

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

**USO DE RECOBRIMENTO COMESTÍVEL  
INTELIGENTE A BASE DE SORO DE LEITE E  
EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA EM QUEIJO  
PRATO**

Autora: Marcella Fernandes Borges Sandre  
Orientador: Dr. Edmar Soares Nicolau  
Coorientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Rio Verde - GO  
Março - 2018

..

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

**USO DE RECOBRIMENTO COMESTÍVEL  
INTELIGENTE A BASE DE SORO DE LEITE E  
EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA EM QUEIJO  
PRATO**

Autora: Marcella Fernandes Borges Sandre  
Orientador: Dr. Edmar Soares Nicolau  
Coorientador: Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde - Área de concentração Ciência de Alimentos.

Rio Verde - GO  
Março – 2018

SSA194 Sandre, Marcella Fernandes Borges  
u USO DE RECOBRIMENTO COMESTÍVEL INTELIGENTE À BASE  
DE SORO DE LEITE E EXTRATO DE CASCA DE JABOTICABA EM  
QUEIJO PRATO / Marcella Fernandes Borges  
Sandre; orientador Edmar Soares Nicolau; co-  
orientador Marco Antônio Pereira da Silva. -- Rio  
Verde, 2018.  
43 p.

Dissertação (Graduação em Mestrado em Tecnologia  
de Alimentos) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio  
Verde, 2018.

1. Revestimento comestível. 2. Jaboticaba. 3.  
Biofilme . 4. Embalagem Ativa e inteligente . 5.  
Compostos bioativos. I. Nicolau, Edmar Soares,  
orient. II. Silva, Marco Antônio Pereira da , co-  
orient. III. Título.


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

**USO DE RECOBRIMENTO COMESTÍVEL INTELIGENTE  
A BASE DE SORO DE LEITE E EXTRATO DE CASCA DE  
JABOTICABA EM QUEIJO PRATO**

Autora: Marcella Fernandes Borges Sandre  
Coorientador: Marco Antônio Pereira da Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração  
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 23 de março de 2018.

  
Dr<sup>a</sup>. Natália do Carmo Silva  
Avaliadora externa  
Doutora em Zootecnia

  
Prof. Dr. Tiago Pereira Guimarães  
Avaliador externo  
IF Goiano/Rio Verde

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Buranelo Egga  
Avaliadora interna  
IF Goiano/Rio Verde

  
Marco Antônio Pereira da Silva  
Presidente da banca  
IF Goiano/Rio Verde

*À minha Mãe Valéria pelos longos anos  
em mim investidos.*

*Dedico.*

*Mais importante que interpretar o mundo é contribuir para transformá-lo.*

*Karl Marx*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela força, saúde, milagres e provações de sua presença e amor.

Ao meu esposo Sandro, pelo companheirismo, amor, admiração, carinho, respeito e motivação em todos os momentos.

A minha Mãe, por acreditar na minha capacidade, pela paciência, amor, carinho, compreensão e reconhecimento do meu esforço e capacidade de superar limites.

A minha vovó “Miroca”, pelo amor, carinho e afagos, quando mais precisei.

Aos meus orientadores Dr. Edmar Soares Nicolau e Dr. Marco Antônio Pereira da Silva que com competência, sabedoria, paciência, profissionalismo e dedicação conduziram-me pelos melhores e mais acertados caminhos a quem devo o logro do êxito deste trabalho.

Aos meus queridos anjos, fieis e especiais amigos, Nayane, Samuel, Virgínia e, Yasmine, com quem pude, por estes anos, dividir emoções, contratempos, experimentos, bancadas e vivências. Vocês são presentes que o mestrado me deu e que levarei em meu coração por onde quer que eu vá.

As amigas e colegas do Laboratório de Produtos de Origem Animal, Mayres, Edna e Maria Siqueira pelos cafés, pães de queijo, pastéis e sorvetes em momentos de descontração que foram fundamentais para o relaxamento e continuação dos experimentos. Em especial a Maria Siqueira pelo auxílio a mim ofertado junto a coordenação deste Programa quando mais precisei. Aos alunos, colegas e pesquisadores Norton, Gustavo, Luiz e Guilherme, pelo auxílio e colaboração na ordenha e transporte de leite e insumos.

A Angélica, pela educação, orientação, compreensão, cortesia e gentileza a mim dispensadas tantas e quantas vezes a ela recorrido.

Ao Deibity, pelas monitorias de estatística experimental que não raras as vezes aconteceram aos sábados, domingos e feriados, meu fiel reconhecimento pela

competência e esforço a nós ofertado e que permitiram que esse trabalho pudesse ser concluído. Ao Álefe Viana, pelo auxílio e colaboração.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, pela oportunidade a mim ofertada de participar das disciplinas oferecidas pelo programa, pelo conhecimento e experiências compartilhados, sem as quais não teria sido possível meu crescimento e aprendizado.

Ao professor Adriano, docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, pelas aulas de estatística, confiança e acreditação em meu potencial de continuidade dos experimentos e interpretação de dados. Meu sincero agradecimento.

As monitoras dos Laboratórios de Cereais, Microbiologia e Físico-Química, pela disponibilidade dos equipamentos, reagentes e salas.

A equipe do refeitório que preparou, de maneira ímpar, as refeições e que possibilitaram a manutenção da força e da vitalidade de nós comensais. Aos colaboradores de manutenção, higiene, limpeza e segurança pelo serviço prestado ao instituto e que permitiu que nós, discentes pudéssemos estudar em um ambiente, limpo, organizado e seguro.

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 execução do projeto intitulado Revestimento de queijos prato com biofilmes ativos a base de soro de leite e antocianinas de casca de jaboticaba.



## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Marcella Fernandes Borges nasceu em Goiânia - GO em 08/09/1986, onde cursou o ensino fundamental, médio e superior. Após aprovação em concurso público, tomou posse na Secretaria Municipal de Educação em abril de 2009. Em junho de 2010, graduou-se em Nutrição pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás e no mesmo ano ingressou no programa de Pós-Graduação em Nutrição e Metabolismo na Prática Clínica pela UGF - RJ, em 2011, iniciou o segundo curso superior, Tecnólogo em Gastronomia e após o término, em 2013, oportunamente cursou a especialização em Docência do Ensino Superior. Após a ciência do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde - Rio Verde (Goiás), participou do processo seletivo para investidura no referido programa, posterior a logração do êxito, prosseguiu com o proposto pela equipe docente e em março de 2018 realizou esta defesa.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	17
<b>CAPÍTULO 1: DESENVOLVIMENTO DE RECOBRIMENTOS ATIVOS COMESTÍVEIS A BASE DE SORO DE LEITE COM ADIÇÃO DE EXTRATO DA CASCA DA JABOTICABA APLICADOS EM QUEIJOS PRATO</b>	19
<b>INTRODUÇÃO</b>	21
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	21
Experimento 01 - Biofilme com soro de leite	23
Experimento 02 - Obtenção do extrato da casca da jaboticaba	24
Experimento 03 – Submersão de Queijo Prato em soluções filmogênicas	24
Permeabilidade a vapor de água	25
Espessura	25
Textura	25
Avaliação visual da mudança de cor revestimentos comestíveis	26
Potencial Hidrogeniônico	26
Cor	26
Análise estatística	27
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	27
<b>CONCLUSÃO</b>	37
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	37

## ÍNDICE DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>TABELA 1</b> - Formulações de soluções filmogênicas para obtenção de filmes	23
<b>TABELA 2</b> - Formulação de recobrimentos comestíveis com concentrações crescentes de extrato da casca da jaboticaba.	24
<b>TABELA 3</b> - Resumo da análise de variância e massa de água (MA), taxa de permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura (ES) dos biofilmes com diferentes concentrações de extrato de casca de jaboticaba (ECJ).	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>FIGURA 1</b> - Recobrimentos comestíveis a base de soro de leite, com 6 cm de diâmetro, contendo antocianina em diferentes estágios de evolução do experimento e relação com a cor e pH.	35
<b>FIGURA 2</b> - Parâmetros L*, a*, b*, Chroma e Hue do biofilme em 5,0% de concentração, em função do pH queijo.	36
<b>FIGURA 3</b> - Valores de pH observados e estimados do Queijo Prato em cinco diferentes épocas de avaliação 0,15,45,30 e 60 dias.	36

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

A	Área do corpo de prova (m <sup>2</sup> )
a*	Parâmetro de cor, eixo verde – - vermelho (adimensional)
ABIEF	Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRE	Associação Brasileira de Embalagens
AC	Ácido cítrico
Anova	Análise de Variânciavariância
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATH	Antocianina
ATH	Solução de antocianina e argila montmorilonita sódica B3 3 % de biodiesel adicionado ao diesel fóssil
ATH Padrão	Solução de antocianina padrão
aW	Atividade de água (adimensional)
b*	Parâmetro de cor, eixo azul – - amarelo (adimensional)
B5	5 % de biodiesel adicionado ao diesel fóssil
BCG	<i>Bromocresol green</i>
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
BP	<i>Bromocresol purple</i>
C*	Chroma
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
dE*	Diferença total de coloração (adimensional)
DMA	Dimetilamina
Dni	Distância entre as garras do texturômetro (mm)
E	Elongação na ruptura (%)
e	Espessura (mm)
Fni	Força máxima (N)
GMMT	<i>Glycerol Modified-Montmorillonite</i>
H*	Hue
HPLC	<i>High Performance Liquid Chromatography</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
L	Largura do corpo de prova (mm)
L*	Luminosidade, parâmetro de cor (adimensional)
LEA	Laboratório de Engenharia de Alimentos
MMT	Argila montmorilonita
MMT- Na	Argila montmorilonita sódica
MR	<i>Methyl red</i>
P'O <sub>2</sub>	Coeficiente de permeabilidade ao oxigênio (cm <sup>3</sup> ·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> ·Pa <sup>-1</sup> )

PA	Poliamida
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PET	Polietileno tereftalato
pH	Potencial hidrogeniônico
PHA	Polyhydroxy alcanoates
pHsf	Potencial hidrogeniônico da solução filmogênica (adimensional)
PLA	Polylactic acid
PO <sub>2</sub>	Permeabilidade ao oxigênio (cm <sup>3</sup> ·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·Pa <sup>-1</sup> )
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
ps	Pressão de saturação do vapor (kPa)
PVA	Permeabilidade ao vapor de água (g·mm·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> ·kPa <sup>-1</sup> )
PVC	Policloreto de vinila
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
R <sub>máx</sub>	Resistência máxima à tração (MPa)
rpm	Rotações por minuto
SSO	<i>Specific Spoilage Organisms</i>
t	Tempo
TCD	<i>Total Color Difference</i>
T <sub>g</sub>	Temperatura de transição vítrea (°C)
TMA	Trimetilamina
TP	<i>Thermoplastic starch</i>
TPO <sub>2</sub>	Taxa de permeabilidade ao oxigênio (cm <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-2</sup> )
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor de água (g·h <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )
TVB-N	<i>Total volatile basic nitrogen</i>
TVC	<i>Total viable count</i>
UR	Umidade relativa
UR	Umidade Relativa (%)
USP	Universidade de São Paulo
w	Ganho de massa (g)
Δp	Diferença de pressão parcial (kPa)

## RESUMO

SANDRE, Marcella Fernandes Borges. **Uso de recobrimento comestível inteligente a base de soro de leite e extrato da casca de jaboticaba em Queijo Prato**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2018. 42 p. 41. Orientador: Edmar Soares Nicolau, Coorientadores (as): Marco Antônio Pereira da Silva.

Os polímeros biodegradáveis, especialmente os provenientes de fontes naturais renováveis, têm sido foco de interesse para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam, entre outros aspectos, a preservação ambiental e busca de potenciais alternativas de substituição de plásticos convencionais oriundos de fontes petrolíferas, neste sentido, desenvolveu-se recobrimento comestível a base de soro de leite, adicionado de extrato da casca da jaboticaba (antocianina), em três diferentes concentrações, e que, quando aplicados em Queijo Prato, é verificada a efetiva alteração de cor. Embalagens ativas e inteligentes recebem esta classificação por se comunicarem diretamente com o consumidor de maneira visual e por predizer a qualidade do alimento ali envasado, reduzindo assim, os riscos de doenças veiculadas por alimentos. Para tal, após a caracterização dos revestimentos, utilizou-se aplicação de antocianina a 5,0 % em contato direto com queijos tipo Prato por 0 (zero), 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento. Os parâmetros analisados na interação foram: pH, cor e tempo, onde há alteração de cor com o decorrer do período experimental, assim como de pH. Inicialmente os revestimentos possuíam coloração rósea e pH de 5,06 a 5,18 (ácido) ao final do período experimental apresentavam pontos azuis e esverdeados e valores de pH de 8,25 a 8,50 (alcalino). Pôde-se concluir que o recobrimento comestível com aplicação de antocianina é um possível marcador de pH, o que permite que haja real interação do consumidor com o alimento por ser um preditor de alteração físico-química.

**Palavras-Chave:** Bioatividade. Embalagens Ativas e inteligentes. Biofilme. Queijo Prato.

## ABSTRACT

SANDRE, Marcella Fernandes Borges. **Use of smart edible coating based on whey and jaboticaba bark extract on cheese plate.** Dissertation (Master in Food Technology), Goiano Federal Institute, Rio Verde, 2018. 41 p. Advisor: Edmar Soares Nicolau, Coorientator (s): Marco Antônio Pereira dea Silva.

Biodegradable polymers, especially those from renewable natural sources, have been a focus of interest for the development of new technologies aimed at, among other things, environmental preservation and the search for potential substitution alternatives of conventional plastics from petroleum sources in this sense, it was developed an edible coating based on whey, added with jaboticaba bark extract (anthocyanin), in three different concentrations, and when applied in Prato cheese, the effective color change was verified. Active and intelligent packaging receives this classification by communicating directly with the consumer in a visual way and by predicting the quality of the food therein, thus reducing the risks of foodborne diseases. For this purpose, 5.0% anthocyanin application was applied in direct contact with Prato cheeses for 0 (zero), 15, 30, 45 and 60 days of storage. The parameters analyzed in the interaction were: pH, color and time, where there is color change with the course of the experimental period, as well as pH. Initially the coatings had a pink coloration and pH of 5.06 to 5.18 (acid) at the end of the experimental period showed blue and green spots and pH values of 8.25 to 8.50 (alkaline). It can be concluded that the edible coating with anthocyanin application is a possible pH marker, which allows the consumer to interact with the food as a predictor of physico-chemical alteration.

**Keywords:** Bioactivity. Active and intelligent packaging. Biofilm. Cheese Plate.



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Biofilmes são revestimentos biodegradáveis que surgiram como alternativa ecológica a embalagens convencionais, com excelentes características tecnológicas (KROCHTA, 2002).

Os biofilmes são elaborados com solução filmogênica a base de água e amido como agente plastificante. A substituição parcial da água por soro de leite é alternativa relevante para 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, e devido as variações de pH provocarão alterações visuais da cor (PETERSSON & STADING, 2005).

As funcionalidades da tecnologia de aplicação de recobrimentos comestíveis em queijos agem sob a redução de permeabilidade ao oxigênio retardando a decomposição oxidativa de substratos (FARBER et al., 2003) permitindo prolongar a vida útil do queijo (FONSECA & RODRIGUES, 2009).

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 (JACOBS et al., 2015).

Pigmentos como as antocianinas do repolho roxo e jaboticaba, já estão sendo utilizados nesses materiais, quando em pH alcalino, esses filmes apresentam coloração levemente rósea, e em pH ácido, tornam-se amarelados. Esta mudança de cor 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).

Existe grande quantidade de antocianinas na casca da jaboticaba, as quais possuem notáveis propriedades farmacológicas (HERTOG, 1993), podem ser utilizadas como anti-

inflamatório bem como antioxidantes diminuindo a incidência de doenças crônico-degenerativas (PHILPOTT, 2004).

Com o presente estudo, objetivou-se desenvolver recobrimento comestível, para ser adicionado em embalagens de queijos Prato, utilizando concentrações constantes de soro de leite e extrato da casca da jaboticaba que atua na mudança de cor e é um indicador bioativo (RATTY, 1988).

## **CAPÍTULO 1**

### **DESENVOLVIMENTO DE RECOBRIMENTOS ATIVOS COMESTÍVEIS A BASE DE SORO DE LEITE COM ADIÇÃO DE EXTRATO DA CASCA DA JABOTICABA APLICADOS EM QUEIJOS PRATO**

#### **RESUMO**

Objetivou-se desenvolver recobrimento comestível, em forma de fitas cilíndricas, para ser adicionado em embalagens de queijos Prato, utilizando concentrações constantes de soro de leite e crescentes de extrato da casca da jaboticaba. Para tanto, foram extraídos a frio, em solução etérea, compostos antocianicos presentes na casca do fruto. Posteriormente, verteu-se três diferentes concentrações deste extrato às soluções filmogênicas contendo soro de leite, amido de mandioca e glicerol. Para secagem em estufa, as soluções foram dispostas em placas de Petri acrílicas e aguardado o prazo de 32 horas, findo este processo, os recobrimentos comestíveis foram aplicados em queijo tipo Prato e analisados em cinco intervalos de tempo, sendo estes: 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Neste período, foram observadas as alterações nos padrões de cor e pH. Os recobrimentos comestíveis ativos e inteligentes, modificaram a cor juntamente com a alteração de pH desde os primeiros 15 dias de análise. Essa alteração conferiu ao revestimento a bioatividade.

**Palavras-Chave:** Bioatividade. Embalagens Ativas e inteligentes. Biofilme.

## **ABSTRACT**

The objective was to develop an edible coating, in the form of cylindrical ribbons, to be added in packages of Prato cheeses, using constant concentrations of whey and increasing extracts of jaboticaba peel. For this, anthocyanic compounds present in the bark of the fruit were extracted in cold solution. Subsequently, three different concentrations of this extract were transferred to the filmogenic solutions containing whey, cassava starch and glycerol. For greenhouse drying, the solutions were placed in Petry Acrylic plates and waited within 32 hours. After this process, the edible coatings were applied in Prato cheese and analyzed in five time intervals: 0, 15, 30, 45 and 60 days. During this period, changes in color and pH patterns were observed. The active and intelligent edible coatings modified the color along with the pH change from the first 15 days of analysis. This change gave the coating bioactivity.

**Key Words:** Bioactivity. Active and intelligent packaging. Biofilm.

## 1 INTRODUÇÃO

Os plásticos biodegradáveis e compostáveis, especialmente os provenientes de fontes naturais renováveis, têm sido foco de interesse para o desenvolvimento de novas tecnologias (TEXEIRA, 2007).

De acordo com Rooney (1995) a embalagem ativa é caracterizada como o invólucro que não apenas separa o alimento do meio ambiente, mas que interage com o alimento para manter as propriedades. No entanto, Wurlitzer (2007) ressaltou que embalagem ativa é um conceito inovador que combina avanços em tecnologia e segurança dos alimentos através de receptáculos e materiais, em um esforço para melhor atender às demandas de consumidores por alimentos mais frescos e seguros.

Os desenvolvimentos 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 se comunicam com o consumidor através da mudança de cor), que também são tecnologias inovadoras que monitoram a qualidade e segurança dos alimentos (SCANNEL et al., 2000).

No Brasil, a quantidade de resíduo depositada no meio ambiente é expressiva, em contorno a esse problema, surgem alternativas para reciclagem desses resíduos, prática viável tanto ecológica como econômica (LOPEZ, 2006). O soro de leite é o principal resíduo resultante das fábricas de queijos, a utilização na elaboração de novos produtos pode ser uma maneira ecológica e sustentável para o aproveitamento integral dessa matéria prima (ALMEIDA et al., 2001).

O aumento da produção de queijos tem gerado grande quantidade de soro de leite, criando problemas práticos e econômicos quanto a poluição ambiental de rios, oceanos e aumento de esgotos. Muitas pesquisas foram desenvolvidas em diversos países visando criar opções para utilização do lactossoro, evitando assim que funcione como agente de

poluição ambiental devido a alta demanda biológica de oxigênio. (ALMEIDA et al., 2001; MIZUBUTI, 2002).

A jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* - Mart) é nativa do Brasil, o fruto é uma baga esférica preta com casca fina, frágil com aspecto coriáceo e bagaço branco, ligeiramente ácido e doce, com sabor adstringente (MORALES et al., 2016). As antocianinas contidas nas jaboticabas são, de fato, encontradas apenas na casca do fruto, que não é diretamente consumido, porém, utilizado para produzir compotas e extratos designados para a indústria de creme, bebidas e gelados comestíveis. Antocianinas podem reduzir o risco de doença cardíaca coronária, têm efeitos anti-inflamatórios, atividade anticarcinogênica, efeitos antioxidantes, contribui para a prevenção da obesidade, melhora a visão e tem atividade antimicrobiana (PEIXOTO et al., 2016).

O valor nutricional e a composição de jaboticabas são caracterizados pelo elevado teor de hidratos de carbono (glicose, frutose), fibra dietética, minerais (ferro, cálcio, fósforo), vitaminas, compostos bioativos, ácido ascórbico, carotenoides, glicosídeos, compostos fenólicos e antocianinas (MORALES et al., 2016).

A extração de antocianinas e outros compostos bioativos, como fenólicos, a partir de cascas de jaboticaba é de interesse industrial (RODRIGUES et al., 2015).

Nesse contexto, objetivou-se desenvolver recobrimento comestível, em forma de fitas cilíndricas, para ser adicionado em embalagens de queijos Prato, utilizando concentrações constantes de soro de leite e extrato da casca da jaboticaba como indicador bioativo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção do Soro de Leite**

Para produção dos recobrimentos comestíveis, inicialmente, foram processados no Laboratório de Produtos de Origem Animal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde (IF Goiano), queijos frescais, a partir do leite de vaca, obtido no Laboratório de Bovinocultura Leiteira do IF Goiano. Os queijos frescais foram processados conforme metodologia descrita por Furtado & Lourenço Neto (1994) e após o processamento dos queijos o soro resultante foi acondicionado em

embalagens plásticas individuais de 50 mL e mantido sob congelação para utilização no desenvolvimento das soluções filmogênicas.

## 2.2 Experimento 1 - Biofilme Com Soro de Leite

Os recobrimentos comestíveis foram desenvolvidos de acordo com a metodologia de *casting* descrita por Blacido et al. (2013) que consiste na desidratação da solução filmogênica em placa de Petry. Com a substituição da água por soro de leite em diferentes concentrações, verificou-se o efeito do soro de leite como agente solvente na elaboração do recobrimento comestível, desenvolvido em três repetições para cada tratamento. As soluções filmogênicas foram obtidas com 10 % amido de mandioca, 20% de ácido acético e 10% de glicerol.

**TABELA 1** - Formulações de soluções filmogênicas para obtenção de filmes.

Ingredientes	Tratamentos				
	1*	2	3	4	5
Água	60,0	45,0	30,0	15,0	0,0
Soro de leite	0,0	15,0	30,0	45,0	60,0
Amido de mandioca	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Ácido acético	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Glicerol	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

\*(Controle).

Para o desenvolvimento da solução, utilizou-se béqueres de vidro de 250 mL graduados, previamente limpos e sanitizados com álcool 70%. Para pesagem dos componentes da solução, utilizou-se balança de precisão eletrônica Bel<sup>®</sup> modelo S3102 - 3100g x 0,01g e copos descartáveis de 50 mL marca Termoplástico.

Após a pesagem, os béqueres contendo água, soro de leite, amido, glicerol e ácido acético, foram mantidos em banho maria por 28 minutos com temperatura de 85 °C ±3 °C, para efetiva desnaturação das proteínas contidas na solução e gelatinização do amido, as soluções filmogênicas foram colocadas em duas diferentes placas de Petri, sendo estas, acrílico e vidro para que fossem avaliados o material ideal para secagem.

Posteriormente, foram submetidas a secagem em estufa e BOD (Biochemical Oxygen Demand), com temperaturas de BOD de 30 °C ±3 °C, 42 °C ±3 °C e em estufa a 42 °C ±3 °C, por 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 horas (FACKHOURI, 2007).

## Experimento 2 - Obtenção do Extrato da Casca da Jaboticaba

Para obtenção do extrato da casca de jaboticaba *in natura*, as bagas foram coletadas na região do Sudoeste Goiano, na zona rural do município de Rio Verde - GO, selecionadas de modo a evitar frutos com injúrias e estádios de maturação tardio ou precoce.

Os frutos sadios, firmes e com cascas brilhantes foram acondicionados em caixas brancas de polietileno e sanitizadas em 0,10 mL de hipoclorito de sódio a 2,5 % em 1000 mL de água, submersas/20 minutos, e em seguida foram lavadas em água corrente, deixadas sob papel toalha para secagem por 15 minutos, após este período foi realizado com o auxílio de lâmina de aço carbono estéril Solidor<sup>®</sup>, a secção longitudinal da casca, este procedimento permite melhor aproveitamento do pigmento presente na casca, a polpa branca gelatinosa foi desprezada. Em seguida homogeneizou-se as cascas em mixer Wallita 300<sup>®</sup> juntamente com 30 mL de água, adicionou-se 70 mL de álcool etílico e manteve-se sob refrigeração a 5 °C/24 horas, posteriormente, filtrou-se e foi obtido o extrato de casca de jaboticaba.

**TABELA 2** - Formulação de recobrimentos comestíveis com concentrações crescentes de extrato da casca da jaboticaba.

Componentes (%)	Tratamentos			
	1 (Controle)	2	3	4
Água	78,61	76,70	74,88	73,13
Soro de Leite	15,72	15,33	14,97	14,62
Amido de mandioca	2,83	2,76	2,69	2,63
Ácido acético	0,94	0,91	0,89	0,87
Glicerol	0,94	0,91	0,89	0,87
Pectina	0,94	0,91	0,89	0,87
ECJ*	0	2,43	4,76	6,97

\*Extrato da casca da Jaboticaba

A obtenção do extrato procedeu-se conforme o método descrito por LOPES et al. (2007) com adaptações.

## Experimento 3 - Submersão de Queijo Prato em Solução Filmogênica

Após o desenvolvimento das soluções filmogênicas, foram adquiridos no comércio local, queijos tipo Prato. Os mesmos foram fracionados em pequenos pedaços



de 20g e pesados em balança analítica modelo Marte AD430. Testou-se a submersão de queijos em soluções filmogênicas em estado líquido, a 15 °C, 30 °C e 60 °C para que pudesse ser avaliado o possível efeito de secagem da solução e a formação de uma biopelícula diretamente em contato com o Queijo Prato.

Após a tentativa em três diferentes temperaturas, as alíquotas foram acondicionadas em placas tipo Petry e mantidas em BOD a 5 °C para secagem em umidade relativa (UR) de 32 % (FACKHOURI, 2007).

### **Permeabilidade ao Vapor D'água**

A determinação da permeabilidade ao vapor d'água foi realizada pela fixação dos recobrimentos comestíveis na parte superior de um recipiente contendo sílica. O sistema foi acondicionado em câmara hermeticamente fechada (com solução de cloreto de sódio) a 23°C e umidade relativa de 75%. A determinação da permeabilidade de vapor d'água foi obtida através da diferença de peso do sistema no início e após cinco dias de incubação (ASTM, 1995).

### **Espessura**

Para o cálculo da espessura, cortou-se o recobrimento comestível com 4 cm de diâmetro, dividido em quatro quadrantes. Utilizou-se paquímetro digital Western® PRO, e os resultados foram expressos em milímetros, a espessura foi aferida em três locais diferentes em cada quadrante, somando 12 vezes por filme, totalizando 36 repetições por tratamento.

### **Textura**

Os filmes foram submetidos a análise de textura, utilizando Texturômetro TA.XT/Plus - Texture Analyser - Stable Micro Systems® e determinados desse modo, após avaliação de cinco repetições por tratamento, os padrões de adesividade, que é a energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com os quais o alimento está em contato; dureza: força necessária para produzir certa deformação; elasticidade: velocidade na qual um material deformado volta

a condição não deformada, depois que a força de deformação é removida; gomosidade: força necessária para desintegrar a massa do alimento, obtida durante a mastigação, até que atinja o ponto de engolir; mastigabilidade: tempo necessário para mastigar uma amostra (velocidade constante) e para reduzi-la a consistência adequada para deglutição e fraturabilidade: força pela qual uma amostra esmigalha ou quebra.

### **Avaliação visual da mudança de cor dos revestimentos comestíveis**

Os queijos Prato foram armazenados em geladeira, em embalagens plásticas primária até a data de fracionamento. As alíquotas utilizadas nas análises foram de 100 gramas de queijo para cada recipiente e a estes foram adicionados recobrimentos comestíveis e observado o comportamento através da análise visual de coloração com filmes recém preparados.

### **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

As alíquotas de Queijo Prato foram pesadas (2,5 g) e adicionadas em 50 mL de água peptonada e o pH foi avaliado por meio de pHmetro de bancada microprocessado W3B (Bel Engineering®) (BRASIL, 2006).

### **Cor**

A análise da cor dos biofilmes foi realizada no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do IF Goiano, utilizando-se equipamento Colorímetro Hunter Lab, modelo Color Flex EZ®. As amostras de biofilme foram divididas em quatro quadrantes e efetuada três leituras em cada quadrante, sendo as análises realizadas em triplicata. Foram obtidos os parâmetros L\*, a\* e b\* e calculados os parâmetros Chroma e Hue (CASSETARI, 2012).

Para avaliação do ângulo Hue e cromaticidade C\*, foram utilizadas as coordenadas a\* e b\* (KONICA, 1998), conforme as equações abaixo:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Equação 2})$$

## **Análises Estatísticas**

Os dados iniciais de solubilidade, textura, espessura e permeabilidade a vapores de água foram submetidos a análise de variância e quando o teste F foi significativo, realizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Após a escolha do biofilme os dados também foram submetidos a análise de variância e quando o teste F foi significativo realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática. Utilizou-se o software estatístico SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

Os parâmetros médios do pH, acidez titulável, umidade, atividade de água, textura e cor, foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, três repetições por tratamento e três análises por repetição, totalizando nove unidades experimentais. No desdobramento da análise foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011). Para a estimação do pH utilizou-se a regressão múltipla. As variáveis explicativas foram L\*, a\*, b\*, Chroma e Hue, que foram selecionadas pelo método “backward” de regressão múltipla, que avalia todas as variáveis dentro de uma regressão, excluindo automaticamente aquelas que, para determinado modelo, não foram significativas pelo teste t de student e não promoveram melhoria do coeficiente de determinação ajustado, mantendo somente as variáveis explicativas que de fato colaboram com a qualidade final dos ajustes. Foram utilizados um software de programação (R) e um estatístico (STATISTICA StatSoft, Tulsa<sup>®</sup>) para essas análises.

### **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Revestimentos comestíveis utilizando amido de mandioca, soro de leite, ácido acético e glicerol, não apresentaram boa resistência mecânica, não se desgrudaram da placa e por essa razão, optou-se por filmes contendo pectina cítrica, que resultou em filmes mais coesos, com resistência mecânica e a tração superiores aos testados sem adição de pectina cítrica.

Entre os potenciais formadores de filmes, destacam-se o amido de mandioca e a pectina de baixo teor de metoxilação (BTM). Estes polissacarídeos aniônicos são abundantes na natureza, de fácil extração e possuem a característica de reagir com íons

divalentes, principalmente cálcio, pela formação de ligações cruzadas, resultando em filmes fortes, com melhor resistência à água (FANG et al., 2008).

As formulações iniciais sugeridas não viabilizaram a aplicação deste recobrimento comestível em substituição de embalagem primária. A permeabilidade a vapores de água não pôde ser aferida de acordo com o proposto pela metodologia oficial, por não ter sido possível a retirada dos filmes das placas, que a 15 °C a solução apresentava-se gelatinizada e sólida, não permitindo submersão, a 30 °C apresentava-se parcialmente solidificada, porém, após a secagem do queijo revestido com a solução filmogênica houve perda de massa de aproximadamente 45%, e a 60 °C os queijos fundiram em razão da alta temperatura.

Após a completa secagem em ambos os meios (estufa e BOD), os resultados obtidos foram insatisfatórios, pois os revestimentos resultantes foram inviáveis de serem analisados e caracterizados por não terem se desgrudado da placa de petry, impossibilitando o prosseguimento da pesquisa de acordo com a metodologia proposta por *Casting*.

Todas as formulações inicialmente descritas, conforme Tabela 1, foram realizadas em repetição e em triplicata e em nenhum dos 5 tratamentos foi possível a continuidade da formulação.

A permeabilidade ao vapor de água (PVA), quando comparada entre as três diferentes concentrações contendo extrato de casca de jaboticaba (2,5%, 5,0% e 7,5%), resultou em valores médios de 2,85; 2,12 e 3,13 g.mm.kPa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, respectivamente, o que indica que não houve mudanças significativas nos padrões de PVA quando analisados em diferentes concentrações do substrato.

Os valores médios de PVA encontrados neste trabalho (2,70 ±0,05) diferem dos relatados por Garcia et al. (2004) em filmes biodegradáveis à base de metilcelulose e quitosana com valores de 6,52 ±0,05 g.mm.kPa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> e 7,80 ±0,10 g.mm.kPa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>, respectivamente.

Talja et al. (2008) relataram valores de PVA de 1,06 g.mm.kPa<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> valores ainda menores que os obtidos no presente trabalho, em filmes à base de amido de batata, sem adição de plastificantes.

Os resultados obtidos nas concentrações de extrato da casca de jaboticaba, em relação a espessura dos filmes nas concentrações com 2,5% e 5,0% não apresentaram diferença enquanto a concentração com 7,5% apresentou maior espessura, mas sem influência quanto a permeabilidade ao vapor de água. Em relação a gomosidade,

coesividade, adesividade e elasticidade o tratamento contendo a maior concentração de extrato de jaboticaba apresentou-se com maior qualidade nos parâmetros totais, conforme descrito na Figura 1, em relação a mudança visual de cor, filmes que continham elevadas concentrações de antocianina  $\geq 7,5\%$  não foram sensíveis a mudança de cor, no aspecto visual, quando comparado a biofilmes contendo 5,0% de extrato de jaboticaba. Optou-se então por utilizar a formulação para o desenvolvimento de recobrimentos comestíveis que apresentou maior sensibilidade a mudança de cor, ainda que não tivessem o melhor desempenho nas demais análises, os filmes contendo concentrações de 2,5% foram descartados por não permitirem descolamento de placa, necessitando repetições constantes para que pudessem ser retirados filmes com no máximo 6 cm de diâmetro.

Li et al. (2008) enfatizaram que a permeabilidade a vapores de água é variável, e há estreita relação entre os agrupamentos (-OH) disponíveis no biopolímero e sugeriram uma estreita análise entre os valores de PVA e espessura, onde a PVA dividida pela espessura dos filmes sugere interpretações concretas. Sobre essa ótica, Batista (2004), evidenciou que ácidos graxos por terem características de hidrofobicidade, aumentam a permeabilidade a vapores de água o que pode ser complementada pelos grupos carboxílicos presentes nas antocianinas que ao interagirem com água facilitam a migração desta para os revestimentos.

Diversos fatores do material dentre estes a fonte do amido interferem diretamente na permeabilidade a vapores de água nos biofilmes (GRAAF; KARMAN; JANSSEN, 2003); a proporção entre amilose e amilopectina (RINDLAV-WESTLING et al., 1998); o grau de cristalinidade (MALI et al., 2006); aditivos incorporados à matriz polimérica (TANG; ALAVI; HERALD, 2008), espessura e as condições de armazenamento (MALI et al., 2006).

Shimazu, Mali e Grossmann (2007) evidenciaram que a atividade de água ( $a_w$ ) estabelece direta relação com as propriedades mecânicas dos filmes desenvolvidos com amido de mandioca e que quanto menor a  $a_w$  da solução saturada presente no dessecador maior será a resistência máxima a tração.

Segundo Ashley (1985), a umidade absorvida tem um efeito plastificante em filmes preparados com proteínas, reduzindo assim a resistência à tração e aumentando a flexibilidade do filme.

De acordo com Labuza (1984) a quantidade de água absorvida pelas matérias alimentícias a umidade relativa constante diminui com o aumento da temperatura. Isto

implica que menos água foi ligada a temperaturas mais elevadas, diminuindo a plasticidade da película, causando menos enfraquecimento da estrutura da película, melhorando assim a resistência à tração e o módulo de elasticidade das películas.

**TABELA 3** - Resumo da análise de variância e massa de água (MA), taxa de permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura (ES) dos biofilmes com diferentes concentrações de extrato de casca de jaboticaba (ECJ).

Fonte de variação	GL	MA	PVA	ES
Concentrações	3	0,62 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>**</sup>
Erro	24	0,38	1,52	0,003
CV (%)	-	45,63	45,58	7,63
	2,5% ECJ	1,43a	2,85a	0,71b
<b>Médias</b>	5,0% ECJ	1,06a	2,12a	0,71b
	7,5% ECJ	1,57a	3,13a	0,79a

GL = graus de liberdade. CV = coeficiente de variação. <sup>\*\*</sup>Diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F; <sup>\*</sup>Diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste F; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Além disso, pode-se deduzir que o aumento da temperatura aumenta o efeito da umidade relativa nos filmes. Osés et al. (2009) relataram diminuição na resistência à tração, módulo de elasticidade e aumento no alongamento na ruptura com aumento na umidade relativa de filmes isolados de proteína de soja e soro de leite, respectivamente.

A permeabilidade ao vapor de água é um fenômeno que implica na solubilidade da água e na difusão das moléculas de água através da matriz do filme (Osés et al., 2009). O aumento do conteúdo de umidade nos filmes poderia ter resultado em intumescimento, levando à expansão da matriz de biopolímero, o que aumentaria a difusão do vapor de água através dos filmes comestíveis à medida que a temperatura aumentasse.

Para Bertuzzi et al. (2007) o aumento da difusividade com o aumento da temperatura é devido ao aumento do movimento dos segmentos do polímero e ao aumento dos níveis de energia das moléculas permeantes. A permeabilidade aumenta com a temperatura. Embora os plásticos sintéticos sejam economicamente mais viáveis, uma maior disponibilidade de plásticos biodegradáveis permitirá que consumidores possam escolhê-los com base na disposição ambientalmente responsável.

Os processos que são mais promissores para o desenvolvimento de biopolímeros são aqueles que empregam matérias-primas de recursos renováveis. Plásticos biodegradáveis contendo amido tendem a experimentar um crescimento contínuo no

desenvolvimento de biofilmes e recobrimentos comestíveis.

A responsabilidade ambiental torna este um momento ideal para maior investimento e crescimento de biopolímeros. A amilose presente no amido permite que soluções filmogênicas apresentem maior coesividade e elasticidade de superfície.

O padrão de luminosidade aferido entre tons mais claros e mais escuros, apresentou diferença pontuais, a cada análise individual de tempo, exatamente por representar uma alteração instantânea e não progressiva. As coordenadas associadas aos tons de vermelho e verde, representadas por  $a^*$  e as indicativas de amarelo e azul representadas por  $b^*$ , são as que visualmente permitiram avaliação subjetiva, e posteriormente evidenciada. Os resultados iniciais apresentados, em relação a coordenada  $a^*$  foram de  $3,05 \pm 0,085$  e  $-0,62 \pm 0,063$  para a coordenada  $b^*$ , e finais variando entre  $a^*$   $0,23 \pm 0,049$  e  $b^*$   $-0,02 \pm 0,037$ , que comprovam a despigmentação observada visualmente e analiticamente.

Recobrimentos comestíveis demonstram características de atividade e inteligência quando aplicados em alimentos BASSETTO et al. (2005), MUSKOVICS et al., 2006, HERNÁNDEZ et al., 2007.

Os valores relacionados ao indicador Chroma que inicialmente apresentaram valor inicial de  $3,11 \pm 0,093$  e final  $0,24 \pm 0,047$ , demonstraram que quanto menor o valor, menos perceptível será a diferenciação entre as tonalidades e com elevados valores de Chroma, sugerem uma cor mais homogênea. Os filmes iniciaram o experimento em tempo zero com coloração rósea e finalizaram em tons azuis e esverdeados. As alterações foram decrescentes a partir do terceiro tempo de maturação, ou seja, em 30 dias de experimento.

A cor de um alimento é um fator determinante que influencia a aceitabilidade dos consumidores. Isso se deve ao fato de que os consumidores sempre associam cores alimentares a outras qualidades, como frescor, amadurecimento e segurança alimentar (Heins et al., 2001).




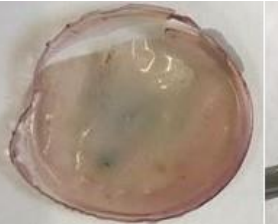

O parâmetro  $L^*$ , no estágio inicial da avaliação ( $18,45 \pm 0,426$ ), quando comparado ao tempo final ( $21,82 \pm 0,748$ ), sessenta dias, apresentou crescimento, evidenciando maior luminosidade no decorrer do período amostral. Zetty (2012), ao desenvolver filmes a base de antocianina aplicados em peixes frescos, observou decréscimo do padrão  $L^*$  em razão da temperatura e tempo de estocagem que alterou significativamente a luminosidade dos filmes. Armazenados sob refrigeração ( $4^\circ\text{C}$ ) o

valor de  $L^*$  se mostrou maior para estes filmes do que para aqueles armazenados à temperatura ambiente ( $26^{\circ}\text{C}$ ).

Com relação ao eixo verde - vermelho dos filmes, o parâmetro  $a^*$  é o fator mais importante na avaliação da atividade indicadora de pH dos filmes biodegradáveis incorporados com extratos da casca da jaboticaba devido a presença do pigmento avermelhado. Este parâmetro apresentou valores positivos em tempo zero e decresceu em todas as etapas de avaliação de tempo a medida em que os valores de pH aumentavam, evidenciando a perda do componente vermelho do filme, como já era esperado.

É possível observar nas descrições gráficas dos valores de  $b^*$ , que inicialmente os padrões mostraram-se negativos (azuis escuros) devido a presença do pigmento antocianico e com o decorrer do tempo do  $15^{\circ}$  ao  $45^{\circ}$  dias de avaliação, tenderam para valores positivos (amarelos) e negativos (azuis claros) ao final do experimento, aproximadamente aos sessenta dias. Isto ocorreu possivelmente devido ao nitrogênio básico volátil total (TVB-N) originado pela deterioração do Queijo Prato, que alcalinizou o meio, com o aumento do pH ocorre a desprotonação do cátion flavílio que resulta na formação da base quinoidal, azul ou violeta, e em paralelo ocorre a hidratação do cátion flavílio, gerando a pseudobase incolor ou carbinol que atinge o equilíbrio lentamente com a chalcona incolor ou amarelo pálido (BROUILLARD; DUBOIS, 1977).



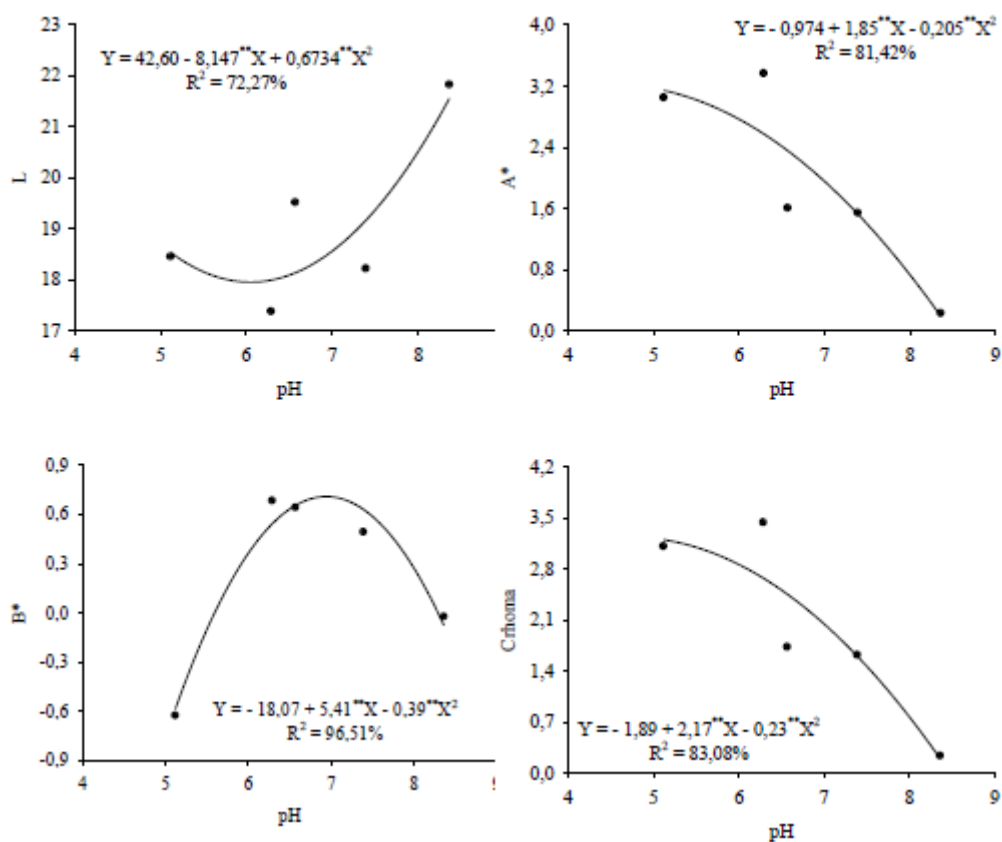
		Armazenamento (dias)				
		0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
Biofilmes a 5,0 %						
	pH	5,13	6,30	6,58	7,40	8,36
Cor	L*	$18,45 \pm 0,426$	$17,38 \pm 0,680$	$20,20 \pm 0,963$	$18,22 \pm 0,771$	$21,82 \pm 0,748$
	a*	$3,05 \pm 0,085$	$3,36 \pm 0,104$	$1,57 \pm 0,072$	$1,54 \pm 0,046$	$0,23 \pm 0,049$
	b*	$-0,62 \pm 0,063$	$0,68 \pm 0,229$	$0,70 \pm 0,160$	$0,49 \pm 0,027$	$-0,02 \pm 0,037$
	C*	$3,11 \pm 0,093$	$3,44 \pm 0,127$	$1,72 \pm 0,125$	$1,62 \pm 0,052$	$0,24 \pm 0,047$
	Hue	$-11,55 \pm 0,979$	$11,46 \pm 3,653$	$23,80 \pm 4,111$	$17,66 \pm 0,406$	$-6,13 \pm 11,000$

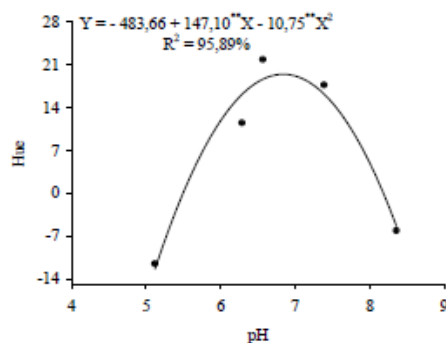
**FIGURA 1** - Recobrimentos comestíveis a base de soro de leite, com 6 cm de diâmetro, contendo antocianina em diferentes estágios de evolução do experimento e relação com a cor e pH.

Estudos sobre a estabilidade das antocianinas e a variação de cor com o pH mostram que as alterações na cor desses compostos são mais significativas na região alcalina devido à instabilidade (MARKAKIS, 1982; CABRITA, FOSSEN, ANDERSEN, 2000).

O pigmento relacionado aos cultivares que contem antocianina podem ser afetados por uma série de reações que ocorrem ainda nos alimentos, e o principal problema associado as antocianinas é a instabilidade causada pelo pH, temperatura, estrutura química, concentração, luz, oxigênio, solventes, presença de enzimas, flavonóides, proteínas e íons metálicos, mesmo antes da extração, em estágio de armazenamento (FOSSEN et al., 1998).

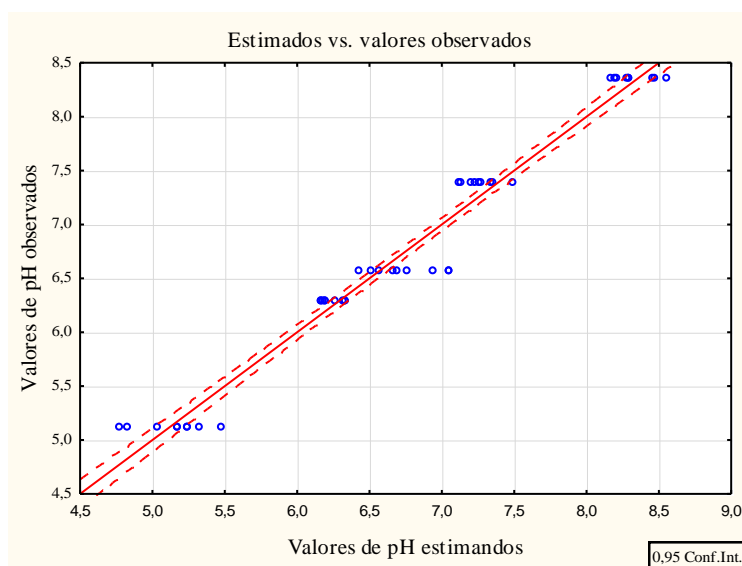
Em solução, moléculas de antocianinas estão presentes em um equilíbrio entre o cátion flavínico AH<sup>+</sup> (vermelho) e a pseudobase ou carbinol (incolor). Esse equilíbrio é diretamente influenciado pelo pH (HE et al., 2015).





**FIGURA 2** - Parâmetros L\*, a\*, b\*, Chroma e Hue do biofilme em 5,0% de concentração, em função do pH queijo.

O modelo desenvolvido para estimar o pH do queijo conforme Figura 1 está descrito na equação 1, de modo que nenhuma das variáveis foram excluídas pelo método backward e todas apresentaram significância a 1% de erro. O coeficiente de determinação múltiplo ( $R^2$ ) foi de 97,03% com erro padrão da estimativa de 0,2 observa-se graficamente os valores observados do pH e os estimados pela equação 1.



$$pH = 11,37 - 0,132 \times L^* + 7,719 \times a^* + 1,398 \times b^* - 8,572 \times Chroma - 0,0219 \times Hue$$

**FIGURA 3** - Valores de pH observados e estimados do Queijo Prato em cinco diferentes épocas de avaliação 0,15,45,30 e 60 dias.

Estudos de Pacquit et al. (2006) com embalagens inteligentes demonstraram evidente alteração de cor em função do pH, cabe ressaltar que estudos têm sido realizados com matrizes poliméricas sintéticas (plásticos), e indicadores de cor sintéticos e artificiais e que possuem uso limitado na indústria e alimentos.

Indicadores de cor foram desenvolvidos por Hong e Park (2000) para avaliar o grau de fermentação de produtos Kimchi (produto vegetal fermentado tradicional da Coréia) durante o armazenamento e distribuição. Avaliou-se a fermentação do Kimchi pela mudança total de cor e acidez titulável (AT). Utilizando os indicadores sintéticos bromocresol púrpura (BP, do inglês *Bromocresol purple*) e vermelho de metila (MR, do inglês *Methyl red*), observaram que, embora a mudança de cor de ambos indicadores tenham demonstrado boa correlação com os valores da AT do Kimchi, a mudança de cor do BP foi muito superior à obtida com MR. Concluiu-se que esses indicadores de cor são aplicáveis ao produto Kimchi como um sistema de embalagem inteligente para o monitoramento da maturação.

## CONCLUSÃO

Os recobrimentos comestíveis ativos a base de soro de leite adicionados de extrato da casca de jaboticaba, quando aplicados em queijos Prato demonstraram efetiva mudança de cor, conferindo a estes revestimentos a característica de biofilmes ativos e inteligentes por terem, na composição, o potencial bioativo.

## 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.

ASHLEY RJ. **Permeabilidade e embalagem plástica**. Em: Comyn J, editor. **Permeabilidade do polímero**. Londres: Elsevier Applied Science Publishers; 1985

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

BATISTA, Emerson de Oliveira. **Sistema de Informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento**. São Paulo: Saraiva, 2004.

BERTUZZI MA, Armada M, Gottifredi JC. **Caracterização físico-química de filmes à base de amido**. J Food Eng. 2007; 82 : 17-25. doi: 10.1016 / j.jfoodeng.2006.12.016  
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.

- BRACCINI, I., PÉREZ, S. **Molecular Basis of Ca<sup>2+</sup>-Induced gelation in alginates and pectins: the egg-box model revisited.** *Biomacromolecules*, v.2, n.4, p.1089-1096, 2001.
- 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.
- BROUILLARD, R.; DUBOIS, J. E. **Mechanism of the structural transformations of anthocyanins in aqueous media.** *Journal of American Chemistry Society*, v. 99, p. 1359-1363, 1977.
- CASSETARI, L. D. **Teores de clorofila e β-caroteno em cultivares e linharesalface.** 2012. 67p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras, 2012.
- Chinma CE, Ariahu CC, Abu JO. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca e concentrado de proteína de soja.** *Int J Food Sci Techn.* 2012
- FAKHOURI, F. M.; COLLARES, F. P. **Impact of drying conditions on the properties of biofilms based on gelatin and different types of corn and manioc starch.** In: CONGRESSO IDS. 2006, in press.
- FANG, Y., AL-ASSAF, S., PHILLIPS, G. O., NISHINARI, K., FUNAMI, T., WILLIAMS, P. A. **Binding behavior of calcium to polyuronates: Comparison of pectin with alginate.** *Carbohydrate Polymers*, v.72, p. 334-341, 2008.
- 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.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v 35, n 6, pg 1039-1042, 2011.
- FONSECA, S.F.; RODRIGUES, R.S. **Utilização de embalagens comestíveis na indústria de alimentos.** Pelotas, RS. Trabalho Acadêmico. 2009. 34p. Universidade Federal de Pelotas, 34 p. 2009.
- FOSSSEN, T.; CABRITA, L.; ANDERSEN, O. M. Cor e estabilidade das antocianinas puras influenciadas pelo pH, incluindo a região alcalina. **Food Chemistry**, v. 63, p. 435-440, 1998.
- FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar Editora, 1994. 118 p.

GALVANO, F.; LA FAUCI, L.; LAZZARINO, G.; FOGLIANO, V.; RITIENI, A.; CIAPPELLANO, S.; BATTISTINI, N. C.; TAVAZZI, B.; GALVANO G. Cyanidins: metabolism and biological properties. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. **15**, n. 1, p. 2-11, 2004.

GARCÍA, M. A., PINOTTI, A., MARTINO, M. N., ZARITZKY, N. **Characterization of composite hydrocolloid films**. Carbohydrate Polymers, v. 56, p. 339-345, 2004.  
GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J. L.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. **Food Science Tecnology**, 1994.

GRAAF, R.A.; KARMAN, A.P.; JANSSEN, L.P.B.M. **Material properties and glass transition temperatures of different thermoplastic starches after extrusion processing**. Starch/Stärke, v.55, p.80-86, 2003.

HE, F.; UM, L.; G-LIANG YAN.; NA-NA, L.; QIU-HONG, P.; WANG, J.; REEVES, M. J.; CHANG-QING, D. **Molecules**, v. 15, p. 9057-9091, 2015.

HEINS, A.; H, STOCKMANN E K. SCHWARZ. Projetando composição de alimentos à medida de antocianinas. Em: *Phytoquímicos Biologicamente Ativos em Alimentos: Análise, Metabolismo, Biodisponibilidade e Função*, Pfannhauser, W., GR Fenwick e S. Khokhar (Eds.). **Royal Society of Chemistry**, p. 378-381, 2001.

HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M. B.; KROMHOUT, D. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in the Netherlands, **Nutritional Cancer**, v. 20, n. 1, p. 21, 1993.

HILPOTT, M., GOULD, K. S, LIM, C; FERGUSON, L. R .In situ and in vitro antioxidant activity of sweet potato anthocyanins. **J. Agric. Food Chem.**, v. 52, n. 6, p. 1511-1513, 2004.

HONG, S.; PARK, W-S. **Use of color indicators as an active packaging system for evaluating kimchi fermentation**. Journal of Food Engineering, v. 46, p. 67-72, 2000.  
JACOBS, J. A.; KILDUFF, T. F., **Engineering Materials Technology**, 5th edition, Prentice Hall PTR, Paramus, NJ, 2005.

KONG, J.; CHIA, L.; GOH, N.; CHIA, T.; BROUILLARD, R. **Analysis and biological activities of anthocyanins**. *Phytochemistry*, v.64, n. 5, p. 923-933, 2003.  
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.

Labuza TP (1984). Determinação de isothermas de sorção de umidade. Em: **Sorção de umidade: Aspectos práticos da medição e uso da isoterma**. St. Paul, MN: Associação Americana de Químicos de Cereais, pp. 64-73

LI, R.; LI, Y.; KRISTIANSEN, K.; WANG, J. Soap: short oligonucleotide alignment program. **Bioinformatics**, v. 24, n. 5, p. 713-714, 2008.

LOPES, J.; RIBEYRE, C.; NICOLAS, A. Complex minisatellite rearrangements generated in the total or partial absence of Rad27/hFEN1 activity occur in a single generation and are Rad51 and Rad52 dependent. **Mol Cell Biol.**, v. 26, n. 17, p. 6675-89, 2006.

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 Food Engineering, v. 75, p. 453-460, 2006.

MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A. et al. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho ( *Zea mays* L.), sorgo ( *Sorghum bicolor* ( L.) Moench) e girassol ( *Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.31, n.1, p.267-272, 2002.

MONTES C.; VICÁRIO I. M.; RAYMUNDO M.; FETT R.; HEREDIA F. J. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from Jaboticaba (*Myrcia jaboticaba* Berg.). Food Res. Int, v. **38**, n. 8-9, p. 983-988, 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.

Osés J, Fabregat-Vázquez M, Pedroza-Islas R, Tomás SA, Cruz-Orea A, Maté JI. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis compostos à base de isolado de proteína de soro de leite e goma de mesquite.** J Food Eng. 2009; 92 : 56-62.

PACQUIT A., FRISBY J., DIAMOND D., LAU K., FARRELL A., QUILTY B., DIAMOND D. **Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage.** Food Chemistry 2006.

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.

PETERSEN, P. E.; BOURGEOIS, D.; OGAWA, H.; ESTUPINAN-DAY, S.; NDIAYE, C. The global burden of oral diseases and risks to oral health. , v. 83. N. 9, p. 661-669, 2005.

RATTY, A. K.; DAS, N. P. Effects of flavonoids on non enzymatic lipid peroxidation: structure-activity relationship. **Biochemical Medicine and Metabolic Biology**, v. 39, p. 69-79, 1988.

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

RINDLAV-WESTLING, A.; STANDING, M.; HERMANSSON, A.M.; GATENHOLM, P. **Structure, mechanical and barrier properties of amylose and amylopectin films**. Carbohydrate Polymers, v.36, p.217-224, 1998.

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.

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. **Int. J. Food Microbiol.**, v. 60, n. 2-3, p. 241- 249, 2000.

TALJA, R. A.; HELÉN, H.; ROOS, Y. H.; JOUPPIA, K. **Effect of type and content of binary polyol mixtures on physical and mechanical properties of starch-based edible films**. Carbohydrate Polymers, v. 71, p. 269-276, 2008.

TANG, X., ALAVI, S., HERALD, T. J. **Effects of plasticizers on the structure and properties of starch–clay nanocomposite films**. Carbohydrate Polymers, v. 74, p. 552- 558, 2008.

TÁPIA-BLÁCIDO, D.R.; SOBRAL, P.J. do A.; MENEGALLI, F.C. **Effect of drying conditions and plasticizer type on some physical and mechanical properties of amaranth flour films**. LWT - Food Science and Technology, 2013.

TEIXEIRA, E. M. Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos. **Instituto de Química de São Carlos**, 2007.



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.