprocess Technology**, [s.l.], 7, 1088-1098, 2014.

MENEZES, S. S. M. Queijo de coalho: tradição cultural e estratégia de reprodução social na região Nordeste. **Revista de Geografia (UFPE)**, [s.l.], 28 (1), 40-56, 2011.

NASSU, R. T., ANDRADE, A. S. A., DE, SILVA, A. C. Caracterização físico-química de queijos regionais produzidos no estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [s.l.], 61, 3030-305, 2006.

PAULO, A. F. S., BAÚ, T. R., IDA, E. I., SHIRAI, M. A. Edible coatings and films with incorporation of prebiotics —A review. **Food Research International**, [s.l.], 148, 1-12, 2021.

PIERETTI, G. G., PINHEIRO, M. P., SCAPIM, M. R. S., MIKCHA, J. M. G., MADRONA, G. S. Effect of an edible alginate coating with essential oil to improve the quality of a Fresh cheese. **Acta Scientiarum Technology**, [s.l.], 41, 1-8, 2019.

ROJO, F. J. G. Pesquisa: o comportamento do consumidor nos supermercados. **Revista de Administração de Empresas**, [s.l.], 38(3), 16-24, 1998.

Ronteltap, A., van Trijp, J. C. M., Renes, R. J., Frewer, J. L. Consumer acceptance of technology-based food innovations: Lessons for the future of nutrigenomics. **Appetite**, [s.l.], (49)1, 1-17, 2007.

SILVA, E. G., DOMINGUES, D. A. S., BIAZON, V. V. Comportamento do consumidor: fatores que influenciam o poder de compra. **Scientific Electronic Archives**, [s.l.], 13 (4), 52-59, 2021.

SOARES, E. K. B., ESMERINO, E. A., FERREIRA, M. V. S., DA SILVA, M. A. A. P., FREITAS, M. Q., CRUZ, A. G. What are the cultural effects on consumers' perceptions? A case study covering coalho cheese in the Brazilian northeast and southeast area using word association. **Food Research International**, [s.l.], 102, 553-558, 2017.

WANG, Q., YU, H., TIAN, B., JIANG, B., XU, J., LI, D., FENG, Z., LIU, C. Novel edible coating with antioxidant and antimicrobial activities based on whey protein isolate Nanofibrils and Carvacrol and its application on fresh-cut cheese. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], (9)9, 345-355, 2019.

CAPÍTULO 2

Efeito antimicrobiano de coberturas comestíveis incorporadas de extrato de casca de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em queijo Coalho.

José Lucas Girão Rabelo^a, Karoline Mikaelle de Paiva Soares, Kaliana Sítonio Eça.

Departamento de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará (UFC)

Será submetido à: Revista Ciência Agronômica

^aAutor correspondente:

Número de telefone: +55 (85) 99164-7474

Endereço: Av. Mister Hull, s/n – Pici

CEP: 60455-760

Fortaleza, CE, Brasil

e-mail: joelucasrabelo@gmail.com

RESUMO

O queijo Coalho é um alimento que apresenta uma alta perecibilidade devido suas características intrínsecas que favorecem o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos, tornando necessário o uso de metodologias que visem a manutenção de sua qualidade e diminuição da proliferação microbiana. Os objetivos da pesquisa foram produzir e caracterizar revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e quitosana adicionados de extrato de casca de cajueiro (*Anacardium occidentales* L.) e avaliar seu efeito antimicrobiano em queijo Coalho. Inicialmente foram utilizadas cascas do caule do cajueiro para a produção do extrato hidroetanólico (70%) (ECC) (proporção casca/álcool etílico 1:9 m/v), em seguida foram realizadas análises para a determinação do conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante (AA) (métodos ABTS+ e FRAP), atividade antimicrobiana (*Staphylococcus aureus*), concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM) e toxicidade. Foram desenvolvidas formulações de revestimentos e blends poliméricas de quitosana (2%) e fécula de mandioca (3%) adicionadas de extrato de casca de cajueiro (2%, v/v) e avaliadas quanto ao CFT, AAT, cor, propriedades reológicas, ângulo de contato e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Subsequentemente, pedaços de queijo Coalho foram revestidos com as coberturas comestíveis com e sem extrato para avaliação do seu efeito antimicrobiano (Estafilococos coagulase positivo) no produto. O ECC apresentou um conteúdo de CFT de 42,17 mg EAG/ml, AA de 551,158 µM de Trolox/ml e 1006,44 µM de FeSO₄/ml, halos de inibição contra *Staphylococcus aureus* variando de 13,0mm, 15,3mm, 16,7mm, 20,0mm para as concentrações de 6,25%, 12,5%, 25% e 100%, CIM e CBM de 1%, sem toxicidade em concentrações abaixo de 100%. Os revestimentos adicionados de ECC (2%) apresentaram diferentes teores de CFT (F100, 0,660 mg de EAG/ml; F50Q50, 0,850 mg de EAG/ml e F60Q40, 0,835 mg de EAG/ml), assim como AA (F100, 3,57 µM de Trolox/ml; F50Q50, 4,52 µM de Trolox/ml; F60Q40, 4,95 µM de Trolox/ml; F100, 26,42 µM de FeSO₄/ml; F50Q50, 15,86 µM de FeSO₄/ml; F60Q40, 18,05 µM de FeSO₄/ml). As coberturas adicionadas de ECC reduziram o crescimento de Estafilococos coagulase positiva nas amostras de queijo Coalho armazenadas durante 15 dias. Através dos resultados pode-se observar que os revestimentos preservaram a qualidade do produto, a adição de ECC proporcionou antioxidantes aos revestimentos de fécula e quitosana, além de aumentar a vida de prateleira do queijo Coalho pela inibição do crescimento de Estafilococos coagulase positiva, proporcionando o agregamento de valor ao produto.

Palavras-chave: antioxidante, vida de prateleira, bioativos.

ABSTRACT

Coalho cheese is a food that presents a high perishability due to its intrinsic characteristics that favor the development of deteriorating and pathogenic microorganisms, making it necessary to use methodologies aimed at maintaining its quality and reducing microbial proliferation. The objectives of the research were to produce and characterize edible cassava starch and chitosan coatings added with cashew bark extract (*Anacardium occidentales* L.) and to evaluate their antimicrobial effect on Coalho cheese. Initially, cashew stem bark was used to produce the hydroethanolic extract (70%) (ECC) (bark/ethyl alcohol ratio 1:9 m/v), then analyzes were carried out to determine the content of total phenolic compounds (CFT), antioxidant activity (AA) (ABTS+ and FRAP methods), antimicrobial activity (*Staphylococcus aureus*), minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) and toxicity. Formulations of coatings and polymeric blends of chitosan (2%) and cassava starch (3%) added with cashew bark extract (2%, v/v) were developed and evaluated for CFT, AAT, color, rheological properties, contact angle and scanning electron microscopy (SEM). Subsequently, pieces of Coalho cheese were coated with the edible coatings with and without extract to evaluate their antimicrobial effect (Coagulase positive *Staphylococci*) on the product. The ECC showed a CFT content of 42.17 mg EAG/ml, AA of 551.158 μM Trolox/ml and 1006.44 μM of FeSO_4 /ml, inhibition halos against *Staphylococcus aureus* ranging from 13.0mm, 15.3mm, 16.7mm, 20.0mm for concentrations of 6.25%, 12.5%, 25% and 100%, MIC and MBC of 1%, no toxicity at concentrations below 100%. The coatings added with ECC (2%) showed different levels of CFT (F100, 0.660 mg of EAG/ml; F50Q50, 0.850 mg of EAG/ml and F60Q40, 0.835 mg of EAG/ml), as well as AA (F100, 3.57 μM Trolox/ml; F50Q50, 4.52 μM Trolox/ml; F60Q40, 4.95 μM Trolox/ml; F100, 26.42 μM FeSO_4 /ml; F50Q50, 15.86 μM FeSO_4 /ml ml; F60Q40, 18.05 μM FeSO_4 /ml). The added coatings of ECC reduced the growth of coagulase positive *Staphylococci* in Coalho cheese samples stored for 15 days. Through the results it can be seen that the coatings preserved the quality of the product, the addition of ECC provided antioxidants to the starch and chitosan coatings, in addition to increasing the shelf life of Coalho cheese by inhibiting the growth of coagulase positive *Staphylococci*, providing the adding value to the product.

Keywords: antioxidant, shelf life, bioactive.

5.1 Introdução

A crescente busca por alimentos mais saudáveis tem levado os consumidores a buscarem produtos mais naturais e ao estudo de novas tecnologias que prolonguem a conservação dos mesmos. Dentro deste contexto, as coberturas comestíveis podem ser utilizadas no recobrimento de materiais sólidos, como os alimentos, formando um filme em sua superfície e apresentando características funcionais que preservam sua qualidade (MOHAMED *et al.*, 2020).

Dentre os produtos passíveis de recobrimento com coberturas comestíveis têm-se os produtos lácteos, mais especificamente os queijos. Tal tecnologia se apresenta como uma maneira sustentável de manter a qualidade destes produtos e prolongar sua vida de prateleira, aumentando sua segurança, controlando a oxidação lipídica, diminuindo a perda de massa e o crescimento de microrganismos (COSTA *et al.*, 2018). Dentre os tipos de queijo produzidos atualmente no Brasil, o queijo Coalho destaca-se por ser um produto de maior expressão socioeconômica, e característico da região nordeste. O queijo Coalho é originário do Brasil e chamado assim devido a enzima utilizada para a coagulação do leite (BARROS, 2019). Por ser um produto fresco, este queijo apresenta uma vida de prateleira curta, sendo assim necessárias técnicas de conservação que assegurem sua qualidade durante o armazenamento. Devido o teor de gordura nos sólidos totais, que pode variar entre 35,0% e 60,0% no queijo Coalho (BRASIL, 2001), as coberturas adicionadas de compostos bioativos podem apresentar melhora nas propriedades antioxidantes, evitando a oxidação lipídica do queijo (UNALAN *et al.* 2013).

Diversas pesquisas já foram realizadas utilizando biopolímeros comestíveis para o recobrimento de queijos, (COSTA *et al.* 2018; WANG *et al.* 2019; PIERETI *et al.*, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2014). Dentre os compostos já utilizados para tal finalidade, a quitosana ganha destaque devido sua atividade antimicrobiana de amplo espectro (KHAN *et al.*, 2020). A quitosana é um polímero semi-natural oriundo da quitina (OYATOGUN *et al.*, 2020). Obtida através de processos de desmineralização, desproteínização e desacetilação da quitina, normalmente encontrada na parede celular de fungos e exoesqueletos de insetos e crustáceos (SANTOS *et al.*, 2021). Além disso, a quitosana possui facilidade de criar ligações com diversos compostos (STEVANOVIĆ *et al.*, 2021; HUANG *et al.*, 2021; FURKO *et al.*, 2022) e sua incorporação com agentes bioativos permite o aprimoramento de suas propriedades antimicrobianas (FELIPE *et al.*, 2018; SATHIYASEELAN *et al.*, 2021).

A fécula de mandioca também mostrou propriedades promissoras na formação de

revestimentos comestíveis, são estas a biodegradabilidade, compostabilidade, transparência e barreira ao oxigênio (ORTEGA-TORO *et al.*, 2016). Este amido caracteriza-se como um polissacarídeo de grande disponibilidade natural obtido através de tubérculos (ZIA-UD-DIN; XIONG, 2015) e é composto pela ligação de duas moléculas a amilose, um polímero linear de unidades de cadeia ligadas por ligações α -(1-4); e amilopectina, molécula com pontos de ramificações ligados a α -(1-6) e a composição destes segmentos é quem determinam as características do filme a base de amido (THAKUR *et al.*, 2019; SABERI *et al.*, 2017). Buscando a incrementação das características de ambos materiais, as blendas poliméricas, obtidas através da mistura de dois polímeros, possuem a capacidade de formar um material com qualidades superiores quando comparadas a seus polímeros individualmente (BAHRAMI *et al.*, 2017).

Os revestimentos comestíveis podem ter suas características melhoradas pela adição de compostos que apresentem características requeridas como atividade antioxidante e antimicrobiana, como exemplo de aditivo tem-se os extratos vegetais (KAHYA *et al.*, 2022). O Brasil é um país com uma biodiversidade nativa e exótica que apresenta um ótimo cenário para exploração econômica sustentável (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Neste cenário, a casca do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), planta tipicamente comum no Norte e Nordeste brasileiro, possui destaque devido sua atividade antioxidante e antimicrobiana já relatada (SILVA *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2018).

Deste modo, o trabalho possui o objetivo de produzir e avaliar coberturas e blendas poliméricas comestíveis de quitosana, fécula de mandioca e extrato hidroetanólico de casca de *Anacardium occidentale* L., e o efeito de tais revestimentos na qualidade microbiológica e vida de prateleira do queijo Coalho.

5.2 Material e métodos

O experimento se deu em três partes principais. A primeira etapa foi a produção e a caracterização do extrato hidroetanólico da casca do cajueiro (*Anacardium occidentales* L.), sendo realizadas análises de toxicidade, atividade antimicrobiana, cor, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Na segunda etapa do trabalho os revestimentos e blendas foram produzidos e incorporados com o extrato em quantidades mínimas o suficiente que permitissem sua atividade biológica e também a mínima alteração quando aplicado no queijo, essa quantidade foi escolhida baseada nos resultados das análises microbiológicas. Os revestimentos e filmes foram caracterizados quanto sua reologia, cor, compostos fenólicos totais, atividade

antioxidante, ângulo de contato, espessura e MEV. Na última etapa da pesquisa, os revestimentos que apresentaram melhores características tecnológicas (boa aderência à superfície do queijo e menor tempo de secagem) foram utilizados para revestirem amostras de queijo Coalho e avaliação do efeito antimicrobiano frente *Estafilococos* coagulase positivo.

5.2.1 Material vegetal

As cascas do cajueiro foram coletadas do caule de plantas de *Anacardium occidentale* L., durante o mês de novembro de 2021, pelo período da manhã, no distrito de Uiraponga na cidade de Morada Nova/CE, Brasil de coordenadas -5.391176356571669 latitude, -38.46099479499157 longitude. Em seguida as cascas foram lavadas em água corrente para a retirada de sujidades e posteriormente sanitizadas por imersão em água clorada (150 mg/L) por 10 minutos e novamente lavadas em água corrente. As cascas foram dispostas em estufa de secagem com circulação de ar forçada a uma temperatura de 50 °C por 13 horas (Fabbe, modelo 070, São Paulo, Brasil), e após secas, foram trituradas em liquidificador doméstico (Mondial, modelo Turbo L-900, Bahia, Brasil) até a obtenção de um pó.

5.2.2 Preparo do extrato hidroetanólico da casca de cajueiro

Para a produção do extrato foi seguida a metodologia descrita por Albuquerque *et al.* (2020). O pó da casca do cajueiro foi imerso em solvente (etanol 70%), na razão sólido/líquido (1:9 m/v), após a imersão a mistura foi agitada de maneira manual e deixada sob repouso a temperatura ambiente por 15 dias, para favorecer a extração dos compostos vegetais. Após os 15 dias a mistura foi filtrada em algodão e papel filtro qualitativo (Unifil, 125 mm, Alemanha). Após a obtenção do filtrado o mesmo seguiu para etapa de evaporação do solvente em rotoevaporador (Tecnal, modelo TE-211, São Paulo, Brasil) a 40 °C e 700 mmHg, até que restasse apenas 30% do volume inicial da solução, certificando-se de que todo o álcool fosse evaporado. O extrato final foi armazenado em recipiente plástico a temperatura de refrigeração (-18°C) para análises posteriores.

5.2.3 Caracterização do extrato

5.2.3.1 Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)

A determinação de CFT foi realizada utilizando seguindo metodologia descrita por Obanda e Owuor (1997), utilizando o método de Folin-Ciocalteu, com modificações. Onde 0,5 mL do extrato de casca de cajueiro foi misturado com 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu (1:3, v/v), 1 mL de carbonato de sódio (20%) e 1 mL de água destilada e mantidas em repouso

por um período de 30 minutos em local escuro à temperatura ambiente. Após os 30 minutos, a absorbância foi medida usando um espectrofotômetro (Biosystems, modelo SP-22, São Paulo, Brasil) a 700 nm. Os valores de absorbância foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG)/mL de extrato líquido, segundo curva padrão de ácido gálico na faixa de concentração de 0 a 100 µg/mL.

5.2.3.2 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante do extrato foi avaliada através dos métodos de captura de radical livre ABTS⁺ e redução de ferro FRAP.

No método de captura de radical livre ABTS⁺ foi seguida a metodologia descrita por Rufino *et al.* (2010). A análise teve início com a produção do radical ABTS⁺ pela mistura de 5 mL da solução ABTS⁺ (7mM) e 0,088 mL de persulfato de potássio (140 mM), esta mistura permaneceu em repouso em ambiente escuro por um período de 16 horas a 25°C até sua utilização. Após as 16 horas a solução foi diluída com etanol 95% (v/v) até que a mesma apresentasse uma absorbância entre $0,70 \pm 0,05$ e 734 nm. 0,3 mL da amostra ou padrão Trolox foi misturada a 3,0 mL da solução de ABTS⁺ previamente diluída, após a mistura as soluções permaneceram em repouso por 6 minutos e em seguida suas absorbâncias foram determinadas a 734nm. Como branco foi utilizado etanol 95% (v/v). Soluções padrões de Trolox foram utilizadas para a determinação da curva padrão, em uma faixa de concentração de 500 a 2000 µM, desta forma, os valores obtidos foram expressos em µM Trolox/mL de extrato líquido.

A atividade antioxidante pelo método de redução férrica (FRAP) foi realizada segundo metodologia descrita por Rufino *et al.* (2010). Inicialmente foram preparadas diferentes soluções, tampão acetato de sódio (pH 3,6, 0,3 M), TPTZ (10 mM) e cloreto férrico (20 mM) que foram misturadas nas proporções de 10:1:1 respectivamente para produção do reagente FRAP. 0,09 mL do extrato foi misturado com 0,27 mL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP, em seguida aquecidos a 37°C por 30 minutos. Após o aquecimento foi verificada a absorbância das amostras a 595nm, o reagente FRAP foi utilizado como branco. Para a determinação da curva padrão soluções de sulfato de ferroso de diferentes concentrações (500 a 2000 µM) foram utilizadas, os resultados foram expressos em µM sulfato ferroso/ mL de extrato líquido.

5.2.3.3 Atividade antimicrobiana

5.2.3.3.1 Difusão em poços

A atividade antimicrobiana foi avaliada através da técnica de difusão em poços em meio sólido, usando como microrganismo *Staphylococcus aureus*. As suspensões bacterianas foram inicialmente cultivadas em *Broth Tryptic Soy* (TSB) em estufa bacteriológica a 37° +/- 1 °C por 24 h. Posteriormente foi realizado o isolamento de colônias bacterianas e após 24 h tiveram sua concentração ajustada para 10⁵ UFC mL⁻¹ em TSB. Após o preparo do microrganismo o mesmo foi semeado em placas de Petri contendo meio *Tryptic Soy Agar* (TSA). Em cada placa foram feitos quatro poços equidistantes com o auxílio de cilindros de aproximadamente 8 mm, sendo nestes depositados 100 µL do extrato hidroetanólico de casca de cajueiro a 100%, 25%, 12,5% e 6,25%, como controle positivo foram utilizados discos de gentamicina 10 µg. Em seguida as placas foram incubadas a 37 +/- 1 °C por 24 h, após decorrido este tempo, mensurou-se os halos de inibição de crescimento microbiano com o auxílio de um paquímetro. O ensaio foi conduzido em triplicata e utilizado como resultado a média dos valores dos halos de inibição (CLSI, 2012a).

5.2.3.3.2 MIC e MBC

O teste de concentração inibitória mínima (MIC) e concentração bactericida mínima (MBC) foi determinado utilizando metodologia descrita por Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2012b), com algumas modificações. Foram realizadas diluições em tubos de ensaio do extrato bruto da casca de cajueiro em água estéril. Foram avaliadas 10 diluições de acordo como mostra a Tabela 3. O ensaio foi realizado em microplacas estéreis de 96 micropoços com fundo em forma de “U”, distribuídos em 10 colunas, de 1 a 10, nomeadas em 6 linhas de A à F e utilizado como microrganismo padrão *Staphylococcus aureus*.

Inicialmente foram adicionados 100 µL de meio TSB em todos os poços, na coluna 1 foram adicionados 100 µL do extrato puro, de modo que este ficou diluído a uma concentração de 50 %, com as demais diluições previamente produzidas foram então adicionados nos poços de modo que cada coluna possuísse uma diluição, como é mostrado na tabela acima, cada diluição foi feita em seis repetições, identificadas com as letras de A até F. O restante dos micropoços foram utilizados para os grupos controle, G1, G2 e G3 (*S. aureus*), H1, H2 e H3 (água estéril), e os demais com o controle do extrato e suas diluições sem a presença de microrganismo.

Em seguida, a placa foi levada a uma estufa bacteriológica a 37 °C onde permaneceu por 24 h. Após esse período foi realizada a leitura visual do crescimento de microrganismo nos poços pela turvação do meio, sendo a última diluição que não apresentou turvação, considerada como a concentração inibitória mínima. Para a confirmação do crescimento ou não de *S. aureus*, e determinação da concentração bactericida mínima (MBC), a primeira diluição que apresentou turvação, juntamente com outras duas diluições acima desta, foram plaqueadas em placas de Petri contendo meio TSA e incubadas em estufa a 37°C por 24h.

5.2.3.4 Cor

A cor do extrato foi determinada através de espectrofotômetro (ColorQuest XE, Hunter Lab, Virgínia, Estados Unidos), sendo determinado as coordenadas de acordo com o sistema CIELAB (L*, luminosidade, a*, vermelho/verde e b*, amarelo/azul) e Chroma (C*). Após obtenção dos dados, os valores obtidos foram expressos em termos de Luminosidade L* e parâmetros de cromaticidade a* e b* e Chroma C* (SABERI *et al.*, 2017).

5.2.3.5 Toxicidade

5.2.3.5.1 Animais

Foram utilizados zebrafish (*Danio rerio*) adulto (ZFa), selvagens, ambos os sexos com idade de 60-90 dias, tamanhos de $3,5 \pm 0,5$ cm e peso $0,4 \pm 0,1$ g, obtidos da Agroquímica: Comércio de Produtos Veterinários LTDA (Ceará, Brasil). Grupos de 50 peixes foram aclimatados por 24h em aquários de vidro (40 x 20 x 25 cm), contendo água desclorada (anticloro ProtecPlus®) e bombas de ar com filtros submersos, a 25 °C e pH 7.0, com ciclo circadiano de 14:10 h de claro/escuro. Os peixes receberam ração Spirulina® ad libitum 24 h antes dos experimentos. Após os experimentos, os animais foram sacrificados por imersão em água gelada (2-4 °C), por 10 minutos, até a perda de movimentos operculares (CONCEA, 2018). Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética do Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (CEUA-UFC), sob protocolo nº 5639090320. A espécie animal utilizada está cadastrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número de acesso A9B8196, por meio da Universidade Federal do Ceará.

5.2.3.5.2 Protocolo

Para a realização dos testes com zebrafish adultos foi utilizada a metodologia descrita por Magalhães *et al.* (2017). Para a realização das análises os peixes foram escolhidos

aleatoriamente e transferidos para uma esponja úmida, tratados com as amostras testes ou controle (n=6/grupo), por via oral (v.o.) (COLLYMORE *et al.* 2013). Posteriormente, os animais permaneceram em repouso em copos de vidro de (250 mL) contendo 150 mL de água do aquário. Para os tratamentos via oral foi usada pipeta automática variável de 20 µL com ponteiros estéreis.

5.2.3.5.3 Toxicidade Aguda (96h)

Os peixes de cada grupo foram submetidos ao protocolo inicial de tratamento via oral (v.o.), seguindo a metodologia descrita por Ahmad e Richardson (2013), com 20 µL do extrato hidroetanólico de casca de cajueiro a 100%, 50% e 25% por meio de uma micropipeta. Em seguida, os peixes permaneceram em isolamento individual, devidamente etiquetados, por uma hora para a correta absorção do deglutido pelo organismo. Após o repouso, os peixes foram reunidos em seus respectivos grupos e deixados em recipientes adequados, contendo água do aquário, ao decorrer de 96 h para avaliação da taxa de mortalidade (OECD, 1992). Seguindo as especificações de alimentação e de repouso do material vivo, foi mantido uma limpeza diária de cada recipiente. Após as 96 h, foi contabilizado o teor de peixes vivos para quantificação da CL50% (concentração letal capaz de matar 50% dos animais), por meio de testes probabilísticos com intervalo de confiança de 95%.

Após a finalização do teste, os peixes analisados restantes foram insensibilizados de acordo com o protocolo, até a perda dos movimentos operculares, recobertos com papel alumínio e congelados até o recolhimento pela empresa responsável.

5.2.4 Preparação de coberturas comestíveis de quitosana

A produção do gel de quitosana para a elaboração dos filmes e coberturas foi realizada segundo metodologia descrita por Olaimat e Holley 2015, com adaptações. A quitosana adquirida para a produção das coberturas possuía um grau de desacetilação de 85% e massa molecular de $33,61 \times 10^4 \text{ g.mol}^{-1}$, foi adquirida na indústria Polymar Ltda, Ceará, Brasil – lote 01012017. A quitosana foi diluída em ácido acético (1%) em quantidades para a obtenção da concentração final desejada (2,0%), também foi incorporado sorbitol (20% em relação à massa do polímero). A mistura permaneceu sob agitação magnética (Quimis, modelo Q261-12, São Paulo, Brasil) constante durante 24h, à temperatura ambiente de $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. Em seguida, o pH foi ajustado para 5,8, com o uso de NaOH.

5.2.5 Preparação de coberturas comestíveis de fécula de mandioca

Para a produção dos revestimentos a base de fécula de mandioca, foi adotado a metodologia descrita em Oliveira *et al.* (2018), com adaptações. A fécula utilizada para a produção dos revestimentos foi adquirida comercialmente em comércio varejista. A primeira etapa, se deu pela mistura de fécula e água destilada em quantidades suficientes para a obtenção final desejada (3,0%) e sorbitol (20% em relação à massa do polímero), em seguida, com o auxílio de um bastão de vidro, a mistura foi mantida sob agitação manual constante por 15 minutos em banho circulador de aquecimento (Artisan, modelo Haake DC10-B3) a uma temperatura de 75°C para a completa gelatinização do polímero.

5.2.6 Produção de blendas poliméricas

Concluídos os processos de preparo dos géis poliméricos individuais, a produção das blendas poliméricas foi realizada através da mistura dos géis individuais em quantidades para obter as concentrações desejadas de cada blenda. As blendas foram adicionadas em Béqueres para agitação em agitador magnético por 4 minutos, até a visualização da homogeneização dos revestimentos. Após a mistura dos géis poliméricos foi realizada a adição do extrato a uma concentração de 2% em relação ao volume total da mistura, que permaneceram em agitação magnética por mais quatro minutos. O planejamento experimental da formulação dos revestimentos e blendas pelas soluções filmogênicas de quitosana e fécula de mandioca previamente obtidas e suas composições são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Diferentes composições de revestimentos e blendas poliméricas.

Filme/Cobertura	Fécula de mandioca 2%	Quitosana 2%
F100 S/E	100%	Ausência
F100 C/E	100%	Ausência
F60Q40 S/E	60%	40%
F60Q40 C/E	60%	40%
F50Q50 S/E	50%	50%
F50Q50 C/E	50%	50%

Legendas: F100 S/E (fécula de mandioca sem ECC); F100 C/E (fécula de mandioca com ECC); F50Q50 S/E (fécula de mandioca 50% + quitosana 50% sem ECC); F50Q50 C/E (fécula de mandioca 50% + quitosana 50% com ECC); F60Q40 S/E (fécula de mandioca 60% + quitosana 40% sem ECC); F60Q40 C/E (fécula de mandioca 60% + quitosana 40% com ECC).

5.2.7 Caracterização dos Revestimentos

5.2.7.1 Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e cor

As análises de fenólicos totais, atividade antioxidante (ABTS⁺ e FRAP) e cor dos revestimentos e blendas foram realizadas de acordo com as metodologias descritas anteriormente nas seções 5.2.3.1, 5.2.3.2 e 5.2.3.4 respectivamente. Os revestimentos tiveram suas concentrações ajustadas a fim de se adequarem às respectivas curvas padrões para a determinação de fenólicos totais (1:10 v/v); ABTS⁺ (1:3 v/v) e FRAP (2:25 v/v).

5.2.7.2 Análise reológica

A reologia dos revestimentos foi determinada através de um reômetro rotacional (Brookfield, modelo R/S-SST plus), utilizando o método DG-DIN de cilindros concêntricos. As análises foram feitas a 25°C e com a utilização de rampas que variam a taxa de cisalhamento de 0 a 500 s⁻¹, por um período de 60 segundos. Os parâmetros de taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) e tensão de cisalhamento (τ) foram obtidos através do software RHEO V 2.8 para ajuste aos modelos reológicos de Newton, Bingham, Casson, Lei da Potência e Herschel Bulkley. Foi comparado o coeficiente de ajuste (R^2) para cada modelo, e os parâmetros reológicos foram determinados por aqueles que apresentaram os maiores valores. Também se observou a variação da viscosidade aparente (η) com a taxa de cisalhamento.

5.2.7.3 Ângulo de contato

A análise do ângulo de contato ocorreu pelo gotejamento de 7 μ L, de cada solução filmogênica produzida, na superfície do queijo Coalho a uma temperatura de 25°C. Com o auxílio de uma câmera digital acoplada ao aparelho Desidrop (GBX, modelo DGD-MCAT, Dublin, Irlanda), foram capturadas imagens do momento do contato da gota com a superfície, sendo assim então, obtido o ângulo de contato. O experimento foi executado utilizando-se 10 repetições para cada revestimento, foi utilizado como referência, água destilada.

5.2.7.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

Amostras dos filmes produzidos foram cortados, montados em fitas de carbono e revestidas com ouro. A análise foi feita utilizando um Microscópio Eletrônico de Varredura Quanta FEG 450 com um feixe de elétrons de 10 kV, para obtenção e digitalização das imagens.

5.2.8 Aplicação dos revestimentos e análise microbiológica de queijo Coalho

5.2.8.1 Obtenção e corte do queijo

Peças de queijo Coalho foram adquiridas para avaliação do efeito antimicrobiano e do aumento da vida de prateleira em matriz alimentar, foram utilizadas amostras adquiridas comercialmente em supermercado na cidade de Mossoró – RN, os queijos, obtidos de leite previamente pasteurizado, encontravam-se em embalagens de polietileno embaladas a vácuo. Após a aquisição, as amostras foram acondicionadas sob resfriamento e encaminhadas ao laboratório de Biotecnologia de Alimentos, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, onde foram processadas de maneira asséptica em pedaços de 2 cm de largura, 2 cm de comprimento e 5 cm de altura para aplicação dos revestimentos.

5.2.8.2 Aplicação dos revestimentos

Após preparo das peças de queijo, estas foram imediatamente imersas nas soluções filmogênicas por aproximadamente 60 segundos, em seguida, com o auxílio de palitos de madeira esterilizados, foram suspensas em superfície de isopor a temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) até a completa secagem dos revestimentos. Todas as amostras (5 repetições) foram acondicionadas em sacos plásticos previamente tratados em luz UV, vedados e armazenados em câmaras de refrigeração a $\pm 9^{\circ}\text{C}$, as análises ocorreram nos dias 0, 5, e 10 de armazenamento.

5.2.8.3 *Estafilococos coagulase positiva*

As análises microbiológicas foram realizadas utilizando metodologias descritas na Instrução Normativa N° 62, de 26 de agosto de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Uma porção de 25g dos queijos revestidos e grupo controle (sem revestimento) foram cortados em fluxo laminar com o auxílio de lâminas cirúrgicas estéreis e macerados em sacos plásticos também estéreis contendo 225 mL de solução salina peptonada 0,1% com o auxílio de stomacher, para a produção da diluição 10^{-1} . Em seguida, foram realizadas diluições seriadas até obtenção da diluição 10^{-8} . Para a análise de *Estafilococos coagulase positiva* 100 μL das diluições 10^{-6} , 10^{-7} e 10^{-8} foram inoculadas em placas de Petri contendo ágar Baird-Parker enriquecido com solução de gema de ovo e telurito de potássio, para visualização das colônias características negras brilhantes com anel opaco, rodeadas por um halo claro. As amostras foram espalhadas com o auxílio de alça de Drigalski e incubadas invertidas em estufa bacteriológica a $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 horas, após esse período foram contadas as placas das menores diluições que continham entre 25 a 250 colônias típicas e atípicas. 3 a 5 colônias das placas contadas foram semeadas em tubos contendo BHI e incubadas a $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$,

por 24 horas para a realização do teste de coagulase. Em seguida, 0,3 ml de cada tubo de cultivo em BHI foi transferido para tubos estéreis contendo 0,3 ml de plasma de coelho e incubados a $36 \pm 1^\circ\text{C}$, por 6 horas, após esse período foi verificada a formação de coágulos.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Caracterização do extrato

5.3.1.1 Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)

Para o extrato hidroetanólico de casca de cajueiro, a concentração de compostos fenólicos foi de 42,17 mg EAG/ml. O valor obtido na análise apresenta divergências quando comparado aos valores obtidos por outros autores. Silva *et al.* (2021) obteve valores de 436,34 mg EAG/g para extrato etanólico de casca de cajueiro. Por sua vez, Santos *et al.* (2018) encontrou teores fenólicos de 0,0664 mg EAG/g para extrato etanólico da casca de cajueiro.

Vale ressaltar que o método de extração utilizado por Silva *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2018) foram diferentes ao utilizado nesta pesquisa, podendo ter influenciado nos valores obtidos. O primeiro utilizou como solvente etanol e um sistema de extração soxhlet, com tempo de extração de 8 horas. Já o segundo foi preparado pelo método de maceração em álcool etílico à temperatura ambiente.

Os metabólitos secundários das plantas podem mudar de maneira considerável entre suas populações, estas variações estão intimamente relacionadas a condições climáticas e distribuição genética, outras contribuições do ambiente podem influenciar no perfil metabólito vegetal, porém, nem todas ainda são bem compreendidas (BONT *et al.*, 2020). Isso pode explicar a variação no teor fenólico total das amostras do presente estudo com a de outros autores, visto que o material varia entre as regiões coletadas e o período sazonal, além do método de extração empregado.

5.3.1.2 Atividade antioxidante

As atividades antioxidantes do extrato de cajueiro pelos métodos de ABTS⁺ e FRAP são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Atividades antioxidantes do extrato da casca de *Anacardium occidentale* analisados pelos métodos ABTS+ e FRAP.

	ABTS ⁺ (μM de Trolox/ ml de amostra)	FRAP (μM de FeSO ₄ / ml de amostra)
ECC	551,158 ± 101,9	1006,44 ± 25,78

Valores expressos como média. ECC: extrato da casca de cajueiro.

Os resultados demonstraram que o extrato hidroetanólico de casca de cajueiro apresentou atividade antioxidante através das duas metodologias empregadas atuando por diferentes mecanismos de ação, seja pela captura de radical livre (ABTS⁺) e capacidade de redução férrica (FRAP). Dentre os mecanismos estudados o que apresentou melhor resultado foi o de redução férrica (1006,44 μM de FeSO₄/ ml), no qual a média obtida foi aproximadamente o dobro da encontrada no ABTS⁺ (551,158 μM de trolox/ ml). Esses resultados mostraram que os metabólitos secundários do ECC possuem uma sensibilidade maior a ação antioxidante por reações de redução férrica que pela captura de radicais livres.

A capacidade antioxidante de vegetais é atribuída pela presença de metabólitos secundários encontrados nos mesmos, como esteróides, saponinas, taninos e compostos fenólicos (SANTOS *et al.*, 2018). Santos *et al.* (2018) estudando os compostos químicos presentes em extratos de partes vegetais de *Anacardium occidentale* encontrou no extrato da casca a presença de saponinas, catequinas, esteróides, flavononas, e taninos pirogálicos.

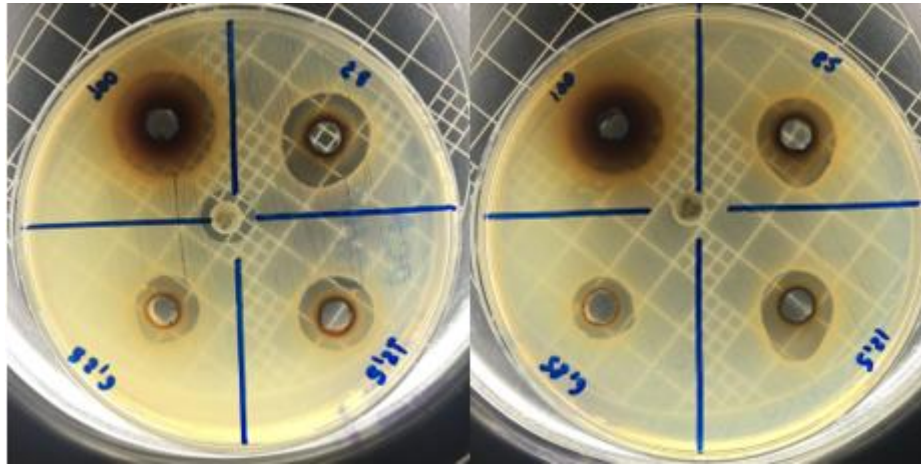
Choi *et al.* (2022) relataram a existência de correlação entre o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelos métodos de ABTS⁺, poder redutor e FRAP, encontrando valores de R² de 0.98, 0.99 e 0.94 para os métodos citados respectivamente. Estes dados sugerem que os compostos fenólicos possuem grande contribuição na atividade antioxidante.

5.3.1.3 Atividade antimicrobiana

5.3.1.3.1 Difusão em poços

O extrato hidroetanólico da casca de cajueiro apresentou-se eficaz contra *Staphylococcus aureus*, com formação de halos de inibição ao redor dos poços variando de 13,0 mm, 15,3 mm, 16,7 mm, 20,0 mm para as concentrações de 6,25%, 12,5%, 25% e 100% respectivamente, demonstrando ação antimicrobiana (Figura 1).

Figura 1 - Halos de inibição de diferentes concentrações de extrato hidroetanólico da casca de cajueiro frente *Staphylococcus aureus*.



Duplicatas das placas e halos de inibição da análise de atividade antimicrobiana do ECC por difusão em poços contra *Staphylococcus aureus* nas concentrações de 100%, 25%, 12,5% e 6,25%.

Fonte: autoria própria.

Silva *et al.* (2021), encontrou resultados semelhantes em sua pesquisa, ao avaliar a ação antimicrobiana do extrato etanólico de casca de cajueiro (bruto) apresentou halo de inibição de 16,0 mm frente a *S. aureus*. A atividade antimicrobiana de extratos vegetais é resultado da presença de moléculas do metabolismo secundário das plantas (OLEJNÍKOVÁ, 2019) sendo as principalmente classes de moléculas presente no extrato de cajueiro os polifenóis, taninos e flavonoides (SANTOS *et al.*, 2018).

5.3.1.3.2 MIC e MBC

Na Tabela 3 pode-se observar a ação do extrato de cajueiro em diferentes concentrações frente *Staphylococcus aureus*.

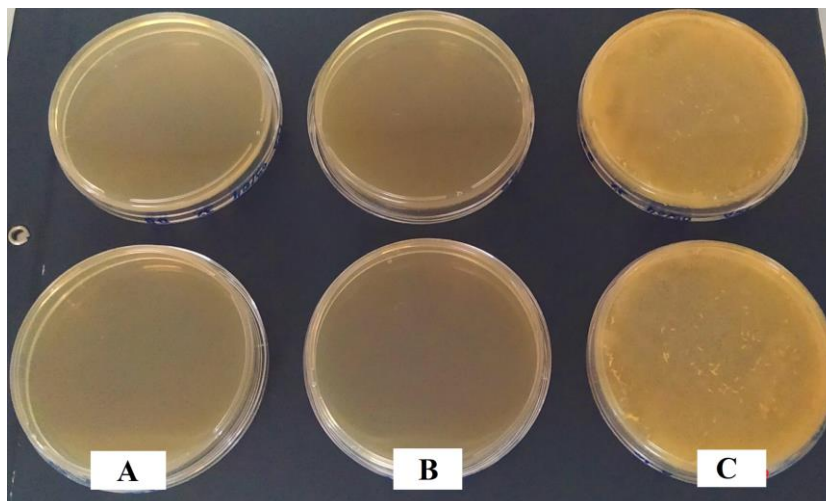
Os resultados da análise da MIC mostram que a partir da concentração de 0,5%, o extrato não apresenta atividade antimicrobiana, e como mostra a Tabela 3, é possível que a MIC corresponda a concentração de 1%. Para a obtenção de resultados mais precisos e determinação da MBC a diluição que apresentou crescimento juntamente com as duas diluições anteriores a ela foram plaqueadas para a confirmação dos resultados vistos a olho nu, os resultados são ilustrados na Figura 2.

Tabela 3- Avaliação da Concentração Inibitória Mínima (MIC) em placa de micro poços, com extrato de cajueiro em diferentes concentrações, contra *Staphylococcus aureus*.

Coluna da placa de micro poços	Concentração do extrato (%)	Crescimento de <i>S. aureus</i>
1	50	-
2	25	-
3	12,5	-
4	6,25	-
5	3,12	-
6	2,5	-
7	2	-
8	1,5	-
9	1	-
10	0,5	+

Legenda: (-) sem crescimento de *S. aureus*, (+) com crescimento de *S. aureus*.

Figura 2 - Das de placas de Petri inoculadas com cepa de *Staphylococcus aureus* e ECC nas concentrações de (A: 1,5%), (B: 1%) e (C: 0,5%).



(A), duplicata de placas inoculadas com cepa de *Staphylococcus aureus* e ECC a 1,5%, (B), duplicata de placas inoculadas com cepa de *Staphylococcus aureus* e ECC a 1%, (C), duplicata de placas inoculadas com cepa de *Staphylococcus aureus* e ECC a 0,5%.

Fonte: Autoria própria.

Os resultados desta análise também mostraram que a concentração bactericida mínima (MBC) é a de 1%, visto que tal concentração foi a mais baixa que apresentou inibição no crescimento da bactéria.

Wahyuni *et al.* (2018) avaliaram o potencial antimicrobiano de metabólitos secundário isolados da casca de cajueiro, sendo eles a pinostrobrina, pinocembrina, e 4-hidroxibenzaldeído. Os autores observaram que tais metabólitos apresentaram ação inibitória no crescimento de *Shigella dysenteriae* ATCC 13313, *Salmonella typhi* YCTC, *Staphylococcus aureus* ATCC33591 resistente à metilicina e *Escherichia coli* ATCC 35219. Silva *et al.* (2021) mostraram também em seu trabalho que o extrato de casca de cajueiro possui ação biocida contra *Staphylococcus aureus*.

5.3.1.4 Cor

A cor do extrato foi avaliada na escala de cor CIELAB, com os parâmetros de cor luminosidade L*, que representa o índice de luminosidade, (a*, vermelho/verde), que representa os tons que variam de vermelho(+) a verde(-), (b*, amarelo/azul), representa os tons que variam de amarelo(+) a azul(-), e croma C*, que representa a saturação. Os resultados da cor do extrato de casca de cajueiro (ECC) são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros de cor ECC.

	L*	a*	b*	C*
ECC	2,13	4,17	1,8	4,53

Valores expressos como médias. ECC: extrato casca de cajueiro.

O extrato apresentou coloração escurecida, confirmada pelo baixo valor de luminosidade (L* 2,13) com tonalidades de vermelho (a* 4,17) e amarelo (b* 1,8), enquanto o valor de saturação foi de C* 4,53. Possivelmente a coloração do ECC está relacionada aos compostos do metabolismo secundário presente em suas composições. Delgado-Vargas *et al.* (2000) afirmam que moléculas pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos, como as quinonas, muito presente em caules e cascas de árvores, eram muito utilizadas como pigmentos devido apresentarem coloração amarelo, vermelho e marrom, isso pode explicar as tonalidades escuras do extrato e seus parâmetros a* e b* mais voltados para vermelho e amarelo.

5.3.1.5 Toxicidade

Os resultados do teste de toxicidade são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados dos testes de toxicidade aguda das amostras teste (MNED e MR) frente ao zebrafish adulto.

Amostra	Mortalidade do Zebrafish Adultos				96h CL ₅₀ (%) / IV
	CN	C1	C2	C3	
ECC	0	5	1	0	>100% (extrato puro)

Legenda: CN - Grupo controle negativo: água destilada estéril. C1 – concentração 1 (100% de extrato; 20 µL; v.o.). C2 – concentração 2 (50% de extrato; 20 µL; v.o.). C3 – concentração 3 (25% de extrato; 20 µL; v.o.). CL50-concentração letal para matar 50% dos Zebrafish adulto; IV – intervalo de confiança;

Como resultado, constatou-se que o ECC se mostrou seguro em concentrações a partir de 50%, apresentando toxicidade em Zebrafish adultos apenas na concentração de 100%. O extrato exibiu CL50% >100%, ou seja, extrato puro. Estes resultados mostram que a incorporação do extrato de casca de cajueiro em revestimentos comestíveis e sua utilização como agente antioxidante e antimicrobiano é segura, visto que a quantidade de utilização do mesmo é muito pequena, desejando-se que as alterações nas características organolépticas do alimento como cor, sabor e cheiro sejam as mínimas possíveis, não causando desta forma, qualquer efeito tóxico ao alimento ou consumidor.

5.3.2 Caracterização dos revestimentos

5.3.2.1 Compostos fenólicos totais

A concentração de compostos fenólicos dos revestimentos a base de fécula de mandioca e fécula com quitosana adicionados de extrato hidroetanólico da casca de cajueiro (ECC) variou de 0,660 a 0,850 mg de EAG/ml (Tabela 6). A amostra F100 apresentou uma menor concentração de compostos fenólicos (0,660 mg de EAG/ml de revestimento), quando comparado às amostras que apresentam quitosana em sua composição, exibindo valores significativamente maiores, F50Q50 (0,850 mg de EAG/ml de revestimento) e F60Q40 (0,835 mg de EAG/ml de revestimento).

Tabela 6 - Concentração de compostos fenólicos dos revestimentos.

	F100	F50Q50	F60Q40
PET	0,660 ± 0,034 ^b	0,850 ± 0,028 ^a	0,835 ± 0,016 ^a

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). %. F100: revestimento de fécula de mandioca. F50Q50: revestimento com 50% de fécula e 50% de quitosana; F60Q40 revestimento com 60% de fécula e 40% de quitosana, ambos incorporados de 2% de ECC.

É possível observar que, apesar de os três revestimentos possuírem em sua composição a mesma quantidade de ECC, 2% em relação ao seu volume, o valor dos teores fenólicos foram significativamente maiores quando o revestimento apresentava quitosana em sua composição. Possivelmente devido a diferente interação entre compostos fenólicos e matrizes poliméricas (fécula e quitosana).

Esta redução pode indicar a existência de ligações de hidrogênio entre as hidroxilas fenólicas dos diversos compostos presente no extrato de casca de cajueiro e grupos químicos presente na fécula de mandioca. Pela formação de tais ligações ocorre uma redução na quantidade de hidroxilas fenólicas livres disponíveis para reagir com o reagente de Folin-Ciocalteu, sendo então este o possível responsável pela redução nos valores de compostos fenólicos do revestimento F100 (BERTOLO *et al.*, 2020). Entretanto, a quantidade 0,660 mg de EAG/ml encontrados indicam que existem hidroxilas fenólicas livres para exercer atividade antioxidante e antimicrobiana desejada.

5.3.2.2 Atividade antioxidante

Tabela 7 - Atividade antioxidante pelo método de ABTS+ (μM trolox/ml de amostra).

	F100	F50Q50	F60Q40
ABTS⁺	3,57 ± 0,14 ^b	4,52 ± 0,16 ^a	4,95 ± 0,38 ^a

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). %. F100: revestimento de fécula de mandioca. F50Q50: revestimento com 50% de fécula e 50% de quitosana; F60Q40 revestimento com 60% de fécula e 40% de quitosana, ambos incorporados com 2% de ECC.

Através dos resultados apresentados na Tabela 7 é possível observar que os revestimentos que possuíam quitosana em sua composição apresentaram atividade antioxidante

pelo método de captura de radical livre significativamente ($p < 0,05$) maior que o revestimento apresentando apenas fécula de mandioca em sua composição. Esses dados podem ser explicados pela maior quantidade de compostos fenólicos apresentados por esses revestimentos (Tabela 6), visto que os mesmos possuem correlação direta com a AA (CHOI *et al.*, 2022). As divergências entre os valores encontrados pelos diferentes revestimentos com as mesmas concentrações de ECC podem também ser explicadas pela atividade antioxidante natural apresentada pela quitosana, ela possui a capacidade de formar radicais de macromoléculas estáveis através de grupos amino residuais (NH_2) e radicais livres (ZHANG *et al.*, 2020).

Tabela 8 - Atividade antioxidante pelo método de FRAP ($\mu\text{M FeSO}_4/\text{ml}$ de amostra).

	F100	F50Q50	F60Q40
FRAP	26,42 \pm 0,52 ^a	15,86 \pm 0,93 ^b	18,05 \pm 0,60 ^c

Valores expressos como média \pm desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). %. F100: revestimento de fécula de mandioca. F50Q50: revestimento com 50% de fécula e 50% de quitosana; F60Q40 revestimento com 60% de fécula e 40% de quitosana, ambos incorporados de 2% de ECC.

Diferindo da análise por ABTS⁺ os resultados da análise de FRAP demonstraram maior AA quando a quantidade de fécula de mandioca era majoritária nos revestimentos, sendo os maiores valores encontrados nos revestimentos F100 e F60Q40, respectivamente. Tais resultados mostram que possivelmente o ECC possui atividade antioxidante mais atenuada pelo método de redução férrica que pela captura de radical livre. Kahya *et al.* (2022) encontrou resultados semelhantes avaliando a atividade antioxidante de revestimentos de quitosana enriquecidos com extratos aquosos de sálvia e alecrim com valores chegando a 15,73 \pm 0,38 e 25,76 \pm 0,28 ($\mu\text{M FeSO}_4$ eq/g filme seco).

5.3.2.3 Cor

Os resultados obtidos para os parâmetros de cor (luminosidade L*, vermelho/verde a*, amarelo/azul b* e croma C*) mostram que a adição de extrato de ECC nos revestimentos, na concentração de 2% promoveu diferenças significativas ($p < 0,05$) quando comparados com os revestimentos sem adição do extrato (Tabela 9).

Tabela 9 - Parâmetros de cor dos revestimentos.

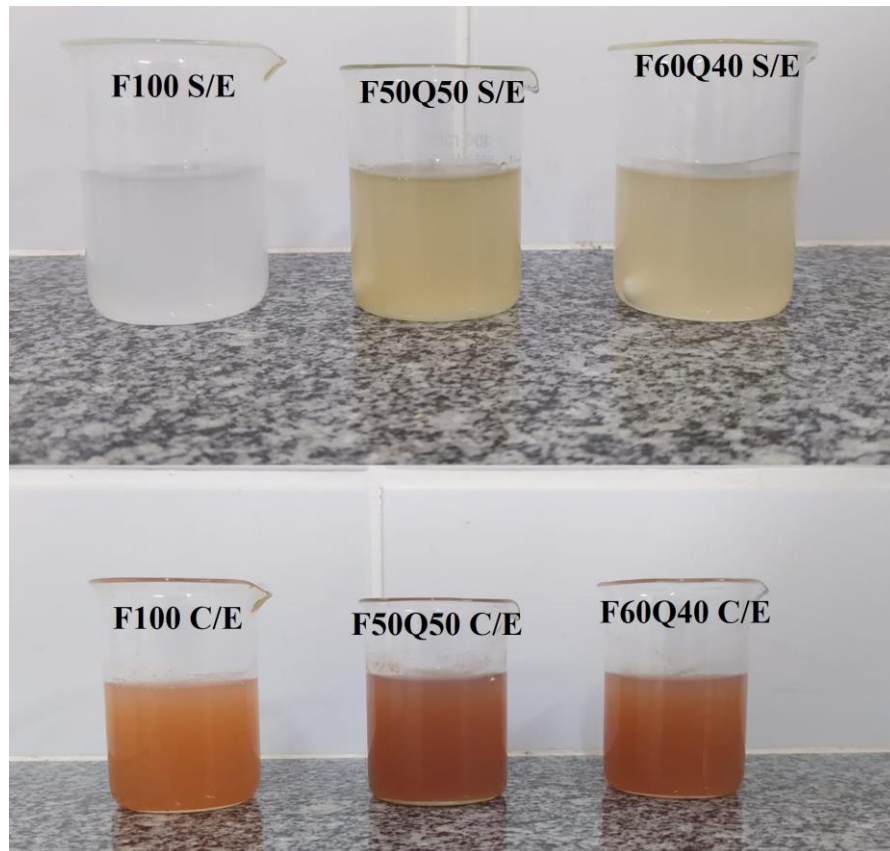
	L*	a*	b*	C*
F100 C/E	21,66 ^f	3,5 ^c	2,48 ^{bc}	4,29 ^d
F50Q50 C/E	24,15 ^b	4,47 ^a	2,87 ^a	5,33 ^b
F60Q40 C/E	24,32 ^{ab}	4,37 ^{ab}	2,63 ^b	5,1 ^c
F100	22,08 ^e	-0,23 ^d	-7,46 ^f	7,47 ^a
F50Q50	23,50 ^d	-1,6 ^e	-2,15 ^d	2,68 ^f
F60Q40	23,74 ^{cd}	-1,53 ^{fe}	-3,32 ^e	3,66 ^e

Valores expressos como médias. Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). F100: revestimento de fécula de mandioca. F50Q50: revestimento com 50% de fécula e 50% de quitosana; F60Q40 revestimento com 60% de fécula e 40% de quitosana. CE= com extrato (2%).

O extrato proporcionou um escurecimento na amostra F100, devido a redução do parâmetro L* de 22,08 para 21,66. Enquanto nas amostras com quitosana o efeito foi o contrário, a adição do extrato ocasionou um aumento na luminosidade do mesmo indo de 23,50 para 24,15 na F50Q50 e 23,74 para 24,32 na F60Q40. As amostras com o extrato apresentaram uma forte coloração puxada para o vermelho, como indicado acima no parâmetro a* (+vermelho/-verde) com valores que variaram de 3,5 a 4,47, enquanto nos revestimentos sem extrato os valores variaram de -0,23 a -1,6.

No parâmetro b* (+amarelo/-azul) os valores foram significativamente maiores quando adicionado o ECC em relação aos revestimentos sem extrato, demonstrando que a adição do extrato está relacionada com o ganho da cor amarela. Também é possível observar que a adição do extrato no revestimento F100 proporcionou uma redução na saturação da cor do revestimento (C*), enquanto nas amostras F50Q50 e F60Q40 o efeito foi o contrário, houve um aumento na saturação. A Figura 3 mostra os revestimentos sem e com extrato.

Figura 3 - Revestimentos sem e com extrato.



Fonte: Autoria própria.

A alteração da coloração dos revestimentos pela adição do ECC pode ser relacionada à presença de compostos fenólicos presentes no extrato e a capacidade que os mesmos possuem de interagirem estruturalmente com sua matriz biopolimérica. (MORADI *et al.*, 2012). Moreno *et al.* (2020) observaram alterações nos parâmetros de L^* em revestimentos a base de ágar e alginato incorporados com extrato hidrortanólico 60% de *Larrea nítida* conferindo a formação de revestimentos mais escuros e com a coloração mais saturada quando comparados aos revestimentos sem extrato. Peng *et al.* (2013) relataram que a adição de extrato de chá verde em diferentes concentrações (0,5, 1 e 2%) proporcionaram um aumento significativo no valor de b^* (-37,54; 10,35), e diminuição no parâmetro L^* (63,43; -89,67) em filmes de quitosana.

5.3.2.4 Análise reológica

Os dados experimentais dos ajustes aos modelos verificados (Lei de Newton, Lei da Potência e Herschel-Bulkley) são apresentados na Tabela 10. Os resultados apresentaram um bom ajuste ($R^2 > 0,95$) com os modelos da Lei da Potência e Herschel-Bulkley, enquanto os da Lei de Newton obtiveram valores de R^2 inferiores a 0,95, concluindo dessa forma que não

ocorreu um ajuste adequado ao modelo. Porém, devido a tensão de cisalhamento inicial (τ_0) ter sido nula, o comportamento reológico dos revestimentos pode ser simplificado pela Lei da Potência.

Tabela 10 - Coeficientes de ajuste de diferentes modelos reológicos analisados.

Amostra	Lei de Newton	Lei da Potência	Herschel-Bulkley
F100 S/E	0,9578	0,9995	0,9999
F100 C/E	0,9526	0,9988	0,9988
F50Q50 S/E	0,8846	0,9998	0,9996
F50Q50 C/E	0,7862	0,9998	0,9998
F60Q40 S/E	0,8736	0,9998	0,9998
F60Q40 C/E	0,7695	0,9997	0,9997

Legenda: F100 S/E: revestimento de fécula de mandioca sem extrato. F100 C/E: revestimento de fécula de mandioca com extrato. F50Q50 S/E: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana (50%) sem extrato. F50Q50 C/E: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana (50%) com extrato. F60Q40 S/E: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%) sem extrato. F60Q40 C/E: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%) com extrato.

Fonte: autoria própria.

Através do ajuste à Lei da Potência os parâmetros reológicos, índices de consistência (k) e comportamento (n) foram determinados (Tabela 11). Os resultados mostram que os revestimentos que apresentam quitosana em sua composição tiveram um aumento significativo ($p < 0,05$) nos valores de k quando incorporados ao extrato de casca de cajueiro (2%). A maior diferença observada foi entre os revestimentos F50Q50 e F50Q50 C/E, onde a adição do extrato aumentou sua consistência em 90,63 %. Os valores de índice de consistência para os revestimentos F100 e F100 C/E não apresentaram diferença estatística significativa entre si ($p > 0,05$). O índice de comportamento foi menor que um em todas as amostras analisadas, não apresentando diferença significativa entre os mesmos tratamentos com ou sem extrato ($p > 0,05$), (Tabela 11).

Tabela 11 - Índices de consistência (k) e comportamento (n) determinados pelo modelo de Lei da Potência para os revestimentos.

Amostra	k (Pa.sn)*	n (adimensional)**
F100 S/E	0,184270 ± 0,009166 ^a	0,761343 ± 0,007600 ^a
F100 C/E	0,220070 ± 0,064458 ^a	0,756996 ± 0,046978 ^a
F50Q50 S/E	0,863008 ± 0,073620 ^{bc}	0,653795 ± 0,013754 ^b
F50Q50 C/E	1,639582 ± 0,275589 ^c	0,578554 ± 0,028378 ^b
F60Q40 S/E	0,856782 ± 0,168681 ^b	0,644157 ± 0,031027 ^b
F60Q40 C/E	1,576057 ± 0,431538 ^c	0,571678 ± 0,042899 ^b

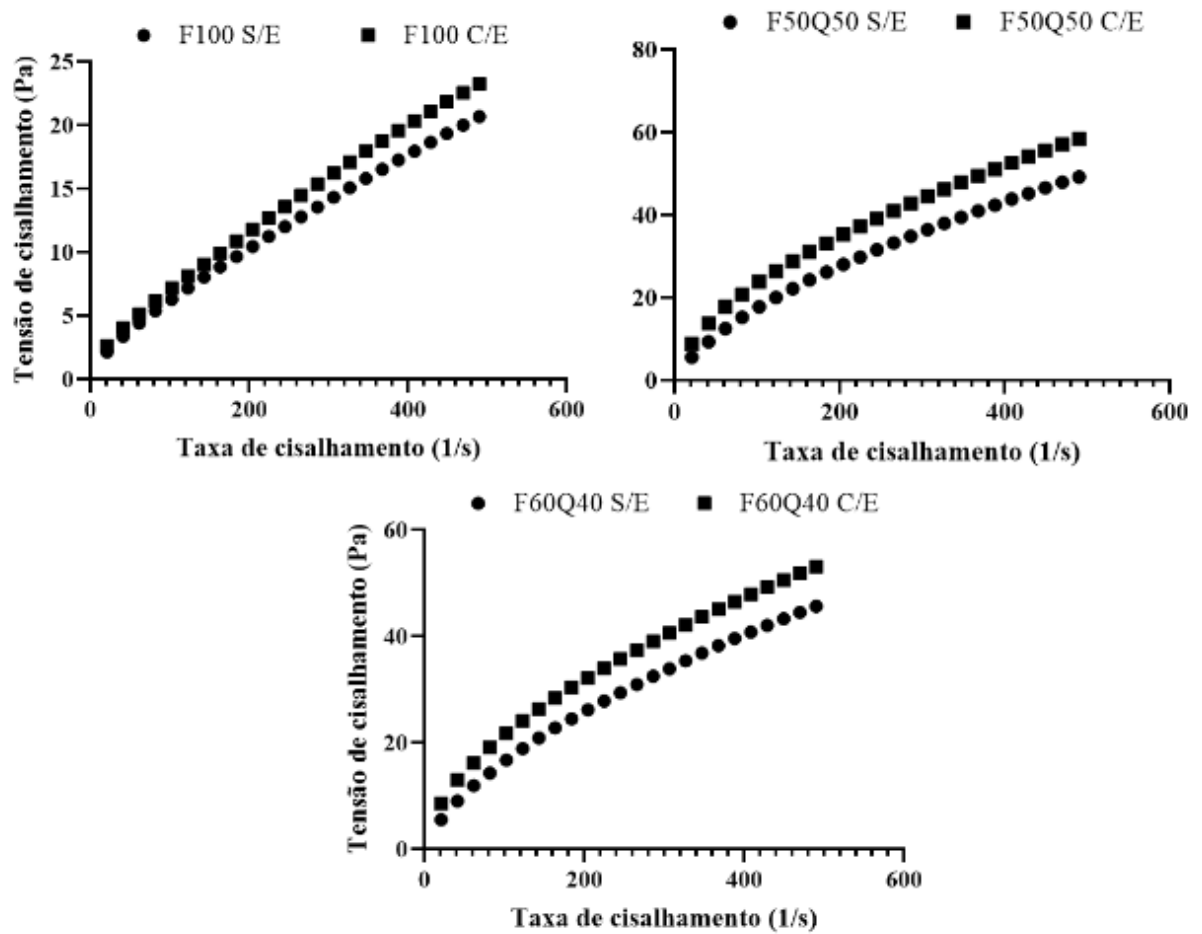
Valores expressos como média ± desvio padrão. *Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Games-Howell ($p < 0,05$). **Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$). F100 S/E: revestimento de fécula de mandioca sem extrato. F100 C/E: revestimento de fécula de mandioca com extrato. F50Q50 S/E: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana (50%) sem extrato. F50Q50 C/E: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana (50%) com extrato. F60Q40 S/E: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%) sem extrato. F60Q40 C/E: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%) com extrato.

Fonte: autoria própria.

Nesta análise foi possível observar uma redução no valor de R^2 obtido para o modelo Newtoniano das diferentes amostras quando havia a incorporação do extrato em sua matriz, como pode ser visto na Tabela 10. Como as concentrações dos biopolímeros permaneceram inalteradas, pode-se afirmar que a adição do extrato promoveu alterações no comportamento reológico das amostras.

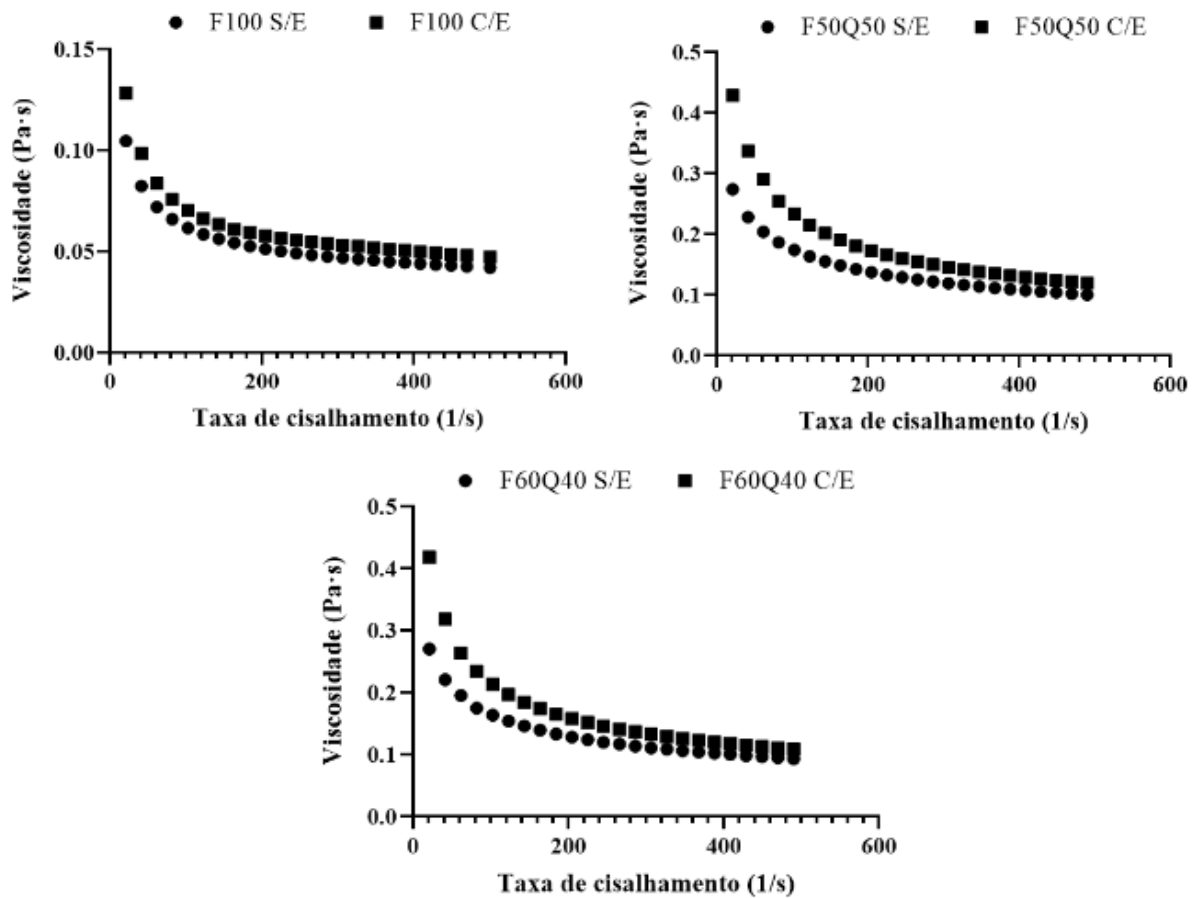
Foi observado uma tendência ao comportamento pseudoplástico dos revestimentos quando aos mesmos foi incorporado ECC, essa tendência pode ser observada pelo afastamento do valor de 1 do R^2 no modelo Newtoniano (Tabela 10). Tal comportamento pode ser observado de maneira mais evidente pelas curvas de fluxo e viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Curvas de fluxo de escoamento dos revestimentos.



F100: revestimento de fécula de mandioca. F50Q50: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana. F60Q40: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%). S/E: sem ECC. C/E: com ECC.

Figura 5 - Curvas de viscosidade dos revestimentos.



F100: revestimento de fécula de mandioca. F50Q50: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana. F60Q40: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%). S/E: sem ECC. C/E: com ECC.

Assim como Bertolo *et al.* (2021) e Tudorache; Bordenave (2019), os revestimentos do presente trabalho tiveram seu comportamento pseudoplástico e caráter viscoso do sistema polimérico reforçados pela adição do extrato. Segundo Dobson *et al.* (2019), os compostos fenólicos, oriundos do metabolismo secundário vegetal, possuem a capacidade de se complexar com polissacarídeos em matrizes alimentares, desta forma, a adição de compostos fenólicos do ECC nas soluções filmogênicas pode ter influenciado seu caráter pseudoplástico. O maior número de interações entre grandes cadeias moleculares resultam em maior resistência ao escoamento, porém, a mesma apresenta uma redução quando existem grandes gradientes de velocidade, sendo tal comportamento caracterizado como pseudoplástico. Além disso, outros fatores também são responsáveis por influenciar os parâmetros reológicos de um fluido, sendo eles a natureza do biopolímero e alimento a ser revestido e o estado de hidratação do soluto (BERTOLO *et al.*, 2021).

De forma geral, para o recobrimentos de alimentos são desejados revestimentos que possuam uma viscosidade intermediária, visto que alta viscosidade dificultam o processo de recobrimento do alimento por imersão, enquanto baixa viscosidade impedem um espalhamento adequado da cobertura sob a superfície do produto (NAIR *et al.*, 2011). Tal característica devem ser avaliada a fim de que o revestimento apresente uniformidade em sua cobertura e espessura suficiente para que atue de maneira desejada como barreira.

5.3.2.5 Ângulo de contato

Os resultados referentes às medidas do ângulo de contato foram realizadas na superfície do queijo Coalho utilizando os revestimentos (F100; F60Q40; F50Q50) sem e com extrato a 2% para melhor compreender a capacidade do efeito de cobertura dos revestimentos no queijo através da propriedade de molhabilidade, os resultados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12- Ângulo de contato dos revestimentos.

Amostra	Ângulo
F100 S/E	28,4 ^{oa}
F100 C/E	28,8 ^{oab}
F60Q40 S/E	33,5 ^{oa}
F60Q40 C/E	32,9 ^{oa}
F50Q50 S/E	19,0 ^{oc}
F50Q50 C/E	23,6 ^{ob}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$). F100 S/E: revestimento de fécula de mandioca sem extrato. F100 C/E: revestimento de fécula de mandioca com extrato. F50Q50 S/E: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana (50%) sem extrato. F50Q50 C/E: revestimento de fécula de mandioca (50%) + quitosana (50%) com extrato. F60Q40 S/E: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%) sem extrato. F60Q40 C/E: revestimento de fécula de mandioca (60%) + quitosana (40%) com extrato.

As amostras F100 e F60Q40 com e sem extrato apresentaram os maiores ângulos de contato sobre a superfície do queijo, como indicados na Tabela 12, enquanto a amostra F50Q50 com e sem extrato obtiveram os menores valores de ângulo de contato. Estes dados mostram uma maior interação entre o revestimento F50Q50 com a superfície do queijo, demonstrando assim que o mesmo apresenta boas características de cobertura. Através da análise estatística,

pode-se observar que a variação no ângulo de contato de F100 e F60Q40, quando o extrato de casca de cajueiro foi adicionado aos revestimentos não foi significativa (Tabela 12). Apenas a amostra F50Q50 apresentou diferença significativa no ângulo de contato quando o extrato foi adicionado na amostra, esse aumento indica uma leve diminuição na hidrofiliabilidade do mesmo.

Ângulos de contato inferiores a 90° indicam um bom umedecimento da superfície, pois o líquido irá se espalhar sob uma grande área da mesma, enquanto ângulos de contato superiores a 90° indicam um mau umedecimento da superfície, minimizando desta forma seu contato com a mesma (YUAN & LEE, 2013). Além disso, pode-se caracterizar a superfície do queijo como sendo hidrofílica, visto que todos os ângulos de contato encontrados foram inferiores a 90° , indicando que o líquido molha parcialmente a superfície (FERREIRA, 2013).

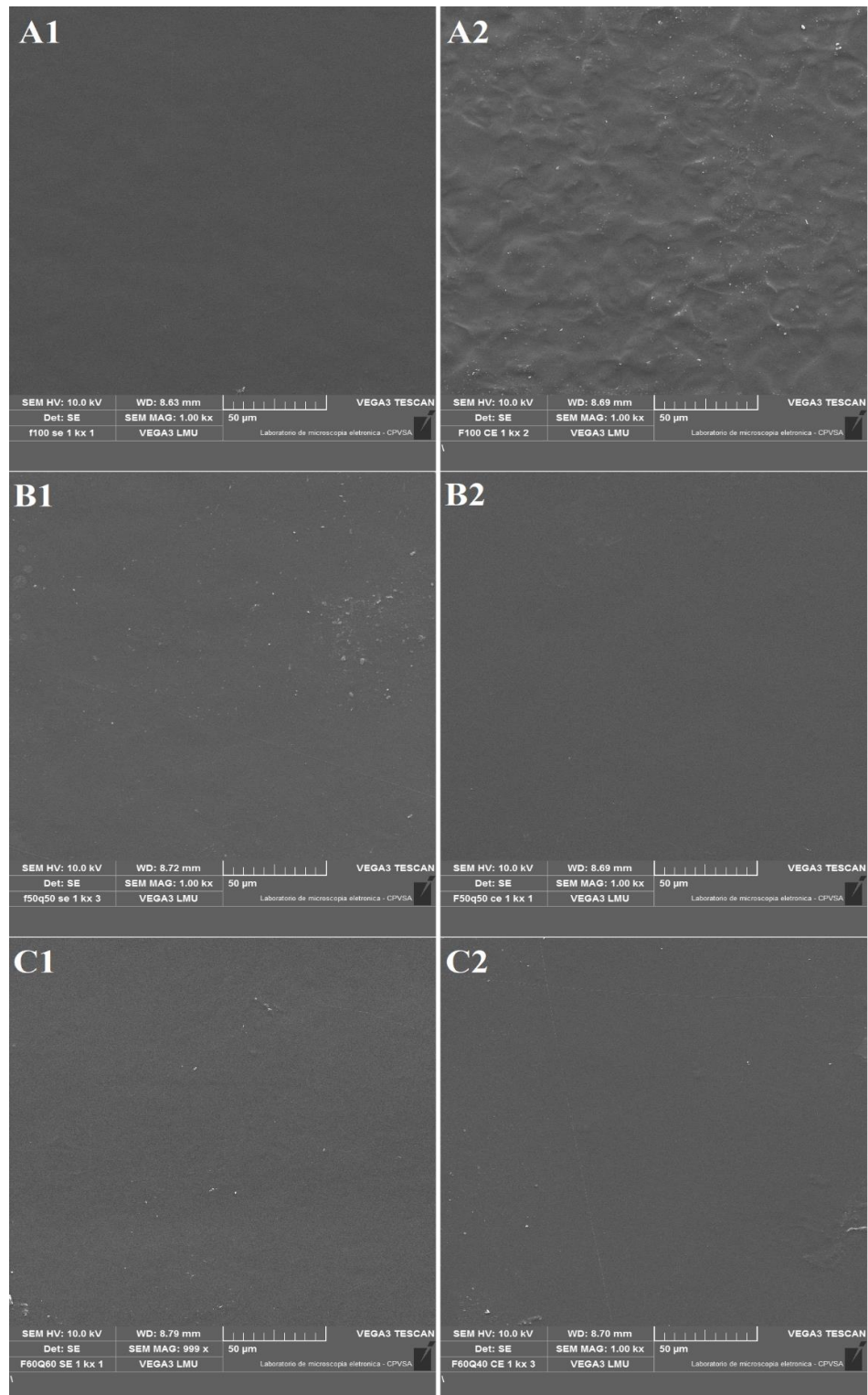
Alcântara, (2015), avaliou o ângulo de contato de revestimentos de quitosana em filés de tilápia e camarão encontrando valores médios de $40,075^\circ$, $41,770^\circ$ e $47,540^\circ$ para filés de tilápia quando a concentração da quitosana foi 1%, 1,5% e 2% respectivamente e $39,270^\circ$, $54,842^\circ$ e $52,812^\circ$ em camarões nas concentrações de 1%, 1,5% e 2% respectivamente. Estes valores encontram-se diferentes aos encontrados no presente trabalho, porém vale ressaltar que os demais componentes apresentados na composição dos revestimentos como fécula de mandioca e extrato de casca de cajueiro, além da diferença da superfície de contato, visto que a umidade e textura do filé de tilápia e camarão são diferentes as do queijo Coalho.

Outro dado a ser observado na análise é o coeficiente de adesão (W_a) dos revestimentos, sendo encontrados valores de 136,81 e 136,57 para F100 sem e com extrato respectivamente, 133,50 e 133,92 para F60Q40 sem e com extrato respectivamente e 141,65 e 139,49 para F50Q50 com e sem extrato respectivamente. Estes resultados indicam uma boa adesão dos revestimentos à superfície do queijo Coalho. Alcantra, (2015), obteve valores inferiores de W_a para os revestimentos de quitosana em filés de tilápia e camarão, sendo os valores máximos obtidos pelo autor de 103,82 e 101,02, respectivamente.

5.3.2.6 MEV

Na Figura 6 encontram-se os resultados obtidos na avaliação dos filmes biopoliméricos por meio da microscopia eletrônica de varredura.

Figura 6 - Imagens digitais de microscopia eletrônica de varredura (MEV) das superfícies dos filmes produzidos.



Legenda: A1: F100 S/E (filme de fécula de mandioca sem ECC); A2: F100 C/E (filme de fécula de mandioca com ECC); B1: F50Q50 S/E (filme de fécula de mandioca 50% + quitosana 50% sem ECC); B2: F50Q50 C/E (filme de fécula de mandioca 50% + quitosana 50% com ECC); C1: F60Q40 S/E (filme de fécula de mandioca 60% + quitosana 40% sem ECC); C2: F60Q40 C/E (filme de fécula de mandioca 60% + quitosana 40% com ECC).

A microestrutura dos filmes foi avaliada por meio da MEV, sendo possível observar certas discontinuidades estruturais e rugosidades em toda a superfície do revestimento F100 C/E, além de pequenas partículas sólidas, presentes também nos revestimentos F50Q50 S/E e F60Q40 S/E, diferindo dos filmes F100 S/E, F50Q50 C/E e F60Q40 C/E que apresentaram superfícies lisas e bastante homogêneas. Apesar de que, algumas irregularidades tenham sido vistas nos filmes, não foi observado nenhum sinal de separação de fases entre as matrizes biopoliméricas ou porosidades provocadas por bolhas de ar.

Desta forma, observa-se que a adição do ECC não interferiu na estrutura interna da matriz biopolimérica dos revestimentos com quitosana em sua composição, garantindo sua integridade estrutural. Oliveira *et al.* (2018) obtiveram dados parecidos, destacando a obtenção de filmes de fécula de mandioca livre de poros e contínuas, não apresentando irregularidades aparentes em sua superfície. Resultados semelhantes foram encontrados por Baron *et al.* (2017), que avaliando a microestrutura de filmes a base de pectina e quitosana, observaram alterações em suas superfícies com a variação dos biopolímeros utilizados, apresentando desde superfícies lisas e homogêneas a superfícies com discontinuidades e rugosidades.

Tais inconsistências podem ser causadas pelo reajuste das cadeias poliméricas devido suas interações com outros materiais utilizados (BARON *et al.*, 2017). Segundo Jiménez *et al.* (2010), o processo de secagem dos filmes pode promover modificações estruturais, superficiais e/ou internas devido às alterações na concentração dos componentes, viscosidade e fase líquida.

5.3.3 Análise microbiológica do queijo Coalho revestido

5.3.3.1 *Estafilococos coagulase positiva*

É possível observar que em todos os tratamentos avaliados houve uma redução na contagem de *Estafilococos coagulase positiva* após o período de 5 dias de armazenamento, demonstrando um possível efeito no controle do crescimento microbiano, tal crescimento é retomado a partir do 10º dia. Os valores encontrados não estão de acordo com os padrões da ANVISA (BRASIL, 2019), que determina a tolerância de contagem de *Estafilococos coagulase positiva* até 10^2 UFC/g. O uso dos revestimentos de fécula de mandioca (F100) e a blenda (F50Q50) adicionadas de extrato de cajueiro proporcionaram uma redução nas contagens de *Estafilococos coagulase positiva* em todos os dias de armazenamento quando comparados ao grupo controle, como observados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores das contagens microbiológicas (UFC/g) para *Estafilococos coagulase positiva* de queijos Coalho revestidos.

	CONTROLE	F100 C/E	F100	F50Q50	F50Q50 C/E
DIA 0	1,20E+10 ^a	2,68E+09 ^{cd}	1,91E+10 ^e	3,74E+09 ^e	3,92E+08 ⁱ
DIA 5	6,86E+09 ^a	6,80E+08 ^c	9,74E+08 ^f	8,60E+07 ^h	4,40E+07 ^j
DIA 10	6,68E+10 ^b	7,34E+09 ^d	8,85E+09 ^e	1,06E+08 ^h	6,20E+07 ^j

F100 C/E (fécula de mandioca com ECC); F100 (fécula de mandioca sem ECC); F50Q50 C/E (fécula de mandioca 50% + quitosana 50% com ECC); F50Q50 (fécula de mandioca 50% + quitosana 50% sem ECC) ao longo de 10 dias. Nível de significância de $p < 0.05$ para análise realizada com teste de Tukey. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os grupos.

Supostamente, os queijos industrializados adquiridos comercialmente para as análises já apresentavam contaminação por *Estafilococos coagulase positiva*, provavelmente advindos da matéria-prima, manipulação e ambiente, visto que o acompanhamento das Boas Práticas de Fabricação do produto não foi efetuado, e os queijos foram processados e revestidos de maneira asséptica. As altas contagens nas amostras podem ter sido agravadas pela não manutenção da cadeia do frio nas etapas de transporte e comercialização do produto, visto que, o controle da temperatura de refrigeração é de suma importância para a manutenção da qualidade microbiológica do queijo Coalho, o que pode ter auxiliado na proliferação de tais microrganismos. Desta forma, pode-se afirmar que os revestimentos adicionados de extrato de casca de cajueiro foram efetivos no controle do crescimento de tal bactéria.

É possível observar que os revestimentos que apresentam extrato de casca de cajueiro em sua composição foram mais efetivos no controle do microrganismo. Tal efeito já era esperado, visto que nos testes microbiológicos preliminares o extrato apresentou ação antimicrobiana frente *Staphylococcus aureus*. O efeito antimicrobiano do extrato da casca de cajueiro está relacionado com a presença de moléculas do metabolismo secundário do vegetal, sendo os mais encontrados no extrato de casca de cajueiro os polifenóis, taninos e flavonoides (SANTOS, *et al.* 2018; OLEJNÍKOVÁ, 2019).

Dentre os tratamentos estudados o F50Q50 C/E apresentou as menores contagens de *Estafilococos coagulase positiva* quando comparado aos demais revestimentos. Estes resultados podem ser explicados devido a presença de quitosana em sua composição que apresenta ação antimicrobiana natural por possuir uma estrutura policatiônica que favorece interações eletrostáticas entre as moléculas de quitosana carregadas negativamente e a superfície de

microrganismos carregada positivamente, levando a um aumento da permeabilidade da membrana do microrganismo. Esta estrutura policatiônica da quitosana também lhe conferem demais características, como agente ligante a água, inibidor de enzimas e bioabsorvente de nutrientes (PISOSCHI *et al.* 2018). A capacidade antimicrobiana da quitosana já foi relatada contra uma variedade de bactérias relacionadas a contaminação de alimentos, principalmente as Gram-positivas, como *Staphylococcus aureus* (HOSSEINNEJAD & JAFARI, 2016; MA *et al.*, 2017).

A Tabela 13 permite a visualização do aumento do efeito biocida dos revestimentos quando os mesmos apresentavam extrato em sua composição, as diferentes letras entre os revestimentos sem e com extrato nos diferentes dias de análise corroboram com esta afirmação. Como falado anteriormente, este resultado já era esperado devido aos resultados prévios das análises antimicrobianas iniciais do ECC.

Junior *et al.* (2021), avaliando a aplicação de revestimentos comestíveis na qualidade e conservação de queijo Coalho, observaram que os tratamentos que apresentavam quitosana em sua composição (proteína isolada de soja + quitosana; fécula de mandioca + quitosana) apresentaram as menores contagens de *Estafilococos* coagulase positiva quando comparados ao grupo controle e aos demais tratamentos, sem quitosana.

Figura 7 -Teste de coagulase.



Fonte: autoria própria.

No teste de coagulase realizado com as colônias típicas obtidas das análises não foi possível observar a formação de coágulo em nenhuma das amostras (Figura 7), contudo, não é

possível afirmar que tais bactérias pertenciam a espécie *Staphylococcus aureus*, pois torna-se necessário a aplicação de testes de toxinas para tal afirmação.

5.4 Conclusão

Os revestimentos de fécula de mandioca e quitosana formaram uma barreira física que possibilitou aumento na vida útil do queijo Coalho, reduzindo o crescimento microbiano de *Estafilococos coagulase positiva* quando comparado ao controle durante 10 dias de armazenamento. A adição do extrato de casca de cajueiro aumentou este efeito de conservação pela possível ação antimicrobiana por ele apresentado, além de características antioxidantes.

Desta forma, a utilização de tais coberturas com ou sem extrato de casca de cajueiro como embalagens primárias em queijo Coalho podem reduzir as alterações organelépticas do produto pelo controle do crescimento microbiano, além de reduzir os riscos de doenças transmitidas por alimentos, possibilitando ao consumidor um alimento seguro e de qualidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado demonstra que os consumidores de queijo Coalho, em sua maioria residentes do Nordeste, possuem preocupação com a qualidade do mesmo, dando preferência a produtos que apresentem qualidade e atratividade sensorial. Além disso, a grande maioria não está familiarizada com a tecnologia de revestimentos comestíveis, porém, acham que a mesma é de grande importância para a conservação do queijo Coalho, demonstrando que as coberturas comestíveis possuem aceitação por grande parte dos consumidores. Na análises realizadas o extrato hidroetanólico 70% de casca de cajueiro foi produzido com êxito e apresentou atividade antioxidante, atividade antimicrobiana frente *Staphylococcus aureus* e toxicidade nula em concentrações abaixo de 100%, possibilitando, assim, seu uso como antioxidante e antimicrobiano natural em alimentos. Os revestimentos e blendas poliméricas a base de fécula de mandioca e quitosana adicionadas de extrato hidroetanólico 70% de casca de cajueiro foram obtidos de maneira satisfatória. O extrato agregou características antioxidantes as blendas e modificou características como cor e propriedades reológicas dos mesmos. Sua aplicação como cobertura comestível em queijo Coalho causou um retardamento no crescimento de *Estafilococos coagulase positiva*, abrindo assim uma gama de possíveis aplicações na indústria alimentícia para melhora na qualidade e armazenamento de diversos produtos.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, F.; RICHARDSON, M. K. Exploratory behaviour in the open field test adapted for larval zebrafish: Impact of environmental complexity. **Behavioural Processes**, [s.l.], 92, 88-98, 2013.
- ALBUQUERQUE, T. N., MARQUES, I. R., DEODATO, J. N. V., MEDEIRO, W. P., ARAÚJO, M. A., RODRIGUES, M. S. A., MEDIEROS, M. L. S., SILVA, O. S., ARAÚJO, A. S. Avaliação de maçãs revestidas com polímeros biodegradáveis adicionado extrato da casca do caule do cajueiro. **Research, Society and Development**, [s.l.], (9)10, 1-11, 2020.
- ALCÂNTARA, L. O. **Avaliação de propriedades de superfície de revestimentos aplicados à filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e camarão (*Litopenaeus vannamei*)**. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Recursos Naturais) apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia de Recursos Naturais, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia de Recursos Naturais. Fortaleza, Ceará, 2015.
- BARON, R. D.; PÉREZ, L. L.; SALCEDO, J. M.; CÓRDOBA, L. P.; SOBRAL, P. J. A. Production and characterization of films based on blends of chitosan from blue crab (*Callinectes sapidus*) waste and pectin from Orange (*Citrus sinensis* Osbeck) peel. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], 98, 676-683, 2017.
- BARROS, D. M.; MOURA, D. F.; ROCHA, T. A.; SANTOS, A. E. S.; SILVA, M. R. O.; FERREIRA, S. A. O.; FONTE, R. A. B.; MACHADO, E. C. L. Coalho cheese with incorporated chitosan and as a coating: effect on the viability of *Staphylococcus aureus* and sensory acceptance. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, [s.l.], (40)6: 3, 3477-3492, 2019.
- BAHRAMI, R.; LÖBLING, T. I.; SCHMALZ, H.; MÜLLER, A. H. E.; ALTSTÄDT, V. Synergistic effects of Janus particles and triblock terpolymers on toughness of immiscible polymer blends. **Polymer**, [s.l.], 109, 229–237, 2017.
- BERTOLO, M. R. V. et al. Rheological characterization of the influence of pomegranate peel extract addition and concentration in chitosan and gelatin coatings. **Polysaccharides**, [s.l.], (2)3, 648-66, 2021..
- BERTOLO, M. R. V.; MARTINS, V. C. A.; HORN, M. M.; BRENELLI, L. B.; PLEPIS, A. M. G. Rheological and antioxidant properties of chitosan/gelatin-based materials functionalized by pomegranate peel extract. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], 228, 1-9, 2020.
- BONT, Z., ZUST, T., ARCE, C. C. M., HUBER, M., ERB, M. Heritable variation in root secondary metabolites is associated with recent climate. **Journal of Ecology**, [s.l.], 108, 1-32, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 60, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 02 fev. 2023.

CAMILI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva ‘Itália’ contra *Botrytis cinérea*. *Summa Phytopathol., Botucatu*, [s.l.], (33)3, 215-221, 2007.

CHOI, H. R., BAEK, M. W., TILAHUN, S., JEONG, C. S. Long-term cold storage affects metabolites, antioxidant activities, and ripening and stress-related genes of kiwifruit cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, [s.l.], 189, 2022.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. CLSI. Performance standards for antimicrobial disk susceptible tests; Approved standard – Eleventh Edition. CLSI document M02-A11. Wayne, Pennsylvania: **Clinical and Laboratory Standards Institute**, 2012a.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. Twenty-second Informational Supplement. CLSI document M100-S22. Wayne, Pennsylvania: **Clinical and Laboratory Standards Institute**, 2012b.

COLLYMORE, C.; RASMUSSEN, S.; TOLWANI, R. J. Gavaging adult zebrafish. *Journal of Visualized Experiments*, [s.l.], 78, 1-5, 2013.

CONCEA. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Resolução Normativa Nº 37, de 15 de fevereiro de 2018. Diretrizes da Prática de Eutanásia. Disponível em www.mctic.gov.br/.../concea/...normativas/RN-37-Eutanasia-secao-1-22_02_18.pdf. Acesso em: 02 fev. 2023.

COSTA, M. C.; MACIEL, L. C.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A.; CERQUEIRA, M. A. Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. *Food Research International*, [s.l.], 107, 84-92, 2018.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A.R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, [s.l.], (40)3, 173–289, 2000.

DOBSON, C. C.; MOTTAWEA, W.; RODRIGUE, A.; PEREIRA, B. L. B.; HAMMAMI, R.; POWER, K. A.; BORDENAVE, N. Impact of molecular interactions with phenolic compounds on food polysaccharides functionality. *Advances In Food and Nutrition Research*, [s.l.], 90, 135–181, 2019.

FELIPE, L. O.; JÚNIOR, W. F. S.; ARAÚJO, K. C.; FABRINO, D. L. Lactoferrin, chitosan and *Melaleuca alternifolia*—natural products that show promise in candidiasis treatment. *Brazilian Journal of Microbiology*, [s.l.], (49)2, 212–219, 2018.

FERREIRA, L. M. V. **Revestimentos Hidrofóbicos**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Metais) apresentada na Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

FURKO, M.; HORVATH, Z. E.; Sulyok, A.; KIS, V. K.; BALÁZSI, K.; MIHÁLY, J.; BALÁZSI, C. Preparation and morphological investigation on bioactive ion-modified carbonated hydroxyapatite-biopolymer composite ceramics as coatings for orthopaedic implants. *Ceramics International*, [s.l.], (48)1, 760–768, 2022.

GIMENEZ, V. M. M.; ALVARENGA, T. A.; GROppo, M.; SILVA, M. L. A.; CUNHA, W.

- R.; JANUÁRIO, A. H.; SMILKSTEIN, M. J.; RISCOE, M. K.; PAULETTI, P. M. Antiplasmodial evaluation of *Anacardium occidentale* and alkyl-phenols. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], (29)1, 36-39, 2019.
- HOSSEINNEJAD, M.; JAFARI, S. M. Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], 85, 467-475, 2016.
- HUANG, B. H.; LI, S. Y.; CHIOU, Y. J.; CHOJNIK, D.; CHOU, S. C.; WONG, V. C. M.; CHEN, S. Y.; WU, P. W. Electrophoretic fabrication of a robust chitosan/polyethylene glycol/polydopamine composite film for UV-shielding application. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], 273, 1-10, 2021.
- JIMÉNEZ, A. et al. Effect of lipid self-association on the microstructure and physical properties of hydroxypropyl-methylcellulose edible films containing fatty acids. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], (82)3, 585–593, 2010.
- JUNIOR, D. B. M.; SOUSA, S.; COSTA, G. F. Aplicação de revestimentos comestíveis na qualidade e conservação de queijo coalho. **B. CEPPA**, [s.l.], 37(1), 1-14, 2021.
- KHAN, F.; PHAM, D. T. N.; OLOKETUYI, S. F.; MANIVASAGAN, P.; OH, J.; KIM, Y-M. Chitosan and their derivatives: Antibiofilm drugs against pathogenic bacteria. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [s.l.], 185, 1-54, 2020.
- KAHYA, N., KESTIR, S. M., OZTURK, S., YOLAÇ, A., KALAYCIOGLU, E. T. Z., AKIN-EVINGUR, G., ERIM, F. B. Antioxidant and antimicrobial chitosan films enriched with aqueous sage and rosemary extracts as food coating materials: Characterization of the Films and Detection of Rosmarinic Acid Release. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], 217, 470- 480, 2022.
- MAGALHÃES, F. E. A.; DE SOUSA, C. A. P. B.; SANTOS, S. A. A. R.; MENEZES, R. B.; BATISTA, F. L. A.; ABEU, A. O.; DE OLIVEIRA, M. V.; MOURA, L. F. W. G.; RAPOSO, R. S.; CAMPOS, A. R. Adult zebrafish (*Danio rerio*): an alternative behavioral model of formalin-induced nociception. **Zebrafish**, [s.l.], (14)5, 422-429, 2017.
- MA, Z.; GARRIDO-MAESTU, A.; JEONG, K. C. Application, mode of action, and in vivo activity of chitosan and its micro- and nanoparticles as antimicrobial agents: A review. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], 176, 257-265, 2017.
- MEDEIROS, B. G. S.; SOUZA, M. P.; PINHEIRO, A. C.; BOURBON, A. I.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A.; CUNHA, M. G. C. Physical Characterisation of an Alginate/Lysozyme Nano-Laminate Coating and Its Evaluation on ‘Coalho’ Cheese Shelf Life. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], 7, 1088-1098, 2014.
- MOHAMED, S. A. A.; EL-SAKHAWY, M.; EL-SAKHAWY, M. A. Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. **Journal Pre-proof**, [s.l.], 238, 1-45, 2020.
- MORADI, M.; TAJIK, H.; ROHANI, S. M. R.; OROMIEHIE, A. R.; MALEKINEJAD, H.; ALIAKBARLU, J.; HADIAN, M.. Characterization of antioxidant chitosan film incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and grape seed extract. **LWT – Food Science and**

Technology, [s.l.], 46(1), 477-484, 2012.

MORENO, M. A.; BOJORGES, H.; FALCÓ, I.; SÁNCHEZ, G.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; LÓPEZ-RUBIO, A.; ZAMPINI, I. C.; ISLA, M. I.; FABRA, M. J. Active properties of edible marine polysaccharide-based coatings containing *Larrea nitida* polyphenols enriched extract. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], 102(1), 728-739, 2020.

NAIR, S. B. JYTHI, A. N.; SAJEEV, M. S.; MISRA, R. Rheological, mechanical and moisture sorption characteristics of cassava starch-konjac glucomannan blend films. **Starch**, [s.l.], 63, 728-739, 2011.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indication of Kenyan black teas. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], (74)2, 209-215, 1997.

OECD. Fish, Acute Toxicity Testing of Chemicals. **OECD 203**, v.17(7), 1992, pp. 9.

OLEJNÍKOVÁ, J, V, P. Trichoderma atroviride: an isolate from forest environment with secondary metabolites with high antimicrobial potential. **Acta Chimica Slovaca**, [s.l.], 12(1), 46-55, 2019.

OLAIMAT, A. N. e HOLLEY, R. A. Control of Salmonella on fresh chicken breasts by κ -carrageenan/chitosan-based coatings containing allyl isothiocyanate or deodorized Oriental mustard extract plus EDTA. **Food Microbiology**, [s.l.], 48, 83–88, 2015.

OLIVEIRA, P. M. L.; DANTAS, A. M.; MORAIS, A. R. S.; GIBBERT, L.; KRUGER, C. C. H.; LIMA, M. S.; MAGNANI, M.; BORGES, G. S. C. Juá fruit (*Ziziphus joazeiro*) from Caatinga: A source of dietary fiber and bioaccessible flavanols. **Food Research International**, [s.l.], 129, 1-37, 2020.

OLIVEIRA, V. R. L.; SANTOS, F. K. G.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, K. N. O. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, [s.l.], 259, 55–64, 2018.

OMOLASSO, B. O.; IMPORTADOR, F. S.; ODUKANMI, O. A.; ADESANWO, J. K.; ISHOLA, A. A.; ADEWOLE, K. E. Evaluation of the gastrointestinal anti-motility effect of Anacardium occidentale stem bark extract: A mechanistic study of antidiarrheal activity. **Journal of Pharmaceutical Analysis**, [s.l.], (11)6, 776-782, 2021.

ORTEGA-TORO, R.; MUNÓZ, A.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Improvement of properties of glycerol plasticized starch films by blending with a low ratio of polycaprolactone and/or polyethylene glycol. **Food Hydrocoll**, [s.l.], 56, 9-19, 2016.

OYATOGUN, G. M.; ESAN, T. A.; AKPAN, E. I.; ADEOSUM, S. O.; POPOOLA, A. P. I.; IMASOGIE, B. I.; SOBOYEJO, W. O.; AFONJA, A. A.; IBITOYE, S. A.; ABERE, V. D.; OYATOGUN, A. O.; OLUWASEGUN, K. M.; AKINWOLE, I. E.; AKINLUWADE, K. J. Chapter 11 - Chitin, chitosan, marine to Market. **Handbook of Chitin and Chitosan**, [s.l.], 3, 341-381, 2010.

PENG, Y.; WU, Y.; YUNFEI, L. Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials. **Internation Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], 59(1), 282-289, 2013.

PIERETTI, G. G.; PINHEIRO, M. P.; SCAPIM, M. R. S.; MIKCHA, J. M. G.; MADRONA, G. S. Effect of an edible alginate coating with essential oil to improve the quality of a Fresh cheese. **Acta Scientiarum Technology**, [s.l.], 41, 1-8, 2019.

PINTO, A. S. **Otimização de processos de obtenção de quitina e quitosana do exoesqueleto do camarão amazônico (*Macrobrachium amazonicum*, HELLER, 1863)**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias de Alimentos) apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Belém – PA, 2014.

PISOSCHI, A. M.; POP, A.; GEORGESCU, C.; TURCUS, V.; OLAH, N. K.; MATHE, E. An overview of natural antimicrobials role in food. **European Journal of Medicinal Chemistry**, [s.l.], 143, 922-935, 2018.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINE-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], (121)4, 996-1002, 2010.

SABERI, B.; CHOCKCHASAWASDEE, S.; GOLDING, J. B.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E. Physical and mechanical properties of a new edible film made of pea starch and guar gum as affected by glycols, sugars and polyols. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], 104, 345-359, 2017.

SABERI, B.; VOUNG, Q. V.; CHOCKCHASAWASDEE, S.; GOLDING, J. B.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E. Physical, barrier, and antioxidant properties of pea starch-guar gum biocomposite edible films by incorporation of natural plant extracts. **Food Bioprocess and Technology**, [s.l.], (10)12, 2240-2250, 2017.

SANTOS, J. A. S., SENA, T. J. O., SANTOS, K. B. S., COSTA, M. L. A., SANTOS, K. C. B. S., SANTOS, A. F. Study of the antioxidant potential of *Anacardium occidentale* L. and determination of its phenolic compounds. **Diversitas Journal**, [s.l.], 3(2), 455-474, 2018.

SANTOS, R. T.; LIMA, M.; GOMES, L. C.; MERGULHÃO, F. J. Antimicrobial coatings based on chitosan to prevent implant-associated infections: A systematic review. **iScience**, [s.l.], (24)12, 1-25, 2021.

SATHIYASEELAN, A.; SARAVANAKUMAR, K.; MARIADOSS, A. V. A.; RAMACHANDRAN, C.; HU, X.; OH, D-H.; WANG, M-H. Chitosan-tea tree oil nanoemulsion and calcium chloride tailored edible coating increase the shelf life of fresh cut red bell pepper. **Progress in Organic Coatings**, [s.l.], 151, 2021.

SILVA, I. D. L., OLIVEIRA, F. S. M., ANDRADE, M. F., BRITO, A. M. S. S., HALLWASS, F., VINHAS, G. M. Avaliação das potencialidades dos extratos vegetais de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para uso em embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes. **Revista Matéria**, [s.l.], 26(1), 1-12, 2021.

STEVANOVIĆ, M.; DJOŠIĆ, M.; JANKOVIĆ, A.; KOJIĆ, V.; STOJANOVIĆ, J.; GRUJIĆ, S.; BUJAGIĆ, IM.; RHEE, KY.; MIŠKOVIĆ-STANKOVIĆ, V. The chitosan-based bioactive composite coating on titanium. **Journal of Materials Research and Technology**, [s.l.], 15, 4461-4474, 2021.

SUNDERAM, V.; THIYAGARAJAN, D.; LAWRENCE, A. V.; MOHAMMED, S. S. S.; SELVARAJ, A. In-vitro antimicrobial and anticancer properties of green synthesized gold nanoparticles using *Anacardium occidentale* leaves extract. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [s.I.], (26)3, 455-459, 2019.

THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; SCARLETT, C. J.; BOWYER, M.; SINGH, S. P.; VUONG, Q. V. Starch-based films: major factors affecting their properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.I.], 132, 1079-1089, 2019.

TUDORACHE, M.; BORDENAVE, N. Phenolic compounds mediate aggregation of water-soluble polysaccharides and change their rheological properties: Effect of different phenolic compounds. **Food Hydrocolloids**, [s.I.], 97, 1-6, 2019.

ÜNALAN, İ. U.; ARCAN, I.; KOREL, F.; YEMENICIOGLU, A. Application of active zein-based films with controlled release properties to control *Listeria monocytogenes* growth and lipid oxidation in fresh Kashar cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.I.], 20, 208–214, 2013.

WANG, Q.; YU, H.; TIAN, B.; JIANG, B.; XU, J.; LI, D.; FENG, Z.; LIU, C. Novel Edible Coating with Antioxidant and Antimicrobial Activities Based on Whey Protein Isolate Nanofibrils and Carvacrol and Its Application on Fresh-Cut Cheese. **Coatings**, [s.I.], (9)9, 1-15, 2019.

YUAN, Y.; LEE, T. R. Contact Angle and Wetting Properties. In: BRACCO, G.; HOLST, B., eds. *Surface Science Techniques*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Springer series in **Surface Sciences**, 2013. Cap. 1, v. 51, p. 3-34, 2013.

ZHANG, W., LI, X., JIANG, W. Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.I.], 154, 1205-1214, 2020.

ZIA-UD-DIN, H.; XIONG, P. Fei, physical and chemical modification of starches: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.I.], (57)13, 2691-2705, 2015.