

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ADIÇÃO DE EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA E
SORO DE LEITE NO DESENVOLVIMENTO DE
EMBALAGEM INTELIGENTE PARA QUEIJO PRATO**

Autora: Nayane Matias Silva
Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Coorientadora: Dra. Karen Martins Leão
Coorientadora: Dra. Geovana Rocha Plácido

Rio Verde - GO
fevereiro - 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ADIÇÃO DE EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA E
SORO DE LEITE NO DESENVOLVIMENTO DE
EMBALAGEM INTELIGENTE PARA QUEIJO PRATO**

Autora: Nayane Matias Silva
Orientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Coorientadora: Dra. Karen Martins Leão
Coorientadora: Dra. Geovana Rocha Plácido

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde - Área de Concentração Produção animal.

Rio Verde - GO
fevereiro - 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ADIÇÃO DE EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA E
SORO DE LEITE NO DESENVOLVIMENTO DE
EMBALAGEM INTELIGENTE PARA QUEIJO PRATO**

Autora: Nayane Matias Silva
Orientador: Marco Antônio Pereira da Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2018.


Prof.^a Dra. Thaisa Campos Marques
Avaliadora externa
UFG/Goiânia


Prof.^a Dra. Mariana Buranelo Egea
Avaliadora externa
IF Goiano/ RV


Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Presidente da banca
IF Goiano/RV


Prof.^a Dra. Karen Martins Leão
Avaliadora interna
IF Goiano/ RV

Aos meus Pais Valdeci Matias de Assis, Cleusa Silva de Assis, meus irmãos Franklin Matias da Silva, Alex Caixeta Matias de Assis e aos meus sobrinhos e afilhados, pelo amor, carinho e confiança.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo amor, amparo, aconchego, sabedoria, força, pois sem Ele nada seria possível. Ele é o Deus em quem confio.

Aos meus Pais Valdeci Matias de Assis e Cleusa Silva de Assis, pelo amor, paciência, aconchego, carinho, suporte, incentivo, anjos que Deus me presenteou como Pais.

Aos meus irmãos Franklin Matias da Silva e Alex Caixeta Matias de Assis, pelo carinho e força.

À minha linda cachorrinha Babi, pela companhia.

Aos meus sobrinhos João Antônio Caixeta Matias Vieira e Luiz Miguel Caixeta Matias Vieira. Aos meus priminhos João Flávio Fernandes Arantes, Maria Antônia Fernandes Arantes e Henrique Matias de Oliveira, pela grande alegria e amor que me proporcionam a cada dia.

À minha afilhada Luiza Matias de Oliveira pelo carinho, aconchego e amor. Paixão da “Madinha”.

À minha amiga Diene Gonçalves Souza, pelo incentivo e palavras amigas, de consolo e paciência.

Ao Dr. Marco Antônio Pereira da Silva, pelo acolhimento, orientação, incentivo, ensinamentos, paciência e auxílio em toda a jornada.

Às minhas amigas Bruna, Gabriela e Lara Andressa, pelo carinho e amizade.

Ao amigo Samuel, pela paciência, ensinamento, toda ajuda prestada. Foi um anjo durante o período de mestrado.

Aos amigos Abner e Marcella, pela paciência, ajuda e todo apoio durante a execução do projeto.

Aos amigos e colegas Yasmine, Samuel, Juliana, Marcella, Ruthele, Guilherme, Matheus, Norton, Maria Siqueira, Kescyla, Luiz Eduardo e Jussara, que conheci durante essa caminhada, pela colaboração direta ou indireta na realização deste trabalho e por tornar minha vida mais leve e sorridente. A toda família do Laboratório de Produtos de Origem Animal do IF Goiano - Campus Rio Verde (LPOA).

Aos membros da banca, Dra. Mariana Buranelo Egea, Dra. Thaisa Campos Marques e Dra. Karen Martins Leão, por disponibilizarem tempo para contribuição nesta pesquisa.

À equipe do Laboratório de Qualidade do Leite do Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, pela realização das análises eletrônicas do leite refrigerado.

Ao Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pela receptividade e realização das análises de cor e textura.

Ao Laboratório de Análise Sensorial do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio e disponibilidade na realização da análise sensorial.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de Mestrado concedida e pelo incentivo à pesquisa no Estado de Goiás. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) e à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), pelo incentivo à realização da pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, pelo lançamento do Edital nº 21/2015 de Propostas de Projetos Cooperativos de Pesquisa Aplicada, que proporcionou a aprovação e a execução do projeto intitulado Revestimento de queijos prato com biofilmes ativos à base de soro de leite e antocianinas da casca de jaboticaba

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo incentivo à pesquisa.

A todos aqueles que me apoiaram diretamente, indiretamente, em cada dia, em cada etapa e acreditaram no meu potencial.

Minha eterna gratidão!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Nayane Matias Silva nasceu dia 10 de novembro de 1990, no município de Santa Helena de Goiás, Goiás. Filha de Valdeci Matias de Assis e Cleusa Silva de Assis. Solteira. Católica. Amante do conhecimento da vida. Estudou de 1995 a 2007, toda jornada escolar, na Escola Paroquial de 1º e 2º Graus “Santa Helena”. Formada em língua inglesa pela escola Fisk em 2007. Graduada em Nutrição pela Universidade de Rio Verde (2008 a 20011). Pós-Graduada em Saúde Pública, com ênfase na Saúde da Família (2011 a 2013), pelo Instituto Brasileiro de Extensão Educacional, IBED, Brasil. Pós-Graduada em Produtos Naturais de Plantas e Derivados (2016 a 2017) pela Faculdade UNILEYA. Mestranda em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde (2016 a 2018), foi bolsista da Capes. Trabalhou como nutricionista durante quatro anos consecutivos em unidades de alimentação e nutrição, que ofereciam refeições coletivas, após esse período, resolveu voltar à vida acadêmica se dedicando ao Mestrado. No processo de integração, teve apoio e incentivo dos pais Valdeci Matias de Assis e Cleusa Silva de Assis, que deram todo apoio necessário para a mudança de vida. A amiga Diene Gonçalves Souza que incentivou e me apresentou ao Dr. Marco Antônio Pereira da Silva, que me acolheu com carinho como orientador e, à família LPOA. Em fevereiro de 2018, defendeu o Mestrado em Zootecnia.

*O amor é paciente, o amor é bondoso.
Não inveja, não se vangloria, não se orgulha.*

Não maltrata, não procura seus interesses, não se ira facilmente, não guarda rancor.

O amor não se alegra com a injustiça, mas se alegra com a verdade. Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.

O amor nunca perece; mas as profecias desaparecerão, as línguas cessarão, o conhecimento passará.

Pois em parte conhecemos e em parte profetizamos; quando, porém, vier o que é perfeito, o que é imperfeito desaparecerá.

1 Coríntios 13:4-10

ÍNDICE

	Páginas
INTRODUÇÃO GERAL	16
REVISÃO DA LITERATURA	18
Queijos	18
Soro de Leite	19
Revestimentos Comestíveis e ativos	20
Jaboticaba x Antocianina	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
OBJETIVOS	30
OBJETIVO GERAL	30
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
ADIÇÃO DE EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA NO DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM INTELIGENTE PARA QUEIJO PRATO	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Formulações de soluções filmogênicas com adição crescente de soro de leite e pectina.	34
TABELA 2 - Formulações de biofilmes comestíveis com adição crescente de extrato da casca de jaboticaba.	38
TABELA 3 - Avaliação visual de biofilmes produzidos com diferentes concentrações de soro de leite, amido de mandioca e pectina.	44
TABELA 4 - Valores médios e erro padrão do teor de água (%), matéria seca (%), gramatura (g/m ²), espessura (mm), solubilidade (%), taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) (g de água/m ² dia) e análise de tração (tensão de ruptura (MPa), alongamento (%) e módulo de elasticidade (MPa)) de biofilmes a base de soro de leite.	47
TABELA 5 - Valores médios e erro padrão do teor de água (%), matéria seca (%) espessura (mm) e tração (tensão na ruptura (MPa), alongamento (%) e elasticidade (MPa)) de biofilmes a base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba.	50
TABELA 6 - Valores médios e erro padrão de umidade de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.	53
TABELA 7 - Valores médios e erro padrão de pH de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.	54
TABELA 8 - Valores médios e erro padrão de acidez de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.	55
TABELA 9 - Valores médios e erro padrão da luminosidade (L*) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.	55
TABELA 10 - Valores médios e erro padrão da cor Chroma de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.	56
TABELA 11 - Valores médios e erro padrão da cor Hue de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.	56
TABELA 12 - Valores médios e erro padrão de firmeza de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob	57

refrigeração por 28 dias.

TABELA 13 - Valores médios e erro padrão de coesividade de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias. 57

TABELA 14 - Valores médios e erro padrão de adesividade de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias. 58

TABELA 15 - Valores médios e erro padrão de elasticidade de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias. 59

TABELA 16 - Valores médios e erro padrão de gomosidade de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias. 59

TABELA 17 - Valores médios de acidez dos biofilmes revestidos aos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias. 60

TABELA 18 - Valores médios de L* dos biofilmes revestidos aos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias. 60

TABELA 19- Valores médios de Chroma dos biofilmes revestidos aos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias. 61

TABELA 20 -Valores médios de Hue dos biofilmes revestidos aos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias. 61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Fluxograma do processo de fabricação dos queijos Prato.	40
FIGURA 2 – 1: Solução com 60,0 g de água, 0,0 g de soro de leite, 10,0 g de amido de mandioca, 0,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. 2: Solução com 46,0 g de água, 15,0 g de soro de leite, 8,0 g de amido de mandioca, 1,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol.	45
FIGURA 3 – 3: Biofilmes com 32,0 g de água, 30,0 g de soro de leite, 6,0 g de amido de mandioca, 2,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. 4: - Biofilmes com 18,0 g de água, 45,0 g de soro de leite, 4,0 g de amido de mandioca, 3,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. 5: Biofilmes com 4,0 g de água, 60,0 g de soro de leite, 2,0 g de amido de mandioca, 4,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol.	46
FIGURA 4 - Variação da cor dos biofilmes com concentrações crescentes de antocianina (15,0g, 30,0g, 45,0g e 60,0g) em diferentes condições de pH.	51
FIGURA 5 - Variação da cor dos biofilmes com 15,0g e 30,0g de antocianina em diferentes condições de pH.	51
FIGURA 6 - Queijos revestidos com filme PVC, biofilme sem ECJ, biofilme com 15 g de ECJ e biofilme com 30 g de ECJ sob refrigeração por 29 dias.	62

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo	Sigla
A	Área do corpo de prova exposta
a*	Cromaticidade do verde a vermelho
ACS	<i>American Chemical Society</i>
b*	Cromaticidade do azul ao amarelo
BOD	<i>Biochemical oxygen demand</i>
C*	Chroma
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
EC	Extrato concentrado
ECJ	Extrato da casca de jaboticaba
F	Fator de correção
G	Gramatura
g	Gramas
g água/m ² / dia	Grama de água por metro quadrado por dia
g/cm ²	Gramas por centímetro quadrado
g/m ²	Gramas por metro quadrado
GES	Gordura no extrato seco
H*	Ângulo hue
kg	Quilogramas
kg/m ²	Quilogramas por metro quadrado
L	Leitura no butirômetro
L*	Luminosidade do preto ao branco
m	Massa da amostra em gramas
M1	Massa inicial
M2	Massa final
m ²	Metro quadrado
mg	Miligrama
mJ	Megajoule
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mm/min	Milímetro por minuto
mm/s	Milímetros por segundo
mol	Peso molecular
MPa	Megapascal
N	Newton
n°	Número
°C	Graus celsius
PA	Grau de pureza
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
PVC	Policloreto de Vinila
R	Rendimento
rpm	Rotação por minuto

S	Solubilidade
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor d'água
Trat	Tratamento
V	Volume da solução de hidróxido de sódio
VEc	Balão Volumétrico
VEc	Valor do extrato concentrado
α	Área da amostra
Δm	Massa de água absorvida pelo material higroscópico no tempo
Δt	Tempo de permeação
ρ	Massa da amostra

RESUMO

SILVA, Nayane Matias. Adição de extrato de casca de jaboticaba e soro de leite no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo prato. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, 2018. 69p.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um biofilme ativo à base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba como indicador de pH, cuja embalagem primária apresentasse características de interação com a qualidade do queijo Prato, indicando a vida útil do produto. Os revestimentos comestíveis foram testados em cinco tratamentos com diferentes concentrações contendo soro de leite, glicerol, pectina, amido de mandioca e ácido acético, aquecido a $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}/25$ minutos. Posteriormente, selecionou-se a solução filmogênica que apresentou melhor resultado (resistência, impermeabilidade ao vapor d'água, solubilidade e espessura) e foi acrescida concentrações de extrato da casca de jaboticaba. Foram desenvolvidos no Laboratório de Produtos de Origem animal queijos Prato para revestimento com diferentes embalagens. Os queijos foram revestidos com filme PVC, biofilme sem antocianina, biofilme com 15g de extrato da casca de jaboticaba e biofilme com 30g de extrato da casca de jaboticaba. Posteriormente, foram feitas análises físico-químicas, microbiológicas e visuais. As análises dos biofilmes que revestiram os queijos foram de acidez e cor (L^* , Chroma e Hue). As análises foram feitas no tempo 0 (zero dia), 14° e 28° dias de armazenamento. Foram formados biofilmes totalmente biodegradáveis e, no biofilme acrescido de extrato da casca de jaboticaba, e todos mudaram de cor. Os biofilmes não apresentaram resultado satisfatório para uso como embalagem primária de queijos Prato, porém podem ser utilizados na forma de fita indicadora de mudança de cor para uso na avaliação da qualidade de queijos e/ou produtos secos.

Palavras-chave: Derivado lácteo, *Myrciaria cauliflora*; embalagem inteligente, Coproduto.

ABSTRACT

SILVA, Nayane Matias. **Addition of the jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) bark extract and whey in the development of intelligent types of package for “Prato” cheese.** Dissertation (MSc in Animal Science), Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Rio Verde Campus, Goiás State, Brazil, 2018. 69p.

This study aimed to develop an active biofilm based on whey and jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) bark extract as pH indicator, whose primary packaging had interaction characteristics with “Prato” cheese quality, indicating the product's shelf life. The edible coatings were tested in five treatments with different concentrations of whey, glycerol, pectin, cassava starch, and acetic acid heated at $85^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ for 25 minutes. Subsequently, it was selected the filmogenic solution which showed the best result (resistance, impermeability to water vapor, solubility, and thickness), and added concentrations of jaboticaba bark extract. “Prato” cheese for coating with different types of package was developed in the Laboratory of Products of Animal Origin at the Goiano Federal Institute. The cheese was coated with Polyvinyl Chloride (PVC) film, biofilm without anthocyanin, biofilm with 15 g jaboticaba bark extract, and biofilm with 30 g jaboticaba bark extract. Subsequently, physical, chemical, microbiological, and visual analyzes were carried out. The biofilms coated cheese analyzes were on acidity and color (L^* , Chroma, and Hue). The analyzes were carried out at the 1st, 14th, and 28th days of storage. Biofilms fully biodegradable were formed, and biofilm plus jaboticaba bark extract changed color. The biofilms did not show satisfactory results to be used as primary type of package for “Prato” cheese, but they can be used as a color change indicator tape, and for evaluating cheese and/or dry products' quality.

Key-words: Dairy Derivative. *Myrciaria cauliflora*. Smart packaging. Coproduct.

INTRODUÇÃO GERAL

O soro de leite é um coproduto da indústria de laticínios que representa a porção aquosa do leite que se separa do coágulo durante a fabricação de queijos, é um líquido opaco de cor amarelo-esverdeada (GUIMARÃES et al., 2010). Pode ser obtido em laboratório ou indústrias de processamento de leite por três operações principais: coagulação enzimática das caseínas, que é a matéria-prima para produção de queijos; soro doce, que pode ser obtido também pela precipitação ácida no pH isoelétrico das caseínas (pH = 4,6), resultando na caseína isoelétrica e soro ácido; e, por último, pela separação física das micelas de caseína por microfiltração, obtendo-se concentrado de micelas e proteínas do soro (MORIN et al., 2007).

Por se tratar de coproduto resultante das fábricas de queijos, a utilização de soro de leite na elaboração de novos produtos constitui forma racional de aproveitamento integral agregando valor nutricional (ALMEIDA et al., 2001).

No entanto, visto que o soro de leite é abundante nas indústrias queijeiras e que tem propriedades nutricionais relevantes, torna-se interessante a reutilização como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos, que podem, inclusive, beneficiar diretamente a própria indústria queijeira que o produz (FORTUNATO, 2012).

O processo de industrialização do soro de leite requer instalações de médio a grande porte, por necessitar de investimentos consideráveis e, de certa forma, inviabilizar a comercialização pelos pequenos produtores, por ser necessário um volume mínimo de matéria-prima que justifique o investimento, muito embora, grande parte do soro de leite gerado no Brasil tenha origem nas operações de pequenas e médias queijarias, o que torna difícil o investimento em tecnologia necessária para seu beneficiamento (ALVES, 2014).

Biofilmes são revestimentos biodegradáveis que surgiram como alternativa ecológica a embalagens convencionais, com excelentes características tecnológicas (KROCHTA, 2002). Yoshida & Antunes (2009) revelaram que filmes proteicos de soro de leite têm grande potencial para aplicação como embalagem, evidenciando as características de permeabilidade ao vapor d'água e gases e propriedades mecânicas.

Filmes e coberturas proteicas podem atuar como barreira semipermeável à umidade, gases e compostos aromáticos, controlando a transferência de massa (umidade, oxigênio, dióxido de carbono e lipídios) em sistemas alimentícios, mantendo

a integridade estrutural e características de manuseio, retendo compostos aromáticos voláteis e servindo de veículos para aditivos (HERSHKO & NUSSINOVITCH, 1998).

Os biofilmes primeiramente são elaborados com solução filmogênica à base de água e amido como agente plasticizante. Substituir a água por soro de leite é uma alternativa relevante para a produção de biofilmes comestíveis, pois o soro de leite, além de conter grande quantidade de água, também é rico em lactose, que, durante o armazenamento do queijo, se desdobrará em glicose e galactose, que, pelas variações de pH, provocarão alterações visuais da cor (PETERSSON & STADING, 2005).

As funcionalidades da tecnologia de aplicação de revestimentos comestíveis em queijos agem na redução de permeabilidade ao oxigênio, retardando a decomposição oxidativa de substratos (FARBER et al., 2003), controlando a evaporação da água, garantindo menor perda de peso do queijo, além de proteger o produto durante maturação e transporte, minimizando danos mecânicos. A aplicação de revestimentos em queijos reduz a incidência de luz ao produto, permitindo prolongar sua vida útil (ROBERTSON, 2006).

As embalagens ativas e inteligentes representam grande avanço tecnológico para o setor de alimentos, e a característica dessas embalagens é justamente indicar a mudança de pH ao consumidor, através de pigmentos presentes no material de embalagem, que são sensíveis a estas mudanças de pH, traduzindo-as em mudança de cor (KRUIJF et al., 2002). Este é um sinal claro para o consumidor de que o produto, muitas vezes ainda no prazo de validade, já apresenta início de deterioração (REBELLO, 2009).

CAPÍTULO 1

REVISÃO DA LITERATURA

Queijos

Cerca de 11 bilhões de litros de leite/ano são transformados em queijos no País. A produção de queijos, que acontece em todas as regiões, é o destino de cerca de 46% do leite informal (ZOCCAL, 2017).

Existem vários tipos de queijos frescos no Brasil produzidos de forma artesanal e industrial. São muito populares e, pelo bom rendimento, são comercializados a preço acessível a uma grande faixa da população, por apresentar elevada rentabilidade na fabricação (DIAS et al., 2016).

Há queijos mais tipicamente brasileiros e há outros inspirados nos conhecimentos queijeiros trazidos ao país por franceses, dinamarqueses, italianos e, mais recentemente, queijos introduzidos por hábitos alimentares ingleses e americanos. As versões originais foram adaptadas às condições e à oferta de leite nas diferentes bacias leiteiras e foram se adequando à preferências do consumidor brasileiro (QUEIJOS BRASIL, 2015).

Segundo Chalita et al. (2009), o primeiro evento de importância para o desenvolvimento da indústria queijeira no Brasil ocorreu em 1880, quando o português Carlos Pereira de Sá Fortes trouxe dois mestres queijeiros da Holanda, que introduziram na Zona da Mata, hoje Santos Dumont, uma adaptação do queijo Edam.

Segundo Guerreiro et al. (2004), o Prato é um queijo obtido pela coagulação do leite por ação do coalho de origem bovina, seguido de prensagem para eliminação do soro. A maturação é relativamente curta, em torno de 45 a 60 dias, ao final, apresenta forma de paralelepípedo com crosta lisa e bem formada.

O queijo tipo Prato é um queijo de massa semicozida e lavada, sabor suave e consistência macia, é consumido principalmente na forma de sanduíches ou como ingrediente culinário (DE RENNIS et al., 2009).

Segundo Narimatsu et al. (2003), o queijo Prato é de origem dinamarquesa, semelhante ao Gouda e Dango, porém, cada um com textura e sabor próprios. O queijo

Prato foi introduzido na região Sul de Minas Gerais na década de 20 por imigrantes dinamarqueses. A tecnologia foi adaptada às condições locais, o que explica as diferenças de sabor e textura observadas no Prato em relação aos queijos do local de origem (SILVA, 2006).

Segundo a Legislação, o queijo prato é um queijo gordo, com 45% a 59,9% de gordura (BRASIL, 1997). As etapas do processo de fabricação desse tipo de queijo consistem na obtenção de massa semicozida, com remoção parcial do soro, lavagem por adição de água quente, pré-prensagem, moldagem sob soro, prensagem, salga e maturação por, pelo menos, 25 dias, tempo necessário para conseguir características específicas como sabor, aroma e textura desejáveis desse queijo (SPADOTI et al., 2003).

Durante a maturação, ocorrem vários processos microbiológicos, químicos e bioquímicos, e os principais constituintes do queijo - proteínas, lipídeos e lactose residual - são degradados (FOX & McSWEENEY, 1997). É um processo complexo e delicado, influenciado por um grande número de fatores como pH, conteúdo de umidade, teor de sal e flora microbiana. Como resultado dessas mudanças, há formação de numerosos compostos, como peptídeos, cetonas, aminoácidos livres e ácidos graxos livres, que irão conferir sabor, aroma e textura característicos (KLOOSTERMAN, 1991).

O queijo prato vem passando por inúmeras modificações na tecnologia de fabricação e no modo como é consumido. Por ser um dos queijos mais fabricados no Brasil, o uso de equipamentos modernos e diferentes métodos de fabricação e maturação fez com que se distanciasse das características típicas de textura e sabor dos queijos elaborados pelos pioneiros dinamarqueses (FURTADO et al., 2000).

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1997), o queijo Prato deve ter as seguintes características sensoriais: consistência semidura, elástica; textura compacta, lisa, fechada, com algumas olhaduras pequenas arredondadas e/ ou algumas olhaduras mecânicas; cor amarelo ou amarelo-palha; sabor característico; odor característico; e não ter crosta, ou crosta fina, lisa e sem trincas.

Soro de Leite

A indústria de laticínios é dividida em vários setores, associados com a produção de águas residuais contaminadas. Estes efluentes têm características diferentes, de

acordo com o produto obtido (iogurte, queijo, manteiga, leite e sorvetes) (PAITTNAIK et al., 2007).

No Brasil, a quantidade de resíduo depositada no meio ambiente é muito expressiva, em contorno a esse problema surgem alternativas de reciclagem dos resíduos, prática viável tanto ecológica como econômica (LOPEZ, 2010).

O soro de leite é o principal resíduo resultante das fábricas de queijos e sua utilização na elaboração de novos produtos é uma forma racional de aproveitamento deste coproduto, cujo valor nutritivo é excelente (ALMEIDA et al., 2001).

Revestimentos Comestíveis e Ativos

A procura do consumidor por melhor qualidade e segurança nos produtos alimentares levou ao desenvolvimento e à implementação de revestimentos e filmes comestíveis. A incorporação de bacteriocinas produzidas por bactérias do ácido lático constitui uma ferramenta promissora para aumentar o tempo de prateleira e garantir o controle de microrganismos patogênicos (SILVA, 2016).

Segundo Teixeira (2007), os plásticos biodegradáveis e compostáveis têm sido foco de interesse para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam à preservação ambiental e à busca por potenciais alternativas de substituição de plásticos convencionais. Ao estudar a utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos, foi possível observar que o amido, após conversão em material termoplástico, tem sido considerado um polímero com alto potencial para filmes. O perfil atrativo envolve baixo custo, alta disponibilidade, renovabilidade e biodegradabilidade.

A característica dos plásticos sintéticos de não serem biodegradáveis traz problemas ambientais, pois, além de colaborar com o acúmulo de detritos, quando incinerados, emitem substâncias tóxicas ao organismo (ROCHA, 2000).

De acordo com Rooney (1995), a embalagem ativa é caracterizada como embalagem que não apenas separa o alimento do meio ambiente, mas que interage com o alimento para manter as propriedades.

As coberturas comestíveis são aplicadas ou formadas diretamente sobre a superfície, configurando membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu, com diversas características estruturais, que são dependentes da formulação da solução filmogênica precursora. Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os

materiais empregados em sua formação devem ser considerados atóxicos e seguros para uso em alimentos (FDA, 2013).

O emprego de revestimentos comestíveis protetores, mesmo sendo um processo em desenvolvimento, tem apresentado, nas últimas décadas, resultados bastante significativos, como uma prática auxiliar na conservação de produtos perecíveis e daqueles minimamente processados. As características de uma cobertura, para que responda de forma satisfatória como barreira, dependem não somente do material em si, mas do produto a ser revestido, cuja fisiologia tem papel relevante nas condições de conservação (ASSIS & BRITTO, 2014).

Os filmes comestíveis à bases de proteína de soro de leite apresentam boas barreiras de oxigênio e aroma, mas, geralmente, apresentam propriedades mecânicas precárias (HONG & KROCHTA, 2006). De acordo com Sharma & Singh (2016), a concentração de proteína, o pH, a temperatura e a concentração de glicerol afetam a resistência à tração, solubilidade e permeabilidade ao vapor d'água dos filmes comestíveis à base de proteínas de gergelim.

O sucesso e a funcionalidade dos filmes comestíveis dependem principalmente da cor, solubilidade, permeabilidade e propriedades mecânicas, que mostram diferenças com a composição (PÉREZ et al., 2016). Filmes elaborados apenas com amido são quebradiços e pouco resistentes. O problema da rigidez é resolvido pela incorporação de plastificantes como o glicerol, que melhora a eficiência e as propriedades mecânicas, resultando em materiais com maior porcentagem de alongação (MALI et al., 2006).

A cobertura tem o papel de atuar como barreira à perda de umidade, controlar a respiração do produto e evitar contaminações microbiológicas e químicas, embora uma das características exigidas pelo consumidor seja a apresentação visual. Os revestimentos comestíveis sobre alimentos devem apresentar certas peculiaridades como serem invisíveis, terem aderência suficiente para não serem facilmente removidos no manuseio e não introduzirem alterações no sabor (JORGE, 2010).

Segundo Anker et al. (2002), as proteínas e carboidratos possibilitam a obtenção de filmes com boas propriedades mecânicas, porém não fornecem adequada barreira ao vapor de água, em decorrência do seu caráter hidrofílico. As combinações destes biopolímeros, adicionados de agentes plastificantes e lipídios, têm sido muito empregadas na área de desenvolvimento de biomateriais (FARRO, 2008).

A produção de materiais biodegradáveis oferece solução interessante para os materiais plásticos, tendo em vista que esses materiais, após passarem por processo de

compostagem, resultam em compostos mineralizados, sendo redistribuídos no meio ambiente, por meio de ciclos elementares, como o do carbono, nitrogênio e do enxofre (MALI et al., 2005).

O uso de recursos renováveis, que pode reduzir os problemas de eliminação de resíduos, tem sido explorado para produzir filmes e biopolímeros como resvestimentos. A renovabilidade, a degradabilidade e a comestibilidade tornam esses filmes particularmente adequados para aplicações em embalagens alimentares e não alimentares (TAVASSOLI-KAFRANI et al., 2016).

Embalagem ativa é um conceito inovador que combina avanços em tecnologia e segurança dos alimentos, embalagens e materiais, num esforço para melhor atender às demandas de consumidores por alimentos mais frescos e seguros (WURLITZER, 2007).

A embalagem é usada para proteger o alimento contra os efeitos de deterioração do ambiente externo, comunicar-se com o consumidor como ferramenta de marketing, fornecer maior facilidade de uso, economia de tempo e conter produtos de vários tamanhos e formas (YAM et al., 2002).

As embalagens ativas têm várias funções adicionais em relação às embalagens passivas, que são limitadas a proteger os alimentos de condições externas. As embalagens ativas alteram as condições do produto, aumentam a vida útil, a segurança e qualidade e melhoram as características sensoriais (VERMEIREN et al., 2002).

Esta tecnologia supera as limitações das abordagens tradicionais, em que compostos ativos são adicionados diretamente à formulação de alimentos, resultando em perda de atividade rápida e sobrecarga de compostos ativos por falta de segmentação superficial (MIN & KROCHTA, 2005).

A embalagem ativa foi desenvolvida para atender às novas demandas dos consumidores e aos diversos objetivos existentes na indústria de alimentos. Existem vários tipos de embalagens ativas, incluindo absorventes de gás, umidade e ultravioleta, bem como sabor, antioxidantes e liberadores antimicrobianos (SOARES et al., 2009).

O desempenho da embalagem é importante como última etapa do processo de preservação, visto ter papel preponderante para a durabilidade do alimento (DEBEAUFORT et al., 1998).

A embalagem inteligente é definida como um sistema de embalagem de alimentos que pode monitorar e informar as condições alimentares aos consumidores em tempo real (PEREIRA et al., 2015).

O desenvolvimento de embalagens ativas que merecem destaque são filmes,

revestimentos, sachês antimicrobianos e antioxidantes e filmes aromáticos. Além das embalagens ativas, existem as embalagens inteligentes, que também são tecnologias inovadoras que monitoram a qualidade e a segurança dos alimentos. Essas embalagens inteligentes são divididas em dois grupos principais: as carregadoras de dados, onde estão inseridos o código de barras e etiquetas por identificação de frequência de rádio, e as indicadoras, que incluem os sensores de tempo-temperatura, gases, toxinas e microrganismos (SCANNEL et al., 2000).

A embalagem inteligente está emergindo como novo ramo da ciência e tecnologia de embalagens que oferece oportunidades interessantes para melhor segurança alimentar, qualidade e conveniência. O avanço desta tecnologia exige que os pesquisadores continuem buscando e usando abordagens de embalagens não tradicionais para enfrentar novos desafios. Pela primeira vez, ciência da embalagem, ciência alimentar, biotecnologia, ciência dos sensores, tecnologia da informação, nanotecnologia e outras disciplinas estão se juntando para desenvolver uma inovadora tecnologia de embalagem (YAM et al., 2002).

As inovações em tecnologias de embalagem de alimentos incluem o desenvolvimento de novos materiais ativos e inteligentes, bem como o uso de biopolímeros como matérias-primas. Essas tecnologias de embalagens tentam garantir e ampliar a segurança e qualidade dos produtos durante a vida útil sem afetar o meio ambiente, em resposta às demandas de novos consumidores (RESTUCCIA et al., 2010).

A mudança de pH é um fator importante para informar a deterioração em muitos produtos alimentares. Embalagens inteligentes podem monitorar as condições do alimento em tempo real, devem ser simples, sensíveis e eficientes para indicar com segurança a qualidade dos alimentos ao consumidor. Em vários produtos alimentares, as alterações no pH são indicativas de deterioração de alimentos e podem mostrar visualmente ao consumidor mudanças na qualidade (SILVA-PEREIRA et al., 2015).

Jaboticaba x Antocianina

A jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) é nativa do Brasil e altamente perecível, comumente apontada como árvore brasileira. O fruto é uma baga esférica preta com casca fina, frágil com aspecto coriáceo e com bagaço branco, ligeiramente ácido e doce, com sabor adstringente. O valor nutricional e a composição de jaboticabas são

caracterizados pelo elevado teor de carboidratos (glicose e frutose), fibra dietética, minerais (ferro, cálcio e fósforo), vitaminas, compostos bioativos (ácido ascórbico, carotenoides, glicosídeos, compostos fenólicos e antocianinas) (MORALES et al., 2016).

A jaboticaba é conhecida como uma das mais ricas fontes de antocianinas. A fruta cresce diretamente no tronco principal e ramos, tem diâmetro de 3 cm a 4 cm, 1 a 4 sementes grandes, e casca roxa espessa que cobre uma polpa branca, doce e gelatinosa (LEITE-LEGATTI et al., 2012).

As antocianinas contidas nas jaboticabas são, de fato, encontradas em maior quantidade na casca do fruto, que não é diretamente consumido, mas utilizado para produzir compotas e extratos designados para a indústria de creme, bebidas e gelados comestíveis. A extração de antocianinas e outros compostos bioativos, como fenólicos, de cascas de jaboticaba, é de interesse industrial (RODRIGUES et al., 2015).

O interesse em antocianinas na dieta aumentou após a relação entre o consumo e o menor risco de doenças crônicas. Antocianinas podem reduzir o risco de doença cardíaca coronária, têm efeitos anti-inflamatórios, atividade anticarcinogênica, efeitos antioxidantes, contribuindo para prevenção da obesidade, melhorar a visão, tendo ainda atividade antimicrobiana (PEIXOTO et al., 2016).

Estudos mostraram que a adição de 1% a 2% de casca de jaboticaba liofilizada para dietas normais melhorou o estado antioxidante de ratos saudáveis, podendo este efeito ser atribuído à quantidade de antocianinas identificadas neste subproduto (LEITE-LEGATTI et al., 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, K. E.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 187-192, 2001.

ALVES, M. P. Whey: technologies for coproducts production. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.

ANKER, M.; BERNTSEN, J.; HERMANSSON, A.; STADING, M. Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. **Innovate Food Science & Emerging Technologies**, v.3, p. 254-260, 2002.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 2, p. 87-97. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 358, de 04 de setembro de 1997. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do queijo Prato**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Seção 1, p.19690, 8 set. 1997.

CHALITA, M. A. N; SILVA, R. O. P; PETTI, R. H. V; SILVA, C. R. L. Algumas considerações sobre a fragilidade das concepções de qualidade no mercado de queijos no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 6, p. 77-88, 2009.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA - /gallo, T. A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrows packagings: a review. **Critical Reviews in Food Science**, v. 38, n. 4, p 299- 313, 1998.

DE RENSIS, C. M. V. B; PETENATE, A. J; VIOTTO, W, H. Caracterização físico-química, reológica e sensorial de queijos tipo Prato com teor reduzido de gordura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 488-494, 2009.

DIAS, B. F; FERREIRA, S. M; CARVALHO, V. S; SOARES, D. S. B. Qualidade microbiológica e físico-química de queijo minas frescal artesanal e industrial. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 57-64, 2016.

FARBER, J.; HARRIS, L.; PARISH, M.; BEUCHAT, L.; SUSLOW, T.; GORNEY, J.; GARRET, E., BUSTA, F. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, p. 142-160, 2003.

FARRO, P. C. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) variedade “Real”**. 2008. 320f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Generally recognized as safe (GRAS)**. **Silver Spring**. 2013. Disponível em: <https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/>. Acesso em: 13 janeiro 2018.

FORTUNATO, M. R. C. Utilização do simulador Superpro Designer® para avaliação do aproveitamento de soro de queijo para a produção de etanol. 2012. 226f. Dissertação (Mestrado em Ciências). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, p 215, 2012.

FOX, P. F; McSWEENEY, P. L. H. Rennets: their role in milk coagulation and cheese ripening. In **LAW, B. A. (Ed.). Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk. Blackie academic & professional. 2^a ed. Pg 365, 1997.**

FURTADO, M.M.; AMORIM, A.C.B. Os pioneiros laticinistas dinamarqueses e a história do queijo prato. **Indústria de Laticínios**, n. 4, p. 18-22, 2000.

GUERREIRO, P. K; MACHADO, M. R. F.; BRAGA, G. C; GASPARINO, E; GUTIERREZ, E. M. R; DOMARCO, R. E; SPOTO, M. H. F; BLUMER, L; MATRAIA, C. Efeito da radiação gama nas características físico-químicas e microbiológicas do queijo prato durante a maturação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 596-601, 2004.

GUIMARÃES, P. M. R., TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 3, p. 375- 384, 2010.

HERSHKO, V.; NUSSINOVITCH, A. Physical properties of alginate-coated onion (*Allium cepa*) skin. **Food Hydrocolloids**, v. 12, n. 2, p. 195-202, 1998.

HONG, S.-I.; KROCHTA, J. M. Oxygen barrier performance of whey protein coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. **Journal of Food Engineering**, v 77, p. 739-745, 2006.

JORGE, P. C. S. **Avaliação de maçã ‘Royal Gala’ revestida com filme de quitosana durante o período de pós-colheita** 2010. 158 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2010.

KLOOSTERMAN, J. The role of biotechnology in the manufacturing of wholesome natural ripened cheese. **Food Biotechnology**, v.5, n.3, p. 207-215, 1991.

KROCHTA, J.M. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. In: GENNADIOS, A. (Ed.). **Protein-based films and coatings**, p.1-32, 2002.

KRUIJF, N.; VAN BEEST, M.; RIJK, R.; SIPILÄINEN-MALM, T.; LOSADA, P. P.; DE MEULENAER, B. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. **Food Additives and Contaminants**. Supplement, v.19, p.144- 162, 2002.

LEITE-LEGATTI, A.V.; BATISTA, A. G.; DRAGANO, N. R. V.; MARQUES, A. C.; MALTA, L. G.; RICCIO, M. F.; EBERLIN, M. N.; MACHADO, A. R. T.; CARVALHO-SILVA, L. B.; RUIZ, A. L. T.; CARVALHO, J. E.; PASTORE, G. M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. **Food Research International**. v. 49, p.

596–603, 2012.

LOPEZ, G. S. M. **Produção de plásticos biodegradáveis utilizando hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar**. 2010. 24f. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Instituto Butantan, USP, São Paulo, 2010.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITSKY, N. E. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. **Journal of Engineering**, v.75, p. 453-460, 2006.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; GARCÍA, M.A.; MARTINO, M.N.; ZARITZKI, N.E. Mechanical and thermal properties of yam starch films. **Food Hydrocolloids**, v.19, n. 1, p. 157-164, 2005.

MIN, S; KROCHTA, J.M. Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating Lactoferrin, Lacto-ferrin Hydrolysate, and Lactoperoxidase systems. **Journal of Food Science**, v. 70, n 2, p 87-94, 2005.

MORALES, P; BARROS, L; DIAS, M. I; SANTOS-BUELGA, C.; FERREIRA, I. C. F. R; ASQUIERI, E. R; BERRIOS, J. D. J. Non-fermented and fermented jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. **Food Chemistry**. v. 208, n.1, p. 220–227, 2016.

MORIN, P.; BRITTEN, M.; JIMÉNEZ-FLORES, R.; POULIOT, Y. Microfiltration of Buttermilk and Washed Cream Buttermilk for Concentration of Milk Fat Globule Membrane Components. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2132-2140, 2007.

NARIMATSU, A.; DORNELLAS, J. R. F.; SPADOTI, L. M.; PIZAIA, P. D.; ROIG, S. M. Avaliação da proteólise e do derretimento do queijo Prato obtido por ultrafiltração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 177- 182, 2003.

PATTNAIK, R., YOST, R.S., PORTER, G., MASUNAGA, T., ATTANANDANA, T. Improving multi-soil-layer (MSL) system remediation of dairy effluent. **Ecological Engineering**, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2007.

PEIXOTO, F. M; FERNANDES, I; GOUVÊIA, A. C. M. S; SANTIAGO, M. C. P. A; BORGUINI, R.G; MATEUS, N; FREITAS, V; GODOY, R. L. O; FERREIRA, I.M.P.L.V.O. Simulation of in vitro digestion coupled to gastric and intestinal transport models to estimate absorption of anthocyanins from peel powder of jaboticaba, jamelão and jambo fruits. **Journal of Functional Foods**. v. 24, p. 373–381, 2016.

PEREIRA, V. A; ARRUDA, N. Q; STEFANI, R. Active chitosan/PVA films with anthocyanins from *Brassica oleraceae* (Red Cabbage) as Time Temperature Indicators for application in intelligent food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 43, p. 180 - 188. 2015.

PÉREZ, L. M., PICCIRILLI, G. N., DELORENZI, N. J.; VERDINI, R. A. Effect of different combinations of glycerol and/or trehalose on physical and structural properties of whey protein concentrate-based edible films. **Food Hydrocolloids**, v. 56, p. 352–

359, 2016.

PETERSSON, M.; STADING, M. Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-monoglyceride films and effect of film forming conditions. **Food Hydrocolloids**. Oxford, v.19, n. 2, p. 123-132, 2005.

QUEIJOS BRASIL. Ingredientes na fabricação de queijos. 2015. Disponível em: < http://www.abiq.com.br/nutricao_queijosbrasil_ant.asp ≥ Acesso em: 08 de setembro de 2017.

REBELLO, F. F. P. Novas tecnologias aplicadas às embalagens de alimentos. Revisão. **Revista Agroambiental**, p. 156 – 164, 2009.

RESTUCCIA, D; SPIZZIRRI, U. G; PARISI, O.I; CIRILLO, G; CURCIO, M. LEMMA, F; PUOCI, F; VINCI, G; PICCI, N. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. **Food Control**, v 21, p 1425–1435, 2010.

ROBERTSON, G. L. Pack aging of Dairy Products.: Principles and Practice; Robertson, G.L., Ed. **In Food Packaging**. CRC/Taylor & Francis: Boca Raton, FL. p. 400-415, 2006.

ROCHA, A. J. Papel vs. Plástico. A batalha da proteção do ambiente. **Revista Ciências**, n. 14, 2000.

RODRIGUES, S; FERNANDES, F. A. N; BRITO, E. S; SOUSA, A. D; NARAIN, N. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 400–407, 2015.

ROONEY, M. L. Active packaging in polymer films. In: Active Food Packaging (Rooney, M.L. ed) London, **Blakie Academic and Professional**, p. 74-110. 1995.

SCANNELL, A. G. M; HILL, C.; ROSS, R. P.; MARX, S.; HARTMEIER, W.; ARENDT, E. K. Development of bioactive food packaging materials using immobilized bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin. **International Journal of Food Microbiology**, v. 60, n. 2-3, p. 241- 249, 2000.

SHARMA, L.; SINGH, C. Sesame protein based edible films: Development and characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 139-147, 2016.

SILVA-PEREIRA, M. C; TEIXEIRA, J. A; PEREIRA-JUNIOR, V. A; STEFAN, R. Chitosan/corn starch blend films with extract from *Brassica oleraceae* (red cabbage) as a visual indicator of fish deterioration. **LWT - Food Science and Technology**. v 61, p 258-262, 2015.

SILVA, C. R. B.; NABUCO, A. C.; MORETTI, B. R.; PENNA, A.L.B. Efeito da adição de *Streptococcus thermophilus* como cultura adjunta na maturação e caracterização físico-química e sensorial de queijo Prato. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 65, n. 3, 2006.

SILVA, C. R. B. **Efeito do uso de *Lactobacillus casei* como cultura adjunta na qualidade tecnológica de queijo Prato com reduzido teor de gordura.** 2006. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos: área de Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual Paulista. São José do Rio Preto/SP, 2006.

SILVA, S. P. M. **Formulação de um biofilme para controlo da listéria em queijos.** 2016. 74 f. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar). Angra do Heroísmo: Universidade dos Açores, 2016.

SOARES, N. F. F.; PIRES, A. C.; CAMILLOTO, G. P.; SANTIAGO-SILVA, P.; ESPITIA, P. J. P.; SILVA, W. A. Recent patents on active packaging for food application. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v.1, p.171–178, 2009.

SPADOTI, L. M.; DORNELLAS, J. R. F.; PETENATE, A. J.; ROIG, S. M. Avaliação do rendimento do queijo tipo prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 492-499, 2003.

TAVASSOLI-KAFRANI, E.; SHEKARCHIZADEH, H.; BEHABADI, M. M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. **Carbohydrate Polymers**, v. 137, p. 360–374, 2016.

TEIXEIRA, E. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos.** 2007. 201f. Tese (Doutorado em Ciência Físico Química). Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos: 2007.

VERMEIREN, R.; SCHWAB-STONE, M.; RUCHKIN, V.; DE CLIPPELE, A.; DEBOUTTE, D. Predicting recidivism in delinquent adolescents from psychological and psychiatric assessment. **Comprehensive Psychiatry**, v. 43, n. 2, p. 142-149, 2002.

YAM, K. L.; TAKHISTOV, P.T.; MILTZ, J. Intelligent packaging: concepts and applications. **Journal of Food Science**, v.70, n.1, p.1-10, 2002.

YOSHIDA, C. M. P.; ANTUNES, A. J. Aplicação de filmes proteicos à base de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p. 420-430, 2009.

WURLITZER, N. J. **Desenvolvimento e avaliação de propriedades físicas e antimicrobianas de filmes de poli (cloreto de vinilideno) incorporados com Triclosan**, 2007. 104f. Dissertação (Doctor Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2007.

ZOCAL, R. Queijos: produção e importação. Disponível em: <<http://www.baldebranco.com.br/queijos-producao-e-importacao/>> Acesso em: 25 de janeiro de 2018.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver biofilme ativo à base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba como indicador de pH, cuja embalagem primária apresente características de interação com a qualidade do queijo Prato, indicando a vida útil do produto.

Objetivos Específicos

Desenvolver soluções filmogênicas com amido de mandioca e diferentes concentrações de soro de leite para obtenção de revestimentos comestíveis;

Avaliar as propriedades físicas e químicas dos revestimentos à base de soro de leite e amido de mandioca;

Isolar a antocianina presente na casca da jaboticaba;

Definir a melhor concentração de antocianinas da casca de jaboticaba como agente indicador de variação da cor e adicioná-las à solução filmogênica;

Avaliar a degradabilidade dos biofilmes pelo teste de compostagem;

Revestir os queijos Prato com biofilme comestível sem antocianina;

Revestir queijos Prato com biofilmes contendo antocianinas

Analisar as propriedades físico-químicas e microbiológicas dos queijos Prato revestidos com biofilmes ativos; e

Avaliar a alteração da cor dos biofilmes de acordo com o pH dos queijos como forma de controle da vida útil.

CAPÍTULO 2

ADIÇÃO DE EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA NO DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM INTELIGENTE PARA QUEIJO PRATO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um biofilme ativo à base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba como indicador de pH, cuja embalagem primária apresente características de interação com a qualidade do queijo Prato, indicando a vida útil do produto. Os revestimentos comestíveis foram testados em cinco tratamentos com diferentes concentrações contendo soro de leite, glicerol, pectina, amido de mandioca e ácido acético, aquecido a $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}/25$ minutos. Posteriormente, selecionou-se a solução filmogênica que apresentou melhor resultado (resistência, impermeabilidade ao vapor d'água, solubilidade e espessura), que foi acrescida de concentrações de extrato da casca de jaboticaba. Foram desenvolvidos no Laboratório de Produtos de Origem animal queijos Prato para revestimento com diferentes embalagens. Os queijos foram revestidos com filme PVC, biofilme sem antocianina, biofilme com 15g de extrato da casca de jaboticaba e biofilme com 30g de extrato da casca de jaboticaba. Posteriormente, foram feitas análises físico-químicas, microbiológicas e visuais. As análises dos biofilmes que revestiram os queijos foram de acidez e cor (L^* , Chroma e Hue). As análises foram feitas no tempo zero (0 dia), 14° e 28° dias de armazenamento. Foram formados biofilmes totalmente biodegradáveis e, no biofilme acrescido de extrato da casca de jaboticaba, todos mudaram de cor. Os biofilmes não apresentaram resultado satisfatório para uso como embalagem primária de queijos Prato, podendo ser utilizados na forma de fita indicadora de mudança de cor para uso na avaliação da qualidade de queijos e/ou produtos secos.

Palavras-chave: pH, revestimentos comestíveis, resíduos lácteos, *Myrciaria cauliflora*.

ABSTRACT

This study aimed to develop an active biofilm based on whey and jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) bark extract as pH indicator, whose primary packaging showed interaction characteristics with “Prato” cheese quality, indicating the product's shelf life. The edible coatings were tested in five treatments with different concentrations of whey, glycerol, pectin, cassava starch, and acetic acid, heated at $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ for 25 minutes. Subsequently, it was selected the filmogenic solution which showed the best result (resistance, impermeability to water vapor, solubility, and thickness), and added concentrations of jaboticaba bark extract. “Prato” cheese for coating with different types of package was developed in the Laboratory of Products of Animal Origin at the Goiano Federal Institute. The cheese was coated with Polyvinyl Chloride (PVC) film, biofilm

without anthocyanin, biofilm with 15 g jaboticaba bark extract, and biofilm with 30 g jaboticaba bark extract. Subsequently, physical, chemical, microbiological, and visual analyzes were carried out. The biofilms coated cheese analyzes were on acidity and color (L^* , Chroma, and Hue). The analyzes were carried out at the 1st, 14th, and 28th days of storage. Biofilms fully biodegradable were formed, and biofilm plus jaboticaba bark extract changed color. The biofilms did not show satisfactory results to be used as primary type of package for “Prato” cheese, but they can be used as a color change indicator tape, and for evaluating cheese and/or dry products’ quality.

Keywords: pH. Edible coatings. Dairy waste. *Myrciaria cauliflora*.

INTRODUÇÃO

Os plásticos têm sido cada vez mais utilizados como materiais de embalagem em todo o mundo. No entanto, pela difícil biodegradabilidade dos materiais utilizados na fabricação das embalagens, surge o interesse por produtos de fácil decomposição (HAN & GENNADIOS, 2005).

Proteínas do soro de leite apresentam importantes propriedades funcionais e tecnológicas, como alta capacidade de geleificação. São importantes polímeros empregados na elaboração de filmes biodegradáveis, apresentam grande potencial para aplicação como embalagem, evidenciando as propriedades mecânicas e ópticas (FERREIRA, 2008; FERNANDES et al., 2015).

Muitos sistemas de embalagens inteligentes são capazes de fornecer aos consumidores informações de qualidade em tempo real para produtos alimentares embalados (RUKCHON et al., 2014).

Segundo Teixeira et al. (2008), as antocianinas são os mais conhecidos pigmentos naturais. São compostos funcionais capazes de agregar valor à qualidade de alimentos industrializados que podem conter esses pigmentos naturalmente ou adicionados na forma de corantes naturais.

Corantes naturais contendo antocianina têm grande potencial de desenvolvimento como indicadores de pH (KUSWANDI et al., 2012). Geralmente, os indicadores de pH visuais têm cor sensível ao pH e uma matriz sólida para imobilizar o corante de pH (ZHANG et al., 2014).

O filme com antocianina como indicador de pH não é tóxico e produz respostas confiáveis às variações de pH. As mudanças de cor do filme indicador de pH apresentam um método simples e visual para detectar alterações de qualidade de

produtos alimentares, uma vez que os valores de pH dos alimentos mudam em processos de deterioração (CHOI et al., 2017).

As embalagens ativas e inteligentes representam grande avanço tecnológico para o setor de alimentos, e a característica dessas embalagens é justamente indicar esta mudança de pH ao consumidor por meio de pigmentos presentes no material de embalagem, que são sensíveis a estas mudanças de pH, traduzindo-as em mudanças de cor. Entretanto, há poucos trabalhos que utilizam filmes indicadores de pH em produtos com alto teor de gordura, como os queijos.

Neste contexto, o objetivo foi desenvolver um biofilme ativo à base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba como indicador de pH, cuja embalagem primária apresentasse características de interação com a qualidade do queijo Prato, indicando a vida útil do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pelo Edital de Propostas de Projetos Cooperativos de Pesquisa Aplicada, edital nº 21/2015. A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, três repetições e triplicata de análises para os biofilmes.

Para elaboração dos biofilmes, foram utilizados: ácido acético PA 99,8% (0,1 Mol); pectina cítrica da Dinâmica Química Contemporânea Ltda[®]; glicerol PA - American Chemical Society (ACS) Dinâmica Química Contemporânea Ltda[®]; amido de mandioca Amafil[®]; soro de leite com 0,63% de gordura; 1,03% de proteína; 4,60% de lactose; 7,09 % de extrato seco total (EST); 6,46 % de extrato seco desengordurado (ESD); 0,46% de caseína; e água destilada.

Foi feito um teste piloto para verificar os componentes a serem utilizados. Os biofilmes foram elaborados no Laboratório de Produtos de Origem Animal do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

Desenvolvimento de Biofilme a Base de Soro de Leite, Amido de Mandioca e Pectina (Experimento 1)

Para a produção do biofilme ativo, foram utilizados soro de leite e pectina, em

concentrações crescentes, conforme formulações da Tabela 1. O soro de leite foi obtido do processamento de queijos frescal. A solução filmogênica foi desenvolvida no Laboratório de Produtos de Origem Animal do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

A solução filmogênica foi feita com a substituição da água por soro de leite em diferentes concentrações, verificando o efeito do soro de leite como agente solvente na elaboração do biofilme comestível. Foram adicionados amido de mandioca, por se tratar de biopolímero de fácil acesso e baixo custo, na proporção decrescente de amido de mandioca, quantidade crescente de pectina, 20,00% de ácido acético e 10,00% de glicerol.

TABELA 1 - Formulações de soluções filmogênicas com adição crescente de soro de leite e pectina.

Componentes (peso g)	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
Água	60,0	46,0	32,0	18,0	4,0
Soro de leite	0,0	15,0	30,0	45,0	60,0
Amido de mandioca	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
Pectina	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0
Ácido acético	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Glicerol	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

A solução filmogênica foi aquecida a $90^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 28 minutos para desnaturação completa das proteínas e formação de géis coesos. Foram distribuídos 50 mL da solução filmogênica em placas de Petri de 14 cm de diâmetro, para formação dos biofilmes.

Análise visual subjetiva dos biofilmes à base de soro de leite, amido de mandioca e pectina

Foi desenvolvida metodologia para análise visual dos biofilmes, utilizada como pré-análise para verificar quais formulações apresentaram melhor formação de biofilme em placa.

Após secagem em estufa a $42^{\circ}\text{C}/24$ horas, as placas com os biofilmes já formados foram analisadas visualmente, verificando na retirada da placa, formação de bolhas, rupturas, partículas insolúveis, manuseio e transparência.

A retirada da placa é classificada conforme a dificuldade dos biofilmes de se desprenderem do suporte sem serem rasgados, por estarem firmemente aderidos a ela.

A incidência de bolhas representa a homogeneidade da solução filmogênica utilizada na formulação dos biofilmes. Quanto maior a quantidade de bolhas, menor a homogeneidade da solução.

Quanto ao aspecto ruptura, os biofilmes devem ser retirados da placa sem serem rasgados.

Os biofilmes devem ser isentos de partículas insolúveis. Algumas partículas das soluções podem não ser dissolvidas em decorrência da viscosidade e da consistência, formando grânulos, prejudicando a estrutura.

Os biofilmes, após a retirada da placa, devem ter fácil manuseabilidade, podendo ser dobrados e manipulados sem qualquer risco de ruptura.

A transparência pode ser identificada pela ausência de partículas insolúveis, permitindo a visualização através do biofilme.

Foram atribuídas notas para classificação e seleção dos biofilmes de melhor qualidade. O sinal + foi atribuído à qualidade do biofilme considerado ruim; ++, razoável; +++, bom; e +++++, excelente.

Após a análise, os biofilmes que apresentaram nota + e ++ foram descartados, principalmente quando se referia à retirada da placa, e utilizados os que tiveram nota +++ e +++++ para prosseguir nas análises.

Determinação da umidade

Amostras do biofilme de 4 cm de diâmetro foram previamente pesadas e inseridas em estufa a 105°C/24 horas até obtenção de peso constante (AOAC, 1997). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Determinação da solubilidade em água

A determinação da solubilidade dos biofilmes em água foi feita de acordo com a metodologia adaptada, descrita por Bertuzzi et al. (2007). Primeiramente, os biofilmes foram cortados em círculos com 4 cm de diâmetro, secos em estufa a 45 °C/24 horas e pesados para determinação da massa inicial. Em seguida, em erlenmeyers, as amostras foram imersas em 50 mL de água destilada e mantidas sob agitação lenta e constante em

mesa agitadora a 25°C/24 horas. Após este período, a água foi retirada e o biofilme foi novamente seco em estufa a 45°C/24 horas e pesado, determinando-se, desta forma, a quantidade de biofilme não solubilizada. A solubilidade do biofilme foi expressa em porcentagem de massa solubilizada em relação à massa inicial, conforme Equação 1:

$$S(\%) = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100 \quad (1)$$

Em que S = solubilidade; M1 = Massa inicial; M2 = Massa final.

Gramatura

Para o cálculo da gramatura, foi utilizada a razão entre a quantidade de solução e a área ocupada pelo biofilme, tendo o resultado sido expresso em g/cm², de acordo com a Equação 2:

$$G \left(\frac{g}{cm^2} \right) = 10000 * \left(\frac{\rho}{\alpha} \right) \quad (2)$$

Em que G = gramatura expressa em g/cm²; ρ = massa da amostra; α = área da amostra.

Espessura

Para avaliação da espessura, foi utilizado paquímetro digital Western Pro[®], com resultados expressos em milímetros (mm).

Taxa de Permeabilidade ao vapor d'água (TPVA)

A determinação da permeabilidade ao vapor d'água foi feita pela fixação dos biofilmes comestíveis na parte superior de um recipiente contendo sílica. O sistema foi acondicionado em câmara com água destilada a 23°C e umidade relativa de 75% e a determinação da permeabilidade ao vapor d'água foi obtida após 24 horas, quando a sílica mudou de cor, significando que absorveu toda a umidade (ASTM, 2000). Equação 3:

$$TPVA = \frac{\Delta m}{\Delta t} \times \frac{1}{A} \quad (3)$$

Em que TPVA = (g água/m²/dia); Δm = massa de água absorvida pelo material higroscópico no tempo “t” (g); Δt = tempo de permeação (dias); e A = área de corpo de

prova exposta (m²).

Textura

As análises de tensão e ruptura, módulo de elasticidade (módulo Young) e alongação dos biofilmes foram feitas de acordo com o método padrão de ASTM (2010). Os biofilmes, com dimensão de 12 cm x 1 cm, foram acondicionados a 23°C ±2°C e 53% ±2% de umidade relativa durante 48 horas antes da análise. A separação inicial do aperto e a velocidade mecânica foram ajustadas em 12 mm/min.

Desenvolvimento de Biofilmes à Base de Soro de Leite, Amido de Mandioca e Pectina, Acrescidos de Extrato da Casca de Jaboticaba (Experimento 2)

Após a determinação da melhor concentração de soro de leite e amido de mandioca, foram utilizadas diferentes concentrações de extrato da casca de jaboticaba na formulação de biofilmes. A antocianina é o indicador responsável por conferir ao biofilme o título de filme ativo e por permitir que alterações de pH possam identificar a alteração da qualidade do alimento.

As jaboticabas foram adquiridas numa propriedade rural do município de Rio Verde-GO e lavadas em água corrente. Posteriormente, colocadas em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm/15 min e enxaguadas em água corrente. A remoção da casca do bagaço foi feita manualmente. A casca foi congelada até a utilização, e o bagaço, armazenado para outros experimentos.

Extrato da Casca de Jaboticaba (ECJ)

A extração dos pigmentos foi feita segundo Silva (1996). Para cada 43 g de casca de jaboticaba previamente trituradas, foram adicionados 80 mL de solvente extrator (Etanol-Água (70:30) e HCl suficiente para ajustar o pH do meio para 2,0. A solução foi, então, deixada em repouso por 24 horas a 5°C, em estufa incubadora BOD, ao abrigo da luz, para extração. Findado o período, o material foi prensado manualmente em filtro de tecido para reter o resíduo, e o extrato, transferido para um balão volumétrico de 100 mL valor extrato concentrado (VEc), tendo o volume sido completado com o solvente extrator, formando o extrato concentrado (EC). O conteúdo

do balão foi centrifugado a 2000 rpm, por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado, posteriormente, em papel Whatman nº 1. O extrato foi armazenado em temperatura $8^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ em recipiente de vidro vedado e envolto em papel alumínio até a utilização.

Desenvolvimento de Biofilmes Acrescidos de Extrato da Casca de Jaboticaba

A solução filmogênica foi feita utilizando a melhor concentração obtida pelo experimento anterior: 4 g de água destilada; 60 g de soro de leite; 2 g de amido de mandioca; 4 g de pectina; 20 g de ácido acético; e 10 g de glicerol.

A solução de extrato de casca de jaboticaba foi adicionada em concentrações crescentes 15 g e 30 g (Tabela 2).

A solução foi aquecida a $85^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}/25$ min. para desnaturação completa das proteínas e formação de géis coesos. Os géis formados pela solução filmogênica foram resfriados em temperatura ambiente até atingir $42^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, após esse período, foi adicionado o extrato da casca de jaboticaba (Tabela 2). As amostras foram colocadas em placas de Petri de acrílico, de 14cm de diâmetro, e armazenadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de $42^{\circ}\text{C}/24\text{hr}$. Cada tratamento foi feito em triplicata.

TABELA 2 - Formulações de biofilmes comestíveis com adição crescente de extrato da casca de jaboticaba.

Componentes (g)	Tratamentos			
	1	2	3	4
Água	4,0	4,0	4,0	4,0
Soro de leite	60,0	60,0	60,0	60,0
Solução de Antocianina	15,0	30,0	45,0	60,0
Amido de mandioca	2,0	2,0	2,0	2,0
Pectina	4,0	4,0	4,0	4,0
Ácido acético	20,0	20,0	20,0	20,0
Glicerol	10,0	10,0	10,0	10,0

Textura

As análises de tensão e ruptura, módulo de elasticidade (módulo Young) e alongação dos biofilmes foram feitas segundo o método padrão de ASTM (2010).

Teste de Variação de Cor dos Biofilmes com Extrato da Casca de Jaboticaba

Para a análise de mudança de cor dos biofilmes, foi feita uma simulação com soluções de diferentes pHs.

Os biofilmes foram cortados em tamanhos de 2 cm x 3 cm e colocados em placas de Petri. Para pH 12, foram utilizados 2 mL de solução com cloro ativo na concentração de 2,5%; para pH 10, foi utilizado bicarbonato de sódio PA 100% diluído em água destilada a 1 Mol; para pH 5, foram utilizados 2 mL de coalho; e para pH 8, foram utilizados 2 mL de acetona. Observou-se por 15 min até que não houvesse mudança de cor. As cores variaram de vermelho arroxeado em pH ácido a amarelo esverdeado em pH básico.

Biodegradação

Para a compostagem, foram utilizados 4 kg de esterco bovino fresco. O esterco foi deixado em canteiro no chão durante uma semana e, diariamente, era homogeneizado e umedecido com água (sem encharcar) para fermentação. Ao final, após a fermentação, o esterco apresentava textura que se esfarelava facilmente, odor característico e consistência terrosa. Foi acrescentado 15% de terra ao esterco já fermentado, homogeneizado e colocado em composteiras de 2 kg.

Para verificar a degradação, os biofilmes foram cortados em arestas de ± 3 cm x 3 cm e colocados imersos na composteira caseira. Foi verificada diariamente a integridade dos biofilmes até sua completa decomposição.

Fabricação do Queijo Tipo Prato e Revestimento com Filme PVC e Biofilmes com e sem Extrato da Casca de Jaboticaba (Experimento 3)

O queijo Prato foi fabricado conforme fluxograma da Figura 1. Foram utilizados 30 litros de leite *in natura* (3,42% de gordura, 3,51% de proteína, 12,33% de EST e 8,98% de ESD), 0,002% de fermento para queijo Prato, 0,04% de cloreto de cálcio, 0,011% de urucum e 0,1% de coagulante líquido Ha-La[®]. Foram utilizadas formas de polietileno de 500g com furos nas laterais e fundos e dessoadores. O suporte para empilhamento das formas de queijo foi feito em aço, com prensa de 5 kg de concreto, revestido com filme PVC e alumínio para inibição do contato com o produto.

Após embalados, os queijos foram armazenados em estufa incubadora BOD a 12°C para o processo de cura, durante 25 dias.

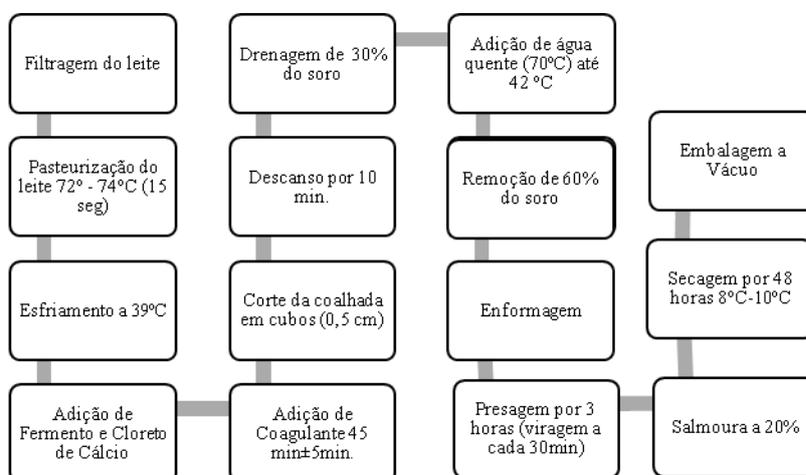


FIGURA 1 - Fluxograma de processamento dos queijos Prato.

Armazenamento e Embalagem dos Queijos

Após a cura, os queijos Prato foram cortados em fatias de aproximadamente 120g e acondicionados em embalagem Starpack quadrada, transparente (110 mm x 110 mm x 50 mm) e, posteriormente, revestidos com as respectivas embalagens.

Foram utilizados quatro tipos de revestimento para os queijos - filme PVC transparente Fasfilme® (bobina de 28 cm x 30 cm), filme sem ECJ (Experimento 1) e biofilmes com 15 g e 30 g de ECJ (Experimento 2) - que apresentaram melhor visibilidade da mudança de cor de acordo com o pH.

Após embalados, os queijos foram armazenados sob refrigeração a 8°C ± 2°C. Os queijos foram avaliados quanto à umidade, pH, acidez, cor, textura e análises microbiológicas de *Listeria*, *Staphylococcus aureus* e bolores e leveduras nos dias 1, 15 e 29, e os biofilmes que revestiram os queijos foram avaliados quanto à acidez, cor e análise visual da mudança de cor.

Determinação da Umidade do Queijo

Amostras do queijo de 4 cm de diâmetro foram previamente pesadas e inseridas em estufa a 105 °C/24 horas até peso constante (AOAC, 1997).

Potencial Hidrogeniônico (pH) do Queijo

O pH dos queijos foi avaliado por pHmetro de bancada microprocessado W3B (Bel Engineering®) (BRASIL, 2006). Foi feita uma incisão na superfície do queijo para inserir o eletrodo e fazer a leitura.

Acidez Titulável dos Queijos

Foi utilizado o método titulométrico (BRASIL, 1981). Dez gramas da amostra de queijo foram transferidos para um béquer de 150 mL, acrescentados 50 mL de água morna isenta de gás carbônico (CO₂) (40°C), tendo as amostras sido maceradas com um bastão de vidro até diluição total, em seguida, transferiu-se quantitativamente para balão volumétrico de 100mL, resfriou-se em água destilada natural e se completou o volume. Uma alíquota de 50 mL foi transferida para um béquer de 150 mL, acrescentadas 10 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até leve coloração rósea persistente por aproximadamente 30 segundos. E o resultado foi calculado pela Equação 4:

$$\text{Ácido láctico (\%)} = \frac{V * f * 0,9}{m} \quad (4)$$

Em que V = volume da solução de hidróxido de sódio 0,1N gasto na titulação, em mL; F= Fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1N; 0,9 = fator de conversão do ácido láctico; e M = massa da amostra na alíquota, em gramas

Cor dos Queijos

Para avaliação da cor dos queijos, eles foram cortados em quadrantes e feita a leitura 27 vezes em cada amostra.

Os parâmetros de cor foram analisados com Colorímetro Hunter Lab, modelo Color Flex EZ, no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A quantificação objetiva de cor foi feita por meio de colorímetro triestímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas de cromaticidade “L” (luminosidade), “a” (tonalidades de verde -60 a vermelho +60) e “b” (tonalidades de azul -60 a amarelo +60), empregando-se escala Hunter-Lab

(BORGES,2013). Os termos L, C e h° indicam brilho (“lightness”), cromaticidade e ângulo Hue, respectivamente (CASSETARI, 2012).

Para avaliação da cromaticidade C e do ângulo Hue, Equações 5 e 6, foram utilizadas as coordenadas a* e b* (KONICA, 1998).

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (5)$$

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (6)$$

Em que C* = Chroma (adimensional); h: Hue (°); L* = luminosidade (adimensional); a*= Cromaticidade verde-vermelho (adimensional); e b*= Cromaticidade azul-amarelo (adimensional).

Análise de Textura do Queijo

O perfil de textura dos queijos foi feito em analisador de textura CT3 (Brookfield) com sonda acrílica (25 mm de diâmetro), distância de 3 mm, carga do trigger 0,03 N e velocidades de teste 5 mm/s. Os parâmetros analisados foram: firmeza, coesividade, adesividade, elasticidade e gomosidade.

Análises Microbiológicas dos Queijos

Para verificação da qualidade microbiológica dos queijos Prato, foram feitas análises de *Listeria* e *Staphylococcus aureus*. As análises foram feitas com a utilização de Kits *Compact Dry*® para identificação e contagem de microrganismos da Idexx® Laboratórios.

Para as análises, foram preparadas soluções de água peptonada, esterilizadas e, então, pesados assepticamente 25g da amostra, adicionada em 225 mL de solução de água peptonada a 0,1%; em seguida, homogeneizou-se por aproximadamente 60 segundos, então se obteve a diluição 10⁻¹, com a ajuda de um pipeta, foi selecionado 0,1 mL da diluição e espalhado por toda a superfície da placa; na sequência, as placas foram incubadas - a *Listeria* foi incubada a 37°C por 24 horas e *Staphylococcus aureus* a 37°C por 30 a 48 horas.

Análise dos Biofilmes Durante Armazenamento com Queijo

A cada 15 dias, juntamente com os queijos, os biofilmes foram analisados quanto à acidez, cor e feita uma análise visual de mudança de cor dos revestimentos.

Acidez dos Biofilmes

Foi utilizado método titulométrico International Dairy Federation (1993). Pesou-se de 1 a 5 g de amostra dos biofilmes, transferiu-se para um erlenmeyer de 125ml com o auxílio de 50mL de água quente (40°C). Adicionou-se 1 a 5 gotas da solução de fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,01M, até coloração rósea. E o resultado foi calculado pela Equação 7.

$$Acidez (\%) = \frac{V * f * 100}{P} \quad (7)$$

Em que V = mL da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação; f = fator da solução de hidróxido de sódio; e P = massa g da amostra.

Cor dos Biofilmes

Para avaliação da cor, os biofilmes foram cortados em quadrantes e feita a leitura 27 vezes cada amostra, conforme metodologia anterior.

Avaliação Visual da Mudança de Cor dos Revestimentos

Os queijos foram submetidos à avaliação visual de mudança de cor ao longo do armazenamento, sendo feitas análises com 1, 15 e 29 dias.

Análises Estatísticas

Os resultados estão apresentados de forma descritiva e na forma de figuras geradas pelo software Excel, versão 2007.

O experimento 1 foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e três repetições. O experimento 2 foi constituído de

quatro tratamentos e três repetições. No desdobramento da análise, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

As soluções filmogênicas com maior concentração de amido de mandioca e menos soro de leite, tratamentos 1 e 2, não formaram biofilmes, pois não se deslocaram das placas, tendo ocorrido formação de grumos e material pegajoso, Tabela 3, impossibilitando prosseguir com as análises.

Dos cinco tratamentos submetidos à avaliação visual, três biofilmes apresentaram bons resultados, porém o tratamento 5 (com maior concentração de soro de leite, menor de amido e maior de pectina) teve melhor desempenho na análise visual, tendo sido possível deslocá-los das placas sem rupturas, ausência de partículas insolúveis, com fácil manuseio. Quanto maior a concentração de soro de leite utilizado em coprodutos, melhor para o meio ambiente, pois eles são eliminados sem nenhum tratamento que prejudique o ecossistema.

TABELA 3 - Avaliação visual de biofilmes produzidos com diferentes concentrações de soro de leite, amido de mandioca e pectina.

Características	Tratamento				
	1	2	3	4	5
Retirada da placa	+	+	+++	+++	++++
Bolhas	+	+	++	++	++
Fraturas e rupturas após secagem	+	+	+++	+++	++++
Partículas insolúveis	+	+	+++	+++	++++
Manuseio	+	+	+++	+++	++++
Transparência	++	++	+++	+++	+++

Tratamento 1 = 60,0g de água; 0,0 g de soro de leite; 10,0 g de amido de mandioca; 0,0 g de pectina; 20,0 g de ácido acético; 10,0 g de glicerol; Tratamento 2 = 46,0 g de água; 15,0 g de soro de leite; 8,0 g de amido de mandioca; 1,0 g de pectina; 20,0g de ácido acético; 10,0 g de glicerol; Tratamento 3 = 32,0 g de água; 30,0 g de soro de leite; 6,0 g de amido de mandioca; 2,0 g de pectina; 20,0 g de ácido acético; 10,0 g de glicerol; Tratamento 4 = 18,0 g de água; 45,0 g de soro de leite; 4,0 g de amido de mandioca; 3,0 g de pectina; 20,0 g de ácido acético; 10,0 g de glicerol e Tratamento 5 = 4,0 g de água; 60,0 g de soro de leite; 2,0 g de amido de mandioca; 4,0 g de pectina; 20,0 g de ácido acético; 10,0 g de glicerol. + = Péssimo; ++ = Ruim; +++ = Bom e ++++ = Excelente.

Diante dos parâmetros analisados na Tabela 3, pode-se constatar que as formulações 1 e 2 não apresentaram resultados satisfatórios quanto à formação de biofilmes em placa (Figura 2).

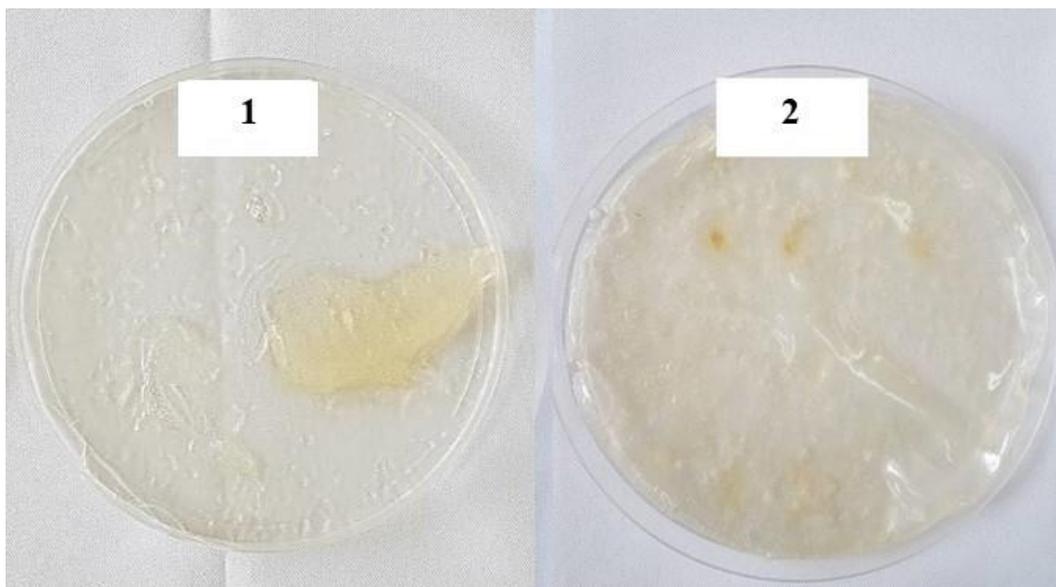


FIGURA 2 – 1: Solução com 60,0 g de água, 0,0 g de soro de leite, 10,0 g de amido de mandioca, 0,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. **2:** Solução com 46,0 g de água, 15,0 g de soro de leite, 8,0 g de amido de mandioca, 1,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol.

Os biofilmes do tratamento 1, Figura 2, formaram grânulos grandes, pegajosos e aderentes às placas, e os biofilmes do tratamento 2, Figura 2, apresentaram formação de grânulos e aderiram às placas. O resultado observado nesta pesquisa pode estar relacionado ao estudo de Matta Junior et al. (2011), que relataram que um aumento na concentração do amido de mandioca pode intensificar a interação entre as moléculas de amilose e amilopectina, e a ausência de espessante (pectina) provavelmente não tenha sido suficiente para formação da matriz polimérica, aumentando a rigidez da matriz, em vez de conferir aumento da mobilidade molecular e flexibilidade necessária para a formação de biofilmes flexíveis e maleáveis. Além disso, conforme Franco et al. (2001), o amido de mandioca é considerado de alta expansão porque, quando aquecido em água, os grânulos sofrem inchamento, justificando, assim, a formação de grânulos nos tratamentos 1 e 2.

Das cinco formulações submetidas à avaliação visual, três biofilmes apresentaram bons resultados na análise visual, tendo sido possível deslocá-los das placas sem rupturas, ausência de partículas insolúveis, com fácil manuseio (Figura 3).

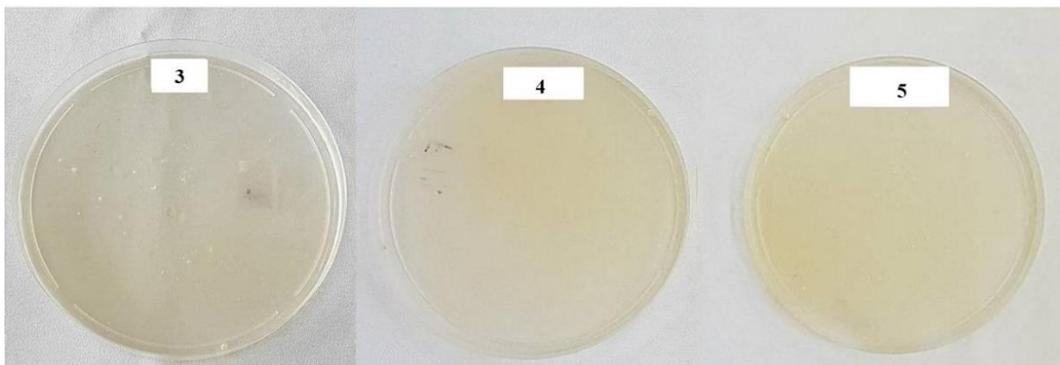


FIGURA 3 – 3: Biofilmes com 32,0 g de água, 30,0 g de soro de leite, 6,0 g de amido de mandioca, 2,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. **4:** - Biofilmes com 18,0 g de água, 45,0 g de soro de leite, 4,0 g de amido de mandioca, 3,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. **5:** Biofilmes com 4,0 g de água, 60,0 g de soro de leite, 2,0 g de amido de mandioca, 4,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol.

Nos tratamentos 3, 4 e 5, os biofilmes apresentaram fácil retirada da placa, ausência de partículas insolúveis, fácil manuseio e aspecto transparente. A menor concentração de amido de mandioca, maior quantidade de soro de leite e acréscimo de pectina induziram uma coloração levemente amarelada, que se tornou mais intensa, pela maior concentração de pectina e soro de leite, resultado coerente com Fernandes et al. (2015), que relataram que as proteínas do soro de leite são uma boa alternativa para a produção de biofilmes biodegradáveis, com aspecto translúcido e de coloração amarelada.

A facilidade de os biofilmes serem retirados da placa e a ausência de partículas insolúveis, tratamentos 3, 4 e 5, podem estar relacionadas a quantidades menores de amido de mandioca, dificultando a formação de grumos e, da mesma forma, a pectina pode ter facilitado a retirada da placa, em consonância com Sobral et al. (2000), que relataram que biofilmes de amido devem ser resistentes à ruptura e à abrasão para proteger e reforçar a estrutura dos alimentos.

O manuseio facilitado dos biofilmes também está relacionado aos plastificantes e ao acréscimo de pectina nas formulações, pois os plastificantes mais indicados para serem empregados em biofilmes de amido são o glicerol e o sorbitol, que proporcionam melhoria das propriedades mecânicas (MALI et al. 2010). Além disso, a escolha do material a ser utilizado na formulação dos biofilmes e revestimentos é muito importante, pois poderá interferir nas propriedades de barreira, mecânicas e sensoriais dos biofilmes (BALDWIN & CARRIEDO, 1994).

Após a análise visual dos biofilmes, foram feitas análises de teor de água, matéria seca, gramatura, espessura, solubilidade, taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA), tensão na ruptura, alongamento e módulo de elasticidade dos tratamentos 3, 4 e 5 (Tabela 4).

TABELA 4 - Valores médios e erro padrão do teor de água (%), matéria seca (%), gramatura (g/m²), espessura (mm), solubilidade (%), taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) (g de água/m² dia) e análise de tração (tensão de ruptura (MPa), alongamento (%) e módulo de elasticidade (MPa)) de biofilmes à base de soro de leite.

Variáveis	Tratamentos		
	3	4	5
Teor de água	43,37±1,88a	38,16±3,17a	43,29±0,69a
Matéria seca	56,63 ±1,88a	61,84 ±3,17 a	56,71±0,69a
Gramatura	1929,66 ±0,55a	2033,99 ±143,94a	1564,33 ±106,95b
Espessura	0,16±0,02a	0,14±0,02a	0,19±0,02a
Solubilidade	84,06±4,47b	95,55±3,77ab	97,02±1,28a
TPVA	0,01±0,01b	0,01±0,00b	0,02±0,00a
Tensão de ruptura	0,04±0,01ab	0,03±0,01b	0,07±0,02a
Alongamento	19,28±0,01ab	13,26±0,01b	21,14±0,02a
Módulo de elasticidade	0,44±0,05c	0,75±0,07b	0,97±0,06a

Letras minúsculas distintas na linha diferem entre si ao nível de 5% de significância. Tratamentos: (3) Biofilmes com 32,0 g de água, 30,0 g de soro de leite, 6,0 g de amido de mandioca, 2,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. (4) Biofilmes com 18,0 g de água, 45,0 g de soro de leite, 4,0 g de amido de mandioca, 3,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol. (5) Biofilmes com 46,0 g de água, 15,0 g de soro de leite, 8,0 g de amido de mandioca, 1,0 g de pectina, 20,0 g de ácido acético e 10,0 g de glicerol.

O teor de água não diferiu entre os tratamentos 3, 4 e 5, com valores de 43,37%, 38,16% e 43,29%, respectivamente. Esses valores são superiores aos relatados por Soares et al. (2016) ao prepararem soluções filmogênicas aquosas contendo 5% de proteínas, 3,75% de glicerol e 91,25% de água, com resultados de 9,20% e 12,72% de teor de água. Trabalho semelhante foi conduzido por Mali et al. (2010), que analisaram a produção, propriedades e potencial de utilização de biofilmes de amido e observaram que a presença de água e glicerol favoreceu a absorção de água, devido à higroscopicidade, tendo ocorrido, no decorrer do tempo de aplicação dos biofilmes, mudança significativa na umidade dos biofilmes avaliados.

A gramatura dos tratamentos 3 e 4 - 1.929,66 g/m² e 2.033,99 g/m², respectivamente - foi maior que a do tratamento 5, 1.564,33 g/m². No entanto, Cardoso (2017), ao avaliar biofilmes derivados de mandioca e gelatina com aplicação em pimenta Cambuci, observou resultado maior, com média de 10.989,00 g/m². A gramatura está ligada diretamente à espessura e à resistência mecânica dos biofilmes, quanto maior a gramatura, mais resistentes serão os biofilmes

Quanto à espessura, não houve diferença entre os tratamentos, indicando que houve adequada padronização na elaboração e secagem dos biofilmes. Resultado menor que o desta pesquisa foi observado por Fernandes et al. (2015), que estudaram a aplicação de biofilmes biodegradáveis produzidos de concentrado proteico de soro de leite irradiado e obtiveram espessura média de 0,119 mm. Conforme Mali et al. (2010), essa variação de espessura é decorrente do processo *casting*, em que os biofilmes são secos em placas e é uma etapa que exige atenção. A espessura do biofilme é importante para avaliar a uniformidade do material, a resistência mecânica e a solubilidade ao vapor d'água. O resultado deste trabalho foi positivo, pois relata a uniformidade do biofilme formado na placa.

O biofilme com maior concentração de soro de leite e pectina, tratamento 5, foi mais solúvel em água, com 97,02% de solubilidade. Fakhoury et al. (2012) também observaram que misturas feitas de amido de mandioca e gelatina, plastificadas com sorbitol e glicerol, foram 100% solúveis. No entanto, Wang et al. (2007) estudaram biofilmes de amido de batata adicionados de glicerol e observaram menor solubilidade, com média de 31,7%. Com alta solubilidade, os biofilmes desta pesquisa não são indicados para serem utilizados como embalagem primária, conforme um dos objetivos do estudo, podendo interferir na integridade do produto.

Os biofilmes com maior concentração de proteínas do soro de leite e pectina também foram mais permeáveis ao vapor d'água (0,02 g água/m²/dia). Diferentemente do observado neste estudo, Laohakunjit & Noomhorm (2004) observaram que a TPVA de biofilmes de amido de arroz foi de 0,16 g água/m²/dia, e este alto valor pode ser atribuído à elevada afinidade do glicerol pela água. Conforme Mchugh et al. (1994), biofilmes com proteínas do soro têm alta permeabilidade ao vapor de água em decorrência da alta proporção de aminoácidos hidrofílicos na estrutura. Os biofilmes analisados neste estudo têm alta permeabilidade, favorecendo trocas gasosas entre o biofilme, o alimento e o meio em que está armazenado. A permeabilidade é importante na conservação dos produtos, controlando atividades respiratórias. Para a embalagem de alimentos, é desejável que o biofilme seja de baixa permeabilidade, evitando passagens de vapor através dele.

Para verificar as propriedades mecânicas dos biofilmes, foi feita a análise de tração, Tabela 4, nos parâmetros de tensão na ruptura, alongamento e elasticidade.

Os biofilmes com maior concentração de soro de leite e pectina apresentaram melhores resultados, tratamento 5, com valores de tensão de ruptura de 0,07 MPa,

21,135% de taxa de alongamento e elasticidade de 0,97 MPa. Biofilmes mais resistentes à tração foram observados por Yoshida & Antunes (2009), que, ao estudarem a aplicação de biofilmes proteicos à base de soro de leite, observaram resultados de tensão na ruptura de 2,25 MPa a 3,75 MPa e, na análise de alongação, valores de 44,80% a 72,52%. Todos os biofilmes desta pesquisa foram sensíveis ao serem manuseados e colocados no equipamento para realização do teste de tração, no entanto, no tratamento 5, os biofilmes foram mais resistentes, fáceis de retornar ao comprimento inicial e com boa elasticidade.

Os biofilmes obtidos através do tratamento 5 (com maior concentração de soro de leite, menor de amido e maior de pectina) apresentaram melhor desempenho na análise visual, solubilidade, TPVA, tensão na ruptura, alongamento e módulo de elasticidade, quanto maior o resultado melhor, sendo assim, a formulação foi utilizada no experimento 2.

Experimento 2

Para o experimento 2, foi utilizada a formulação 5 do experimento 1, com maior concentração de soro de leite, menor de amido de mandioca e com acréscimo de pectina, em que formaram se biofilmes com melhores resultados. A Tabela 5 apresenta os resultados referentes ao teor de água, matéria seca, espessura, análise de tração (tensão na ruptura, alongamento e elasticidade) dos biofilmes, acrescidos de extrato da casca de jaboticaba em diferentes proporções.

Os biofilmes com maior concentração de extrato da casca de jaboticaba (ECJ) apresentaram maior teor de água e, conseqüentemente, menor teor de matéria seca. Este resultado é consistente com o estudo de Muller et al. (2008), que analisaram os efeitos de glicerol e sorbitol nas características dos biofilmes de amido de mandioca e observaram que todas as concentrações com glicerol resultaram em maior teor de água, quando comparado aos biofilmes formulados com sorbitol.

O aumento da concentração ECJ dos biofilmes não influenciou na espessura. Prietto et al. (2017) verificaram resultado semelhante (0,119 mm) ao analisarem biofilmes sensíveis ao pH à base de amido de milho e antocianinas extraídas de cascas de sementes de feijão preto e repolho vermelho. Sobral et al. (2004), estudando biofilmes com diferentes concentrações de plastificantes e concentrações de proteínas do músculo de tilápia, reportaram espessuras médias de 0,083 mm a 0,084 mm, valores

menores que os da presente pesquisa. O controle de espessura dos biofilmes é importante para assegurar a uniformidade do material, soluções com 30 g de antocianinas formaram biofilmes finos e homogêneos de fácil manuseabilidade e visibilidade.

TABELA 5 - Valores médios e erro padrão do teor de água (%), matéria seca (%) espessura (mm) e tração (tensão na ruptura (MPa), alongamento (%) e elasticidade (MPa)) de biofilmes a base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba .

Variáveis	Tratamentos			
	1	2	3	4
Teor de água	54,97±1,34c	58,37±1,61bc	62,79±0,88b	70,69±1,08a
Matéria Seca	45,03±1,34a	41,63±1,61ab	37,21±0,88c	29,31±1,08d
Espessura	0,12±0,01a	0,14±0,02a	0,13±0,01a	0,11±0,01a
Tensão na ruptura	0,31±0,04a	0,21±0,05a	0,26±0,04a	0,04±0,01b
Alongamento	37,82±3,79a	31,19±4,35a	27,41±3,24ab	16,34±2,07b
Elasticidade	1,10±0,07bc	1,24±0,06ab	1,42±0,08a	0,83±0,12c

Letras minúsculas distintas na linha diferem entre si ao nível de 5% de significância. Tratamento 1: 15g de antocianina; 2: 30g de antocianina; 3: 45g de antocianina; 4: 60g de antocianina.

A tensão na ruptura dos biofilmes com menores concentrações ECJ foi maior. Biofilmes mais resistentes foram observados por Shimazu et al. (2007), que estudaram os efeitos do glicerol e sorbitol como plastificantes em biofilmes de amido de mandioca. Os biofilmes apresentaram maior resistência à ruptura, com variação média de 2 a 25 MPa. Biofilmes com 15 g de antocianina apresentaram valor maior de tensão, podendo ser observado que a quantidade de ECJ influenciou na ruptura, quanto maior a quantidade, mais sensível o biofilme.

Os biofilmes 1 e 2, em que foram utilizadas menores concentrações ECJ (15 g e 30 g), apresentaram maior porcentagem (%) de alongamento, 37,821% e 31,190%, respectivamente, porém foram semelhantes ao tratamento 3. Valores diferentes foram informados por Shimazu et al. (2007) em que os biofilmes apresentaram porcentagem de alongamento com média de 12% a 24%. Diferentemente do que foi observado neste estudo, Pereira et al. (2015) desenvolveram biofilme indicador de temperatura com quitosana e antocianinas do repolho vermelho e relataram que o alongamento dos biofilmes não foi afetado pela presença de antocianinas.

Os biofilmes com 45 g de ECJ foram mais elásticos, com média de elasticidade de 1,42 MPa (tratamento 3). No entanto, os resultados desta pesquisa foram maiores ao serem comparados com o estudo feito por Prietto et al. (2017), que observaram 1,1% de

resistência à tração e 91% de alongamento, utilizando repolho vermelho, e 0,8% de resistência à tração e 88,8% de alongamento em biofilmes com antocianinas extraídas de feijão preto. Desta forma, a fonte de onde são extraídos os diferentes tipos de antocianinas (repolho vermelho, feijão preto e casca de jaboticaba) influencia na elasticidade dos biofilmes.

Os biofilmes com diferentes concentrações de ECJ mudaram de cor de acordo com cada pH (Figura 4). Nos biofilmes com menor quantidade de ECJ (15g e 30g (Figura 5) a mudança foi mais visível, pois a maior concentração dificultou a visualização. Em estudo feito por Choi et al. (2017) com biofilme indicador de pH com antocianina de batata doce roxa, foram obtidos resultados semelhantes ao desta pesquisa, ao analisarem a mudança de cor dos biofilmes em carne suína. Um teste de aplicação foi feito para uso potencial como sensor de deterioração da carne. Os biofilmes indicadores de pH mostraram mudanças de pH e ponto de deterioração das amostras, mudando de vermelho para verde.

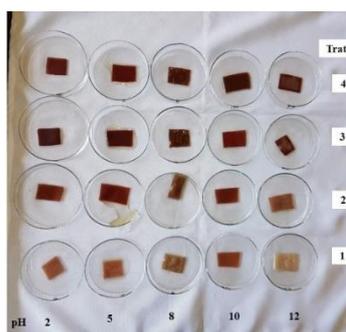


FIGURA 4 - Variação da cor dos biofilmes com concentrações crescentes de antocianina (15,0g, 30,0g, 45,0g e 60,0g) em diferentes condições de pH.

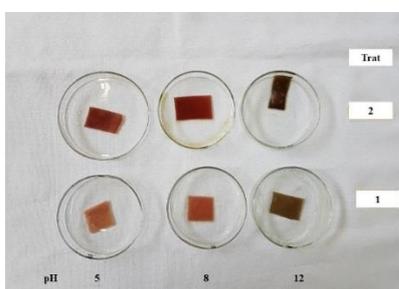


FIGURA 5 - Variação da cor dos biofilmes com 15,0g e 30,0g de antocianina em diferentes condições de pH.

Para verificar a degradação dos biofilmes, foi feito o teste de compostagem. Após três dias de armazenamento (aterro) em composteira simulando a compostagem

doméstica, foi feita a peneiragem e verificado que todos os biofilmes analisados foram completamente degradados, caracterizando-os como biofilmes. Da mesma forma, Cao et al. (2013), ao estudarem biofilmes durante compostagem com e sem inoculação de cepas celulares, obtiveram biofilmes de boa biodegradabilidade. Comportamento similar à pesquisa de Rosa et al. (2001) ao analisarem a biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas, o material acrescido de amido submetido a lodo ativado obteve maior taxa de degradação, o que evidencia a viabilidade de obtenção de polímeros biodegradáveis de menor preço. Os materiais utilizados nesta pesquisa para elaboração dos biofilmes são materiais de fácil degradabilidade, como amido, soro de leite e pectina, que formaram biofilmes com alta solubilidade, taxa de permeabilidade ao vapor d'água, espessura fina, podendo contribuir na redução do uso de fontes não renováveis, ajustando-se ao ecossistema e evitando a poluição ambiental.

Os critérios utilizados para escolha da melhor concentração de ECJ a ser utilizada no experimento 3 foi através da avaliação visual da mudança de cor dos revestimentos, pois os resultados do teor de água, espessura, tensão na ruptura, alongamento e elasticidade foram satisfatórios em todos os tratamentos. Quanto menor a concentração de ECJ, melhor a visualização da mudança de cor dos biofilmes, facilitando o possível consumidor ao comprar o produto.

Aplicabilidade dos Biofilmes em Queijos Prato (Experimento 3)

Os biofilmes envolvidos com maior concentração de soro de leite e menor de amido, com acréscimo da pectina apresentaram melhores resultados em relação à solubilidade, taxa de permeabilidade ao vapor d'água, tensão na ruptura, alongamento e elasticidade.

A solução de ECJ isolada teve resultado positivo e, quando acrescida aos biofilmes, todos mudaram de cor, sendo que o de menor concentração foi mais visível. Todos os biofilmes são biodegradáveis e, ao passarem pelo teste de compostagem, apresentaram degradação total. Durante o armazenamento dos queijos Prato com os revestimentos, a umidade e a gordura do queijo fizeram com que os biofilmes aderissem ao produto.

A Tabela 6 mostra os valores médios de umidade dos queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens.

TABELA 6 - Valores médios e erro padrão de umidade (%) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	53,33±0,89 aA	56,04±1,80 aA	54,78±0,26 aA
Sem ECJ	53,33±0,89 aA	49,77±0,70 abA	39,07±2,30 bB
15 ECJ	53,33±0,89 aA	46,90±1,01 bA	38,33±1,74 bB
30 ECJ	53,33±0,89 aA	47,10±0,91 bAB	39,56±1,24 bB

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

No tempo 0, os valores médios de umidade não diferiram entre tratamentos. No 14º dia, os queijos Prato revestidos em PVC e sem ECJ não diferiram entre si, obtendo maiores valores médios de umidade. No 28º dia, os que foram revestidos com PVC diferiram dos demais tratamentos, com maior valor de umidade. Ao analisar a interação entre tratamentos, foi observado que os queijos perderam umidade durante o armazenamento, no entanto, os queijos armazenados em filmes PVC mantiveram valores semelhantes de umidade. Queijos com menor teor de água foram obtidos por Ramos et al. (2012) ao avaliarem revestimentos comestíveis a partir de uma base isolada de proteína de soro para melhorar a vida útil do queijo, tendo sido confirmada média de 30% de umidade. Resultado semelhante a este trabalho foi reportado por Sobral et al. (2014), em que o objetivo do estudo foi fabricar o queijo Prato esférico, utilizando leite enriquecido com luteína, tendo sido obtidos queijos Prato controle com média de 45,67% de umidade. O queijo Prato é um queijo industrial, e sua alta umidade pode estar relacionada à forma como foi fabricado, à prensagem e ao material utilizado para revesti-lo. Neste estudo, os revestimentos à base de soro de leite, acrescidos de ECJ, fizeram com que os queijos perdessem água para o meio, ressecando-os, tornando esse tipo de revestimento impróprio para embalagem.

Observou-se que, conforme o de tempo armazenamento foi aumentando, a umidade foi diminuindo. Na análise estatística da variável umidade, entre tempo de armazenamento e tratamentos, os queijos Prato revestidos em PVC não diferiram. Os revestidos com filme sem ECJ no tempo zero e 14º foram semelhantes e 14º foi semelhante ao 28º. Os queijos revestidos com 15 g de ECJ no tempo zero e 14º foram

semelhantes e no 28º dia apresentaram valor menor. Os queijos revestidos com 30 g de ECJ no período zero foram semelhantes ao 14º dia, que foi semelhante ao 28º dia.

Durante o armazenamento, os queijos apresentaram maior valor de pH no 28º dia, Tabela 7, mesmo não diferindo. Queijos com pH mais elevado (6,30) foram obtidos por Olivato et al. (2006) ao analisarem o pH do queijo processado tipo Prato embalado com biofilmes de amido de inhame. De acordo com Bunka & Hrabee Kracmar (2004), em queijos processados, o processo de esterilização leva à degradação de aminoácidos com liberação de amônia, o que pode acontecer também durante o armazenamento do produto, gerando, então, aumento do pH. O pH está relacionado com o processo de degradação do alimento, podendo ser observado que, conforme aumentou o tempo de armazenamento, o pH aumentou.

TABELA 7 - Valores médios e erro padrão de pH de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	4,84±0,02 aB	4,83±0,03 aB	5,17 ±0,03aA
Sem ECJ	4,92±0,04 aB	4,97±0,08aB	5,27± 0,04aA
15 ECJ	4,92±0,04 aB	5,01 ±0,05aAB	5,23±0,04 aA
30 ECJ	4,80 ±0,04aB	4,86±0,05aB	5,23±0,03 aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

A Tabela 8 mostra os valores médios de acidez dos queijos Prato. Na interação entre tratamentos, o tempo 0 não diferiu. No 14º dia, os queijos revestidos com 15 g de ECJ apresentaram acidez menor em relação aos demais e no 28º dia nos queijos revestidos com 30 g de ECJ a média de acidez foi menor. Os queijos revestidos com PVC no 28º dia foram mais ácidos. Os queijos revestidos com filme sem ECJ no tempo 0 e 28º dia tiveram resultados semelhantes, tendo uma queda no 14º dia. Resultado coerente com o observado por Pagani et al. (2012) ao estudarem a aplicação de biopelículas pigmentadas em queijo de coalho. No 5º dia de armazenamento, os queijos controle obtiveram valor de acidez de 0,203%, queijos coalho com fucsina obtiveram 0,134% e queijos coalho com açafrão obtiveram 0,170%. O valor de acidez dos queijos revestidos com PVC está relacionado com a embalagem, pois os queijos ficaram bem vedados, sem troca de oxigênio com o meio. Já os biofilmes com soro de leite e ECJ

que revestiram os queijos permitiram trocas gasosas com o ambiente, pois o tipo de revestimento não protege o alimento dos meios externos.

TABELA 8 - Valores médios e erro padrão de acidez (%) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	0,16±0,01 aB	0,11± 0,01 abC	0,21±0,01 aA
Sem ECJ	0,16±0,01 aAB	0,12 ±0,01 abB	0,17±0,01 abA
15 ECJ	0,16±0,01 aB	0,11 ±0,01 bC	0,20±0,01 aA
30 ECJ	0,16 ±0,01 aA	0,15± 0,01 aA	0,15± 0,01 bA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

Os valores médios de luminosidade dos queijos Prato estão inseridos na Tabela 9. Os queijos revestidos com 30 g de ECJ no 14º dia diferiram entre os outros tratamentos, originando queijos mais opacos.

TABELA 9 - Valores médios e erro padrão da luminosidade (L*) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	62,44±1,34aB	70,64±0,11aB	105,70±1,87aA
Sem ECJ	68,73±0,80aB	69,90±0,31aB	89,33±1,21aA
15 ECJ	74,04±0,39aB	73,41±0,46aB	96,73±0,58aA
30 ECJ	73,76±0,15aB	47,96±0,40bC	99,95±0,08aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

No 28º dia, os queijos com diferentes revestimentos foram mais luminosos. Queijos Prato menos luminosos foram observados por Tavares et al. (2014) ao analisarem biofilme comestível em ricota. O valor de L* foi 72,56 em ricota com cobertura de alginato e cloreto. Pode-se explicar o elevado valor de L* para os queijos revestidos com PVC pelo fato de o material ser filme plástico feito de material proveniente do petróleo (não degradável). Em decorrência da concentração de ECJ no biofilme com 30g de ECJ no 15º dia, houve uma queda da cor e, no 29º dia, os queijos começaram a ficar mais luminosos pela perda de gordura para o meio.

Os valores médios de Chroma podem ser observados na Tabela 10. Entre os tratamentos, não houve diferença de tonalidade. Durante o tempo de armazenamento, os queijos com diferentes revestimentos no 28º dia apresentaram tonalidade cinza. Resultados opostos a este trabalho foram observados por El-Nimr et al. (2010) ao relatarem as características de cor e propriedades sensoriais do queijo Gouda, cujos valores de cromaticidade (C*) aumentaram conforme seu tempo de maturação, concluindo que a maturação deste queijo inibiu ligeiramente as mudanças na sua cor. No início, os queijos apresentaram mais brilho e no 28º dia estavam mais opacos.

TABELA 10 - Valores médios e erro padrão da cor Chroma de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	30,55±0,60 aA	23,95±1,67 aAB	11,97±0,68 aB
Sem ECJ	27,77±0,29 aA	27,89±0,50 aA	4,93± 0,99aB
15 ECJ	29,31±0,15 aA	26,20±0,23 aA	1,85±0,26 aB
30 ECJ	25,55± 0,08aA	28,66± 0,37aA	4,73±0,04 aB

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

A Tabela 11 mostra os valores médios de Hue dos queijos Prato.

TABELA 11 - Valores médios e erro padrão da cor Hue de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	69,34±0,03 aA	61,78± 5,30aA	53,91±1,18 aA
Sem ECJ	69,11±0,04 aA	68,94±0,13 aA	38,79±1,64 aA
15 ECJ	70,46±0,03 aA	69,70±0,06 aA	-19,35±17,73 bB
30 ECJ	67,94±0,04 aA	62,13± 0,15aA	26,34±0,63 aB

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

Com relação aos valores de Hue, Tabela 11, os queijos revestidos com PVC e sem ECJ não diferiram entre os dias de armazenamento, e os queijos revestidos com filme de 15 g de ECJ e 30 g ECJ no 28º adquiriram tonalidade esverdeada. A mudança de cor no queijo se deve ao tipo de embalagem que não impediu que as ações do meio interferissem no alimento, fazendo com que o tempo de prateleira fosse reduzido.

Com a finalidade de avaliar a textura dos queijos nos diferentes dias de armazenamento e diferentes embalagens, foram feitas análises de textura, firmeza, coesividade, adesividade, elasticidade e gomosidade.

No teste de firmeza dos queijos, Tabela 12, houve diferença apenas nos tratamentos com 15 g de ECJ e 30 g de ECJ no 28º dia. Ao comparar o tempo de armazenamento, os queijos Prato revestidos com biofilme sem ECJ apresentaram valores semelhantes no período de zero e 14 dias. Resultado semelhante foi observado por Zhong et al. (2014) ao investigarem diferentes métodos de aplicação de revestimentos comestíveis em queijo Mussarela, cujas durezas aumentaram com a evaporação da água durante o armazenamento.

TABELA 12 - Valores médios e erro padrão de firmeza (g) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	749,20±59,41 aA	1129,20± 142,80 aA	2382,60±806,61abA
Sem ECJ	749,20 ±59,41 aB	2111,20±428,47 aAB	4190,80±686,40 aA
15 ECJ	749,20± 59,41 aA	1958,80 ±231,15aA	1154,80±120,54 bA
30 ECJ	749,20±59,41 aA	2242,40± 318,68 aA	603,80±29,70 bA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

A Tabela 13 mostra os valores médios de coesividade relacionados à tendência de as moléculas dos queijos se manterem unidas.

TABELA 13 - Valores médios e erro padrão de coesividade de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	0,59±0,07 aA	0,61±0,03 aA	0,55±0,09 bA
Sem ECJ	0,59±0,07 aA	0,81±0,08 aA	0,45±0,30 bA
15 ECJ	0,59±0,07 aA	0,40±0,05 aA	0,98±0,05 bA
30 ECJ	0,59±0,07 aB	0,47±0,06 aB	3,60±0,84 aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

As interações entre tratamentos em relação à coesividade, Tabela 13, não diferiram no período 0 e 14, porém, entre o tempo de armazenamento, os queijos com

30 g de ECJ diferiram no 0 e 14º dia, sendo mais coesos (3,60) no 28º, resultados maiores que os observados por Valle et al. (2004) na influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo Mussarela, cuja coesividade variou de 0,53 a 0,59.

A Tabela 14 mostra os valores médios de adesividade (força que o alimento exerce sobre a probe, impedindo que o queijo volte ao normal), não tendo ocorrido diferença entre os tratamentos, porém os queijos revestidos com 15 g de ECJ no tempo 0 e 14º dia diferiram, no 28º dia, os queijos apresentaram valor mais alto de adesividade, 2,20 mJ. Comportamento diferente ao estudo de Artigas et al. (2017) em que a adesividade dos queijos revestidos diminuiu gradualmente durante 24 dias. A porcentagem alta de teor de água permitiu manter, não só a elasticidade das peças de queijo revestidas, mas também a suavidade dos pedaços de queijo. Queijos com mais coesividade foram avaliados por Trancoso-Reyes et al. (2014) ao estudarem a textura do queijo tradicional mexicano, tendo constatado 5,79 mJ de adesividade aos 10 dias após a fabricação.

TABELA 14 - Valores médios e erro padrão de adesividade (mJ) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	0,24±0,05 aA	0,48±0,20 aA	1,22±0,77 aA
Sem ECJ	0,24± 0,05 aA	0,70±0,25 aA	0,16±0,09 aA
15 ECJ	0,24±0,05 aB	0,78±0,30 aB	2,20±0,35 aA
30 ECJ	0,24±0,05 aA	0,50±0,06 aA	0,22 ±0,17aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

A Tabela 15 mostra os valores médios de elasticidade. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos e o tempo, que não influenciou na elasticidade dos queijos Prato com diferentes revestimentos e tempos de armazenamento. Resultado diferente do estudo de Barros et al. (2006) ao analisarem o efeito do uso da cultura na proteólise, nas propriedades do queijo Prato, após 45 dias de maturação, tendo sido constatada tendência de diminuição no módulo elástico com o tempo de maturação. A diminuição do módulo elástico ao longo do tempo indica redução na elasticidade do queijo, sugerindo enfraquecimento das ligações proteicas.

TABELA 15 - Valores médios e erro padrão de elasticidade (mm) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	19,94± 0,56 aA	19,09±1,93 aA	0,83±0,06aA
Sem ECJ	19,94±0,56 aA	22,90±1,25 aA	9,76±0,10 aA
15 ECJ	19,94±0,56 aA	19,79±2,97 aA	1,43±0,08 aA
30 ECJ	19,94±0,56 aA	20,82±0,93 aA	0,13±0,02 aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

A Tabela 16 mostra os valores médios de gomosidade, que é a relação entre a dureza e a coesividade dos queijos. Os tipos de revestimentos e o tempo de armazenamento não influenciaram na gomosidade dos queijos Prato. Queijos com gomosidade superior aos desta pesquisa foram constatados por Valle et al. (2004), que obtiveram valor de 2822,3N na análise da Mussarela com 2,0% de gordura. Valor menor foi observado por Bertolino et al. (2011) ao fabricar queijos Castelmagno, com 3,51N de gomosidade. O tipo de revestimento utilizado para armazenar os queijos Prato não influenciou a elasticidade e a gomosidade, porém, visualmente, influenciou em todos os parâmetros importantes para comercialização de um bom produto: cor, textura, tempo de prateleira e aspecto visual.

TABELA 16 - Valores médios e erro padrão de gomosidade (N) de queijos Prato submetidos ao revestimento com diferentes embalagens e estocagem sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	421,80± 36,00 aA	2495,20±109,72 aA	1179,60±401,38 aA
Sem ECJ	421,80±36,00 aA	1760,80±437,95 aA	1942,00± 224,61aA
15 ECJ	421,80±36,00 aA	790,80±149,09 aA	1078,00±92,83aA
30 ECJ	421,80±36,00 aA	1107,20±249,80 aA	2072,00±471,55 aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

O pH dos queijos Prato variou de 4,96 a 5,27, valores insuficientes para o crescimento microbiano, constatando que os biofilmes comestíveis reduziram o crescimento, resultado semelhante ao encontrado por Di Pierro et al. (2011), que

concluíram que o revestimento do queijo com o biofilme comestível foi capaz de reduzir o crescimento de microrganismos contaminantes e aumentar a vida de prateleira do produto em até sete dias. O valor do pH em determinado meio interfere de maneira significativa no crescimento ou no desenvolvimento de microrganismos. Cada microrganismo tem um valor de pH de crescimento ótimo. Em geral, as bactérias crescem em pH variando de 4,5 a 7,5, com ótimo oscilando entre os valores 6,5 e 7,0.

Os biofilmes que revestiram os queijos foram avaliados quanto à cor, acidez e detecção da mudança visual de cor.

A Tabela 17 mostra os valores médios de acidez dos biofilmes. Durante o armazenamento, os biofilmes aumentaram a acidez, sendo o que os biofilmes estatisticamente não se diferenciaram. Fama et al. (2006) observaram que os aumentos da acidez dos biofilmes levaram ao aumento da cristalinidade (L).

TABELA 17 - Valores médios de acidez (%) dos biofilmes revestidos nos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
Sem ECJ	16,01±3,20 aA	19,27± 2,93 aA	63,17±3,27 aA
15 ECJ	30,89±1,95 aA	19,61±0,31 aA	74,12±8,91 aA
30 ECJ	18,34±0,97 aA	24,05±3,79 aA	85,07±28,77 aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

A Tabela 18 mostra os valores médios de luminosidade (L*) dos biofilmes que revestiram os queijos Prato.

TABELA 18 - Valores médios de L* dos biofilmes revestidos nos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	13,31±0,18cB	15,60± 0,18 bB	26,50±0,27 bA
Sem ECJ	44,78±0,13 aA	39,23±0,16 aA	45,91± 0,14 aA
15 ECJ	23,46±0,25 bcA	30,73± 0,17 aA	33,34±0,13 bA
30 ECJ	27,91± 0,14 bA	31,15±0,13 aA	32,38±0,05 bA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

Os filmes sem ECJ obtiveram mais luminosidade no 0 dia. No 14º, os biofilmes sem ECJ, 15 g ECJ e 30 g ECJ não tiveram diferença. No 28º dia, os biofilmes sem ECJ

diferiram dos demais, sendo mais luminoso, 45,91 g ECJ. Biofilmes com tonalidade mais brilhante L^* (89,2) foram constatados por Jaramillo et al. (2015) ao elaborarem biofilmes à base de amido de mandioca contendo extrato de erva-mate como antioxidante e plastificante.

A Tabela 19 mostra os valores médios de Chroma, que representam a saturação dos filmes e biofilmes que revestiram os queijos Prato.

TABELA 19 - Valores médios de Chroma dos biofilmes revestidos nos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	0,95±0,19 cA	1,62±0,03 bA	1,70±0,10 cA
Sem ECJ	6,64±0,02 aA	3,24±0,03 bB	4,27±0,03 bcAB
15 ECJ	4,70± 0,07 bB	7,94±0,03 aA	8,11±0,06 aA
30 ECJ	10,57± 0,06 aA	10,74±0,15 aA	7,07±0,05 abB

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

No dia zero, 14 e 28, os filmes sem ECJ e com 30 g de ECJ não tiveram diferença, houve saturação mais escura ao comparar os filmes PVC e biofilmes sem ECJ. Entre o tempo de armazenamento, os filmes PVC foram semelhantes ao biofilme com 30 g de ECJ no 28º dia. Valores diferentes foram encontrados por Song et al. (2012) ao analisarem as propriedades físicas de um biofilme composto, contendo proteína de farinha de sementes de girassol, tendo obtido valor de Chroma de 12,81. As origens das antocianinas e dos extratos influenciam diretamente nas tonalidades dos biofilmes, tendo características próprias.

A Tabela 20 apresenta valores de Hue, que indica a cor observável dos biofilmes.

TABELA 20 -Valores médios de Hue dos biofilmes revestidos nos queijos estocados sob refrigeração por 28 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dias)		
	0	14	28
PVC	65,60±1,92 aA	71,38±0,59 aA	74,19±0,02 aA
Sem ECJ	-84,76±0,06 bA	-78,79±0,01 bA	-66,18±18,91 bA
15 ECJ	37,87± 0,16 aA	63,08±0,24 aA	46,13±0,24 aA
30 ECJ	47,12± 0,07 aA	47,34±0,01 aA	30,65±0,01 aA

Letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Filme PVC transparente Fasfilme®; Sem ECJ: sem extrato da casca de jaboticaba ; 15 g de extrato da casca de jaboticaba ; 30 g de extrato da casca de jaboticaba .

No parâmetro Hue, o tempo não diferenciou, obtendo tonalidade mais avermelhada. Valores diferentes foram analisados por Song et al. (2012) observando para valores de Hue 106,26 para biofilmes contendo antocianina de algas vermelhas.

A Figura 6 mostra os queijos Prato em embalagens plásticas e revestidos em filme PVC, biofilmes sem ECJ, biofilmes com 15g de ECJ e biofilmes com 30g de ECJ, em diferentes dias de armazenamento.



FIGURA 6 - Queijos revestidos com filme PVC, biofilme sem ECJ, biofilme com 15 g de ECJ e biofilme com 30 g de ECJ sob refrigeração por 29 dias.

Os queijos pratos são alimentos biológica e bioquimicamente dinâmicos, em que ocorre uma série de mudanças desde a fabricação até a maturação. Os queijos elaborados e armazenados em filme PVC, biofilmes sem ECJ, biofilmes com 15g de ECJ e biofilmes com 30g de ECJ, Figura 27, tiveram suas características modificadas por causa da embalagem utilizada, dando aspecto desagradável e mudança de cor visível, resultado consonante com o de Veiga-Santos et al. (2011), que estudaram um novo biofilme biodegradável com extratos de uva e espinafre e relataram mudança de cor quando os biofilmes foram expostos a diferentes soluções de pH, tendo a variação de cor sido visível a olho nu em valores de pH extremos. As mudanças de cor dos biofilmes foram nítidas, tornando os biofilmes indicadores de pH.

CONCLUSÃO

Pode-se utilizar a antocianina da casca de jaboticaba como indicadora de pH, mesmo não sendo possível utilizá-la em biofilmes como embalagem primária. Outros estudos podem ser feitos utilizando outros métodos para aderir os biofilmes aos queijos, como, por exemplo, a fita pode ser estudada como forma indicadora de pH. Biofilmes são compostos de materiais biodegradáveis, favorecendo o meio ambiente, e o indicador proposto tem um grande potencial como ferramenta de diagnóstico para garantir a segurança e a qualidade dos alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Arlington: **AOAC**, 1997.

ARTIGAS, M. A.; FANI, A. A.; BELLOSO, O. M. Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion based on edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. **Food Control**, v. 76, p. 1 – 12, 2017.

ASTM Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting (D882-10). In Annual Book of ASTM Standard. **American Society for Testing Materials**, Philadelphia, PA. 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. 17. ed. Washington, DC, v.2, 1175, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of the Association of the Agricultural Chemists. 16. ed. Washington, DC, v. 2, pg 1094, 1995.

BALDWIN, E. A.; CARRIEDO, M. O. (Ed.). Edible coatings and films to improve food quality. **Lancaster (USA): Technomic Publishing**, p.1-25, 1994.

BARROS, C. M. V.; CUNHA, C. R.; GALLINA, D. A.; VIOTTO, L. A.; VIOTTO, W. H. Efeito do uso de cultura adjunta (*Lactobacillus helveticus*) na proteólise, propriedades viscoelásticas e aceitação sensorial de queijo prato light. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 11-18, 2006.

BERTOLINO, M.; DOLCI, P.; GIORDANO, M.; ROLLE, L.; ZEPPA, G. Evolution of chemico-physical characteristics during manufacture and ripening of Castelmagno PDO cheese in wintertime. **Food Chemistry**, v. 129, p.1001– 1011, 2011.

BERTUZZI, M. A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. Physicochemical characterization of starch-based films. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 01, p. 17-25, 2007.

BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; VIDIGAL, J.G.; PAULA, C.D.; SILVA, N.A.S. Utilização de farinhas mistas de trigo e quinoa na elaboração de bolos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 2, p. 1034-1048, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. **Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos** (revoga Instrução Normativa nº 22, de 14 de abril de 2003). Diário Oficial da União, Brasília, 14 de dezembro 2006, Seção 1, Página 8, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Prato**. Portaria 358, 04 set. 1997.

BRASIL. **Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária**. PORTARIA Nº 146 DE 07 de março de 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. Queijos. In:___ **Métodos analíticos oficiais para controle de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos**. Brasília, DF, 1981. v. II, cap. 17, p. 3-6, HALIB FOODS Internacional LTD - Products Especification. 1981.

BUNKA, F.; HRABE, J; KRACMA, S. The effect of sterilization on amino acid contents in processed cheese. **International Dairy Journal**, v.14, n.9, p.929-931, 2004.

CAO, W.; XU, X.; ZHANG, H. Architecture and functional groups of biofilms during composting with and without inoculation. **Process Biochemistry**, v. 48, n. 8, p. 1222-1226, 2013.

CARDOSO, T. **Avaliação da *Spirulina platensis* na produção de filmes em pimenta Cambuci (*Capsicum sp.*)**. 2017. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos). Universidade de Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa PR, 2017.

CASSETARI, L. D. **Teores de clorofila e β -caroteno em cultivares e linhagens de alface**. 2012. 67p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras, 2012.

CHOI, I.; LEE, J. Y.; LACROIX, M.; HAN, J. Intelligent pH indicator film composed of agar/potato starch and anthocyanin extracts from purple sweet potato. **Food Chemistry**. v 218, p. 122–128, 2017.

DI PIERRO, P.; SORRANTINO, A.; MARINIELLO, L.; GIOSAFATTO, C. V. L.; P. R. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2324–2327, 2011.

EL-NIMR A. A.; EISSA HESHAM, A.; EL-ABD, M. M.; MEHRIZ, A. A.; ABBS, H. M.; BAYOUMI, H. M. Water activity, color characteristics and sensory properties of egyptian Gouda cheese during ripening. **Journal of American Science**, v. 6, pg. 447–453, 2010.

FAKHOURY, F. M; MARTELLI, S. M; BERTAN, L. C; YAMASHITA, F; MEI, L. H; QUEIROZ, F. P. C. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 1, p. 149-154, 2012.

FAMA, L. FLORES, S. K.; GERSCHENSON, L.; GOYANES, S. Physical characterization of cassava starch biofilms with special reference to dynamic mechanical properties at low temperatures. **Carbohydrate Polymers**, v 66, p. 8-15, 2006.

FERNANDES, A. P. S.; COSTA, J. B.; SOARES, D. S. B.; MOURA, C. J.; SOUZA, A. R. M. Aplicação de filmes biodegradáveis produzidos de concentrado proteico de soro de leite irradiado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 192-199, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v 35, n 6, pg 1039-1042, 2011.

FERREIRA, C. de O. **Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de proteínas do soro: potencial funcionalização com quitosanos**. 2008. 92 fls. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Química de Alimentos) – Universidade de Aveiro, Portugal, 2008.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. Séries: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. São Paulo: **Fundação Cargill**. v. 1, 2001.

HAN, J. H.; GENNADIOS, A. Edible films and coatings: a review. **Innovations in Food Packaging**, p. 239-262, 2005.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, **21B: 1993**: milk cream and evaporated milk: determination of total solids content (reference method). Brussels, 2f, 1993.

JARAMILLO, C. M.; SELIGRA, P.G.; GYANES, S.; BERNAL, C.; FAMA, L. Biofilms based on cassava starch containing extract of yerba mate as antioxidant and plasticizer. **Starch/Stärke**, v 67, pg 780–789, 2015.

KONICA, M. S. Inc. Comunicação precisa da cor: Controle de qualidade da percepção à instrumentação, p. 59, 1998.

KUSWANDI, B.; LARASATI, T. S.; ABDULLAH, A.; HENG, L. Y. Heng Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based on natural dye of curcumin. **Food Analytical Methods**, v. 5, p. 881-889, 2012.

LAOHAKUNJIT, N.; NOOMHORM, A. Effect of plasticizer on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch/Starke**. Weinheim, v 56, p. 348-356, 2004.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MATTA JUNIOR, M. D.; SARMENTO, S. B. S.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; ZOCCHI, S. S. Barrier properties of films of pea starch associated with xanthan gum and glycerol. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 67-72, 2011.

MCHUGH, T. H.; AUJARD, F. J.; KROCHTA, J. M. Plasticized whey protein edible films: water vapor permeability properties. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 2, p. 416-419, 1994.

MULLER, C. M. O.; YAMASHITA, F.; LAURINDO, J. B. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, p. 82–87, 2008.

OLIVAT, J. B.; MALI, S.; GROSSMANN, M. E. Efeito de embalagem biodegradável de amido no armazenamento de queijo processado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 81-88, 2006.

PAGANI, A. A. C.; SANTANA, M. M.; ALEXANDRE, A. P. S.; SILVA, E. A.; SILVA, G. F. Aplicação de biopelículas pigmentadas em queijo de coalho. **Revista Geintec**, v. 3, n. 1, 2012.

PEREIRA, V.A; ARRUDA, N.Q; STEFANI, R. Active chitosan/PVA films with anthocyanins from *Brassica oleraceae* (Red Cabbage) as time-temperature indicators for application in intelligent food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 43, p. 180 - 188. 2015.

PRIETTO, L; MIRAPALHETE, T. C.; PINTO, V. Z.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N.; L.; LIM, L. T.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. pH-sensitive films containing anthocyanins extracted from black bean seed coat and red cabbage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 492-500, 2017.

RAMOS, O. L.; PEREIRA, J. O.; SILVA, S. I.; FERNANDES, J. C.; FRANCO, M. I.; SILVA, J. A. L.; PINTADO, M. E.; MALCATA, F. X. Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 11, 2012.

ROSA, M D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e Propriedades Mecânicas de Novas Misturas Poliméricas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 82-88, 2001.

RUKCHON, C.; NOPWINYUWONG, A.; TREVANICH, S.; JINKARN, T.; SUPPAKUL, P. Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast. **Talanta**, v. 130, p. 547-554, 2014.

SILVA, R. S. **Extração e estabilidade de pigmentos antociânicos de frutos de Maria-Pretinha (*Solanum americanum* Mili.)**. Tese de Mestrado. 1996. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 76 p, 1996.

SOBRAL, D.; COSTA, R. G. B.; TEODORO, V. A. M.; MOREIRA, g. M. M.; PAULDA, J. C. J.; NOVAES, T. O. Quantificação e porcentagem de recuperação de luteína adicionada na fabricação de queijo prato esférico. **Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 6, p. 405-414, 2014.

SOBRAL, P. J. A; GARCIA, F. T.; HABITANTE, A. M. Q. B.; MONTERREY_QUINTERO, E. S. Propriedades de filmes comestíveis produzidos com diferentes concentrações de plastificantes e de proteínas do músculo de Tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n. 3, 2004.

SOBRAL, P. J. A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1-14, 2000.

SONG, N. B.; SANG, H. Y.; JO, W. S.; SONG, K. B. Physical properties of a composite film containing sunflower seed meal protein and its application in packaging smoked duck meat. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 4, p. 789-795, 2012.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Plasticizing and antiplasticizing effects of glycerol and sorbitol on biodegradable cassava starch films. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SOARES, D. S. B.; SILVA, E. E. A. N.; OLIVEIRA, T. M. Aplicação de filmes biodegradáveis de proteínas do soro de leite. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 1-5. 2016.

TAVARES, F. O.; PIERETTI, G. G.; ANTIGO, J. L.; POZZA, M. S. S.; SCAPIN, M. R. S.; MADRONA, G. S. Cobertura comestível adicionada de óleos essenciais de orégano e alecrim para uso em ricota. **Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 4, p. 249-257, 2014.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, v. 55, n 4, p. 297-304, 2008.

TRANCOSO-REYES, N; GUTIÉRREZ-MÉNDEZ, N; SEPULVEDA, D. R; HERNÁNDEZ-OCHOA, L. R. Assessing the yield, microstructure, and texture properties of miniature Chihuahua-type cheese manufactured with a phospholipase A1 and exopolysaccharide-producing bacteria. **Journal of Dairy Science**, v, 97. n, 2, 2014.

VALLE, J. L. E.; CAMPOS, S. D. S.; YOTSUYANAGI, K.; SOUZA, G. Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v 24, n 4, p. 669-673, 2004.

VEIGA-SANTOS, P.; DITCHFIELD, C.; TADINI, C.C. Development and Evaluation of a Novel pH Indicator Biodegradable Film Based on Cassava Starch. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 120, p. 1069–1079, 2011.

WANG, L.; LIU, L. I.; HOLMES, J.; KERRY, J. F.; KERRY, J. P. Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. **International Journal of Food Science and Technology**, v 42, p. 1128-1138. 2007.

YOSHIDA, C. M. P; ANTUNES, A. J. Aplicação de filmes proteicos à base de soro de leite. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 420-430, abr-jun. 2009.

ZHANG, X. H.; LU, S. S.; CHEN, X. A visual pH sensing film using natural dyes from *Bauhinia blakeana* Dunn. Sensors and Actuators. **B-Chemical**, v 198, pg 268–273, 2014.

ZHONG, Y.; CAVENDER, G.; ZHAO, Y. Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on Mozzarella cheese. **LWT - Food Science and Technology**, v 56, pg 1-8, 2014.