

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

**PRODUÇÃO DE BIOFILMES À PARTIR DO MESOCARPO
EXTERNO DO PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb)**

Autor: Lázaro Sátiro de Jesus
Orientadora: Dr.^a Geovana Rocha Plácido
Coorientadora: Dr.^a Melissa Cássia Favaro Boldrinm Freire

Rio Verde – GO
janeiro – 2017

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

**PRODUÇÃO DE BIOFILMES À PARTIR DO MESOCARPO
EXTERNO DO PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb)**

Autor: Lázaro Sátiro de Jesus
Orientadora: Dr.^a Geovana Rocha Plácido
Coorientadora: Dr.^a Melissa Cássia Favaro Boldrinm Freire

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 desenvolvimento de produtos de origem vegetal.

Rio Verde – GO
janeiro – 2017

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Pequi	3
2.1.1	Pectina.....	5
2.1.2	Biofilmes	6
3	OBJETIVOS GERAIS	8
3.1	Objetivos Específicos.....	8
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1	Material	9
4.2	Métodos	9
4.2.1	Preparo da matéria-prima	9
4.2.2	Preparo das Farinhas	10
4.2.3	Extração e quantificação de pectina	10
4.2.4	Determinação da cor das pectinas extraídas.....	11
4.2.5	Grau de esterificação por espectrometria de infravermelho.....	12
4.2.6	Processo de confecção dos filmes.....	14
4.2.7	Caracterização das propriedades mecânicas dos filmes	14
4.2.8	Análises Estatísticas das Extrações de pectina	15
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5.1	Rendimento das Extrações	16
5.2	Determinação da cor das pectinas extraídas	17
5.3	Análises espectroscópicas	19
5.4	Propriedades mecânicas.....	21
5.5	Cor.....	22
6	CONCLUSÃO	23
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Corte transversal para melhor visualização da estrutura do fruto do pequi, exocarpo (a), mesocarpo externo (b), mesocarpo interno ou polpa porção comestível do fruto(c), endocarpo(d) amêndoa (e).....	4
Figura 2 - Polímero homogalacturano (pectina).....	6
Figura 3 - Fruto íntegro ainda contendo seu exocarpo, b) mesocarpo externo separado do exocarpo.....	10
Figura 4 - – a) Mesocarpo externo do pequi após secagem, b) mesocarpo externo moído.....	10
Figura 5 - Espectrofotômetro IRAFFINITY-1 SHIMADZU.....	13
Figura 6 - Gráfico de dispersão desdobramento tempo em níveis de concentração.....	17
Figura 7 - Gráfico de dispersão desdobramento concentração versus tempo em função da intensidade da coordenada de cromaticidade a^*	18
Figura 8 - Espectros das pectinas extraídas.....	19
Figura 9 - Grau de esterificação das pectinas extraídas.....	20

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional média de frutos de Pequi	04
Tabela 2 - Proporções de pectina extraída e comercial em cada formulação	14
Tabela 3 - Fatores de variação do experimento concentrações de ácido cítrico em função do tempo a serem estudadas.	15
Tabela 4 - Análise de variância para o rendimento e cor	16
Tabela 5 - Grau de esterificação da pectina extraída.....	20
Tabela 6 - Propriedades mecânicas dos filmes mistos de pectina comercial e pectina extraída do mesocarpo do pequi	21
Tabela 7 - Variações de cor dos filmes produzidos	22

ÍNDICE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo de Rendimento	11
Equação 2 - Para valores a^* negativos	12
Equação 3 - Para valores a^* positivos	12
Equação 4 - Valores de c^*	12
Equação 5 - A determinação do grau de esterificação.....	13

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

a* – Coordenadas de Cromaticidade

AM – Alta Metoxilação

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

APest - rea dos picos carboxílicos esterificados

APNest - rea dos picos dos grupos carboxílicos não esterificados.

ATM – Alto Grau de Metoxilas

AUA – Teor de cidos Galacturnicos

b* – –Coordenadas de Cromaticidade b

BTM – Baixo Grau de Metoxilas

C – Concentração Molar

CV – Coeficiente de Variação

DE – Grau de Esterificação

FTIR – Transformada de Fourier

HM – High Methoxyl (Alta Metoxilação)

KBr – Brometo de Potássio

kN – kilonewton

L* \rightarrow – Luminosidade

MPA – Mega Pascal

N – Teor de Açúcares Neutros

P – Teor de Pectinas

R² - Coeficiente de Determinação

T – Temperatura

TE – Tempo de Extração

V – Viscosidade

α - Alfa

°C – Graus Celsius

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre me mostrar que o impossível só existe para quem não tem fé e por terem-me agraçado com pais de amor incondicional e amigos de lealdade incontestável.

Aos meus eternos heróis, meu pai Ednaldo, por sempre ser exemplo de integridade e responsabilidade, minha mãe Erivalda, por ser sinônimo de amor e acolhimento.

À minha amada Erica Cabral, por ser meu alicerce, por dividir comigo todas as emoções dessa trajetória e sempre compreender e me apoiar nas minhas decisões.

Aos meus amigos Ricardo Lima, Paulo Victor, Múcio Borges, Karen Carvalho, Jadson Moura, Bruno Wenceslau, que sempre estiveram próximos e dividiram comigo as mais importantes conquistas da minha vida.

À professora Dr.^a Geovana, pela paciência, compreensão e companheirismo, ajuda e suporte nesse período.

À Hellen, que foi um anjo que Deus colocou no meu caminho para que eu pudesse conculuir essa etapa, ao meu amigo e companheiro de projeto Marcos André.

Ao professor Dr. Celso, pelo auxílio e por ser exemplo de simplicidade e humildade.

A Marcel Alexandre, por ter me auxiliado em momentos turbulentos durante a trajetória tornando um icone de superação nesse momento.

Aos novos integrantes da minha pequena lista de amigos, Ananda e Eduardo.

Aos alunos do mestrado que de forma direta e indireta me auxiliaram em especial Yasmine Ariadne.

Ao meu grande amigo Juliano, que não mediu esforços ao me ajudar.

A todos docentes e técnicos administrativos do Instituto Federal Goiano, que participaram da minha formação acadêmica durante o mestrado, em especial, Angélica pelo auxílio sempre da forma mais célere.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Lázaro Sátiro de Jesus, filho de Ednaldo Manoel de Jesus e Erivalda Sátiro dos Santos, nasceu em Aracajú – SE, no ano de 1988. Sua formação profissional incia-se no ano de 2004, no curso Técnico em Zootecnia na Escola Agrotécnica Federal. Em 2007 ingressou na primeira turma de Engenharia de Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, concluindo sua graduação em 2013. Em 2015 iniciou o Mestrado em Tecnologia de Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano concluindo no ano de 2017.

RESUMO

Jesus, Lázaro Sátiro. Instituto Federal Goiano campus Rio Verde – GO, janeiro de 2017.
PRODUÇÃO DE BIOFILMES À PARTIR DO MESOCARPO EXTERNO DO PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb). Orientador(a): Geovana Rocha Plácido.
Coorientador(a) . Melissa Cássia Favaro Boldrinm Freire

A escolha da embalagem a ser utilizada para acondicionar alimentos é de suma importância, pois além de ser um fator determinante durante a compra do produto, facilita a proteção e o transporte, além de retardar modificações que não são de interesse do consumidor. Por esses motivos, há crescimento na quantidade de pesquisas relacionadas à utilização de novos compostos naturais para o desenvolvimento de embalagens. A pectina é um polissacarídeo natural que pode ser utilizado para a concepção desses filmes biodegradáveis. Objetivou-se extrair pectina do mesocarpo do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), em condições pré-estabelecidas em função de três tempos (25, 50, 75 min) e três concentrações de ácido cítrico (0,5M, 0,75M, 0,85M), após essa extração, verificar qual das condições resultaria no processo mais eficiente, levando em consideração as variações através de esquema fatorial 3³, as variáveis respostas são rendimento, grau de esterificação das pectinas e cor das pectinas extraídas, após a obtenção da pectina extraída do mesocarpo, realizar a fabricação de biofilmes com três diferentes concentrações de pectina extraída x pectina comercial (F1, F2, F3) e a caracterização dos filmes obtidos através da variação da cor e suas características mecânicas. O grau de esterificação da pectina reduziu de acordo com o acréscimo no tempo de processamento e aumento de concentração de ácido cítrico, as variações obtidas em relação ao rendimento e a cor apresentaram resultados interessantes com bom ajuste matemático. Os filmes tiveram variação em sua coloração de acordo com a concentração da pectina extraída que foi sendo aumentada. Os filmes de maior concentração obtiveram piores características mecânicas e aumento em sua espessura. Esses dados mostram que o uso do subproduto gerado pelo beneficiamento do pequi é de alta relevância comercial, uma vez que se observa alto potencial de utilização, tanto para a produção de pectina de forma industrial quanto para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis.

Palavras-chave: Metoxilção, Mesocarpo, biofilme, FTIR

ABSTRACT

Jesus, Lázaro Sátiro. Instituto Federal Goiano campus Rio Verde – GO, January 2017.
BIOFILM PRODUCTION FROM THE EXTERNAL MESOCARPO DO PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb). Advisor: Geovana Rocha Plácido. Co-advisor: Melissa Cássia Favaro Boldrinm Freire

The choice of packaging to be used to store food is of high importance, as it is also a determining factor during the purchase of the product, because it facilitates protection and transportation, as well as delays modifications that are not of interest to the consumer. For these reasons, there is a growing amount of research related to the use of new natural compounds for the development of packaging. Pectin is a natural polysaccharide that can be used for the design of these biodegradable films. The objective of this experiment was to extract pectin from pequi mesocarp (*Caryocar brasiliense* Camb), under pre-established conditions of three times (25, 50, 75 min) and three concentrations of citric acid (0.5 M, 0.75 M, 0.85M), to verify which one would result in the most efficient process taking into account the sweeps. There was used a 3³ factorial scheme in which the variable responses are yield, degree of esterification of the pectins was accomplished through FTIR and color of the extracted pectins. After obtaining the pectin extracted from the mesocarp, to perform the biofilm production with three different concentrations of commercially available pectin (F1, F2, F3) and characterization of the films obtained by color variation and mechanical characteristics. The degree of pectin esterification decreased as the processing time increased and the citric acid concentration increased, the yield and color variations showed interesting results with a good mathematical fit. The films had variation in their coloration according to which the concentration of the extracted pectin was being increased. The films with higher concentration obtained worse mechanical characteristics and an increase in their thickness. These data show that the use of the by-product generated by the pequi processing is of high commercial relevance, since there is a high potential of use for both industrial pectin production and the development of biodegradable films.

Key words: Pectin, Mesocarp, biofilm, FTIR

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro possui grande variedade de plantas frutíferas, permitindo utilizar seus frutos como incremento em produtos que já são comercializados em larga escala, pelas suas características essenciais, tais como aroma, sabor e coloração peculiares.

O Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) é uma fruta típica do Cerrado brasileiro, com grande ocorrência e importância econômica nesta região. No entanto, o pequi não é amplamente utilizado no Brasil, uma vez que é altamente perecível e seu interior contém grande quantidade de espinhos que torna sua manipulação difícil, sendo o seu uso limitado à cozinha regional. Portanto, há necessidade de desenvolvimento de novas formas de utilização, a fim de explorar melhor o seu potencial e agregar valor a este produto brasileiro, já que o consumo do pequi é restrito somente ao seu mesocarpo interno. (MACHADO, 2015).

Para grande parte da população, a casca do pequi representa, como tantos outros subprodutos, apenas mais uma porção vegetal sem utilidade, algo que deve ser descartado ou quando muito, servir de adubo orgânico.

O pequi gera uma série de benefícios, contribuindo para o enriquecimento nutricional, além de tornar uma fonte de renda para muitos. O melhor aproveitamento da casca do fruto do pequi pode constituir uma atividade econômica, social e ecológica interessante, uma vez que possibilitará a ampliação dos lucros, geração de novos empregos e redução de resíduos orgânicos depositados no meio ambiente (COUTO, 2014).

O mesocarpo externo do pequi é muito rico em fibras alimentares (pectina), além de possuir carboidratos, cinzas, magnésio, cálcio, manganês e cobre. Porém, mais pesquisas para caracterizar a farinha do mesocarpo externo do pequi são necessárias

para conferir o desempenho deste produto como ingrediente na indústria de alimentos ou como matéria-prima na produção de embalagens biodegradáveis (SOARES JÚNIOR *et al.*, 2010).

Há estudos avaliando as propriedades e o uso de um único componente na produção de biofilmes, como polissacárideos e proteína. Os hidrocoloides mais utilizados são celulose e amido (e seus derivados), quitosana, extrato de algas marinhas (carragena e alginatos), exsudados (goma arábica), sementes (goma aguar) e as gomas de fermentação microbiana (de xantana e goma de gelana) e pectina (GALUS *et al.*, 2013).

Na área de embalagens de alimentos, dentre várias soluções encontradas para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis é o uso de polissacárideos, que substituem que podem substituir os produzidos de materiais sintéticos (GONTARD & GUILBERT, 1996).

A pectina é um polissacárideo que possui características gelificantes, estabilizantes e espessantes, que segundo MUNHOZ *et al.*, (2008) é responsável pelas estruturas do fruto contribuindo para a resistência mecânica da parede celular e adesão das células.

A extração da pectina em diferentes frutos e resíduos tem sido o foco de muitos estudos. Apesar do pequi conter quantidade razoável de pectina, existem poucas informações sobre sua extração (VERA *et al.*, 2005).

Pretende-se nesse estudo avaliar o desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir da pectina do mesocarpo externo do pequi para o aproveitamento sustentável deste subproduto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pequi

O pequi, conhecido popularmente como piqui, pequiá, amêndoa de espinho, grão de cavalo ou amêndoa do Brasil, é encontrado em todo o cerrado brasileiro, que inclui os Estados do Pará, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, São Paulo, Minas Gerais e Paraná, como também nos estados nordestinos, Piauí, Ceará e Maranhão (LIMA, 2009).

Por esses motivos, o pequi assume importante papel na vida dos habitantes dessa região, com a venda do fruto *in natura*, ou mesmo para o seu próprio consumo (Rodrigues, 2009).

No entanto, a casca do pequi, formada pelo epicarpo e mesocarpo externo e compreendendo aproximadamente 80% do peso total do fruto (VERA et al., 2005). geralmente é descartada.

SANTOS *et al.*, (2004), afirma que a composição nutricional média do pequi apresenta os seguintes compostos, proteínas, lipídeos, fibra bruta, carboidratos, pectina, tanino, caroteno e vitamina C, suas concentrações estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição nutricional média de frutos de Pequi.

Componente	Quantidade
Proteína (%)	2,64
Lipídeos (%)	20,00
Fibra Bruta (%)	13,00
Carboidratos (%)	19,60
Acidez (%)	0,9 – 2,0
Pectina (%)	2,23
Taninos (%)	0,17
Carotenoides (mg/100mg)	7,46
Vitamina C (%)	78,72

O fruto é dividido de acordo com a Figura 1 em exocarpo (a), mesocarpo externo (b), mesocarpo interno ou polpa porção comestível do fruto(c), endocarpo(d) amêndoa (e). O exocarpo e o mesocarpo externo equivalem ao pericarpo ou casca, porção espessa e correspondente a aproximadamente 84% do peso total do fruto. Apresenta grande importância na cultura alimentar da população do cerrado, região onde se desenvolve naturalmente (PROVIN, 2012)

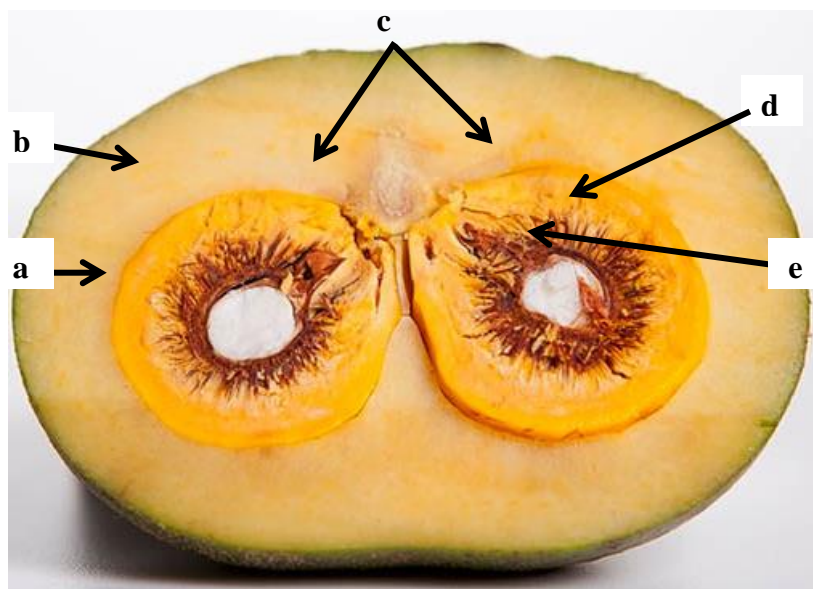


Figura 1 – Corte transversal para melhor visualização da estrutura do fruto do pequi, exocarpo (a), mesocarpo externo (b), mesocarpo interno ou polpa porção comestível do fruto(c), endocarpo(d) amêndoa (e).

2.1.1 Pectina

A pectina refere-se a uma família de oligossacarídeos e polissacarídeos, com características comuns, todavia extremamente diversos em sua estrutura. A estrutura química da pectina é primariamente um homopolímero de ácido galacturônico ligado em $\alpha(1\rightarrow4)$, com grau variável de grupos carboxilas metil esterificados (VORAGEN,1995). Para ser caracterizada como pectina, ela deve ser composta de pelo menos 65% de ácido galacturônico segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura e União Europeia (VORANGE, 2009).

A Pectina é amplamente utilizada na indústria de alimentos para gelificação, espessamento, além de suas propriedades estabilizantes. A pectina comercial é extraída da casca de frutas cítricas e polpa de maçã na maioria dos casos (CHEN, 2016). Trata-se de um coloide hidrófilo natural, polissacarídeo, que consiste em cadeias lineares de ácido D-galacturônico unidades em $\alpha(1\rightarrow4)$, é um ácido poligalacturônico com grau variável de grupos carboxílicos metilados e tem propriedades gelificantes (Bobbio & Bobbio, 2001).

Segundo MUNHOZ *et. al* (2008), a pectina é responsável pelas estruturas do fruto contribuindo para a resistência mecânica da parede celular e adesão das células. Reconhecida em 1934, a pectina obtida a partir de frutos cítricos foi reconhecida visualizada como ácido poligalacturônico primariamente linear. Entretanto a visão idealizada tenha sido usada até meados dos anos noventa no século passado, dados estruturais coletados nas últimas décadas mudaram de forma significativa a visão sobre a estrutura da pectina, deixando clara a complexidade da molécula, mostrando grande desafio acomodar todas as informações disponíveis em uma estrutura de modelo (Vororange, 2009).

O principal componente péctico é o homogalacturano, que de acordo com O'NEILL *et al* (1990), representa aproximadamente 60% da quantidade total de pectina. O homogalacturano Figura 2 que é compostode α -D-resíduos de ácido galacturônico unidos por ligações glicosídicas α -(1,4). O grupo carboxi de resíduos do ácido galacturônico pode ser esterificado com grupos metílicos (-OCH₃), o grau de esterificação modifica significativamente as propriedades reológicas da pectina, dependendo da origem da pectina pode ocorrer variações em sua estrutura. Não apenas em número, mas também as distribuições de grupos carboxi de ácido galacturônico ao

longo da cadeia homogalacturano têm influência nas propriedades da pectina e na firmeza da parede celular (GIOVANE *et al.*, 2004).

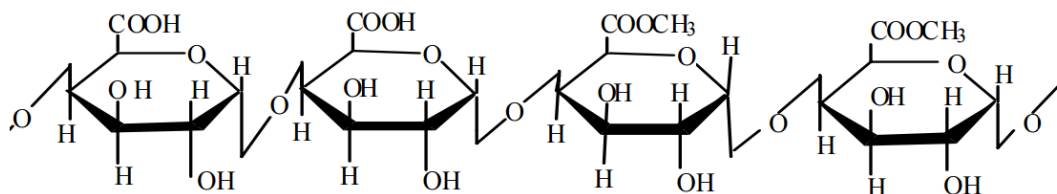


Figura 2 – Polímero homogalacturano (pectina)

Dada sua imensa variedade e do alto número de matérias-primas em que é encontrada, existem também grandes diferenças nas suas propriedades tecnológicas, que são influenciadas pelo seu grau de esterificação. A pectina comercial em pó pode ser classificada como de alta metoxilação (HM ou AM), com percentual de grupamentos esterificados na cadeia (grau de esterificação ou DE) superior a 50%, porém na prática apresenta-se entre 50 e 75%; ou de baixa metoxilação (LM ou BM), com DE inferior a 50%, na prática entre 20 e 45% (CANTERI, 2012).

Dos polímeros naturais que apresenta potencial formadores de filmes, tem-se a pectina de baixo teor de metoxilação (BTM). Este polissacarídeo aniônico é abundante na natureza, de fácil extração e possuem a característica de reagir com íons divalentes, principalmente cálcio, através de formação de ligações cruzadas, que terão como resultado filmes fortes e insolúveis, além dessas características, os filmes formados com pectina podem ter suas características melhoradas após a adição de cátions divalentes (FANG *et al.*, 2008).

2.1.2 Biofilmes

Películas e revestimentos de base biológica têm sido estudados nas últimas décadas como materiais de embalagens de alimentos biodegradáveis (ou mesmo comestíveis), os quais se destinam a reduzir o impacto ambiental negativo provocado pelo volume de material de embalagem à base de petróleo não biodegradáveis constantemente descartados (Oliveira, 2016).

Biofilmes são filmes produzidos a partir de polímeros naturais. Dentre os biopolímeros utilizados para a fabricação de embalagens encontram-se polissacarídeos, tais como a pectina, alginato, amido, quitosana e celulose. O material a ser utilizado é escolhido de acordo com suas características e dependendo do tipo de alimento a ser recoberto (ANDREANI, 2005). Essas estruturas podem ser utilizadas para atuar como barreira entre o alimento e o meio ambiente, ajudando a embalagem exterior em seu papel protetor (AZEREDO, 2016).

As características dos bioplásticos dependem de um equilíbrio entre o grau de reticulação da matriz polimérica, por vezes necessário para reduzir a solubilidade em água, mas induz a fragilidade, mas adição de agentes plastificantes melhora maleabilidade, levando em consideração que acima de uma concentração crítica, o agente plastificante pode exacer o limite de compatibilidade com o biopolímero e uma separação de fases (YANG & PAULSON, 2000).

Para que as propriedades mecânicas dos filmes sejam melhoradas é necessário que haja o processo de reticulação das cadeias de pectina, que pode ser conduzido basicamente por dois métodos: os íons podem ser adicionados diretamente à solução filmogênica com posterior secagem em um molde, ou podem ser aplicados à superfície de um filme já formado (BIERHALZ, 2010)

Os pesquisadores MCHUGH & KROCHTA (1994), afirmaram que o aumento do plastificante glicerol promove o aumento da permeabilidade aos gases em filmes hidrofílicos, pois este aditivo liga-se as moléculas do biopolímero, aumentando a mobilidade e diminuindo a densidade entre suas moléculas, facilitando a passagem dos gases através do material.

3 OBJETIVOS GERAIS

Extrair e caracterizar a pectina do mesocarpo do pequi e utilizá-la na produção de filmes.

Caracterizar o filme produzido quanto as suas características mecânicas.

3.1 Objetivos Específicos

- ✓ Extrair a pectina do mesocarpo externo do pequi e verificar qual é a melhor forma de extração relacionando concentração de ácido cítrico e tempo de extração;
- ✓ Avaliar o teor de metoxilação das pectinas extraídas do mesocarpo externo de acordo com as diferentes concentrações de ácido cítrico através de espectrometria infravermelho;
- ✓ Verificar diferenças significativas da cor com os diferentes tratamentos;
- ✓ Avaliar a cor da pectina extraída do mesocarpo externo em função da concentração e do tempo.
- ✓ Desenvolver filmes biodegradáveis a partir de pectina mesocarpo externo de pequi;
- ✓ Analisar as características mecânicas quanto a tensão máxima, tensão de ruptura, alongamento, módulo de elasticidade e espessura dos filmes de pectina do mesocarpo externo do pequi.
- ✓ Avaliar a cor dos filmes produzidos;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

O mesocarpo do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) foi obtido em barracas da feira municipal no mês de setembro de 2016, no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil.

Os reagentes utilizados na extração e caracterização da pectina foram: Ácido Cítrico Anidro PA, Acetona PA e Álcool Etílico 96%, Glicerol, Cloreto de Cálcio, seguindo o método proposto por KLIEMANN (2006).

4.2 Métodos

4.2.1 Preparo da matéria-prima

Os frutos de pequi adquiridos foram sanitizados em água clorada (20 ppm) de cloro ativo, retirado o exocarpo (casca), o mesocarpo externo foi submetido ao processo de branqueamento a temperatura de 90°C seguido de resfriamento com água a temperatura ambiente (Figura 3).



Figura 3 – Fruto inteiro ainda contendo seu exocarpo, b) mesocarpo externo separado do exocarpo.

4.2.2 Preparo das Farinhas

No preparo das farinhas, foram utilizados dos mesocarpos externos já branqueados e descascados. Esses foram cortados transversalmente e posteriormente secos à temperatura de 70°C durante 24 horas em Estufas com Circulação e Renovação de Ar modelo MA 05. Por fim, foi realizada a moagem do mesocarpo já seco, como mostram a Figura 5.



Figura 4 – a) Mesocarpo externo do pequi após secagem, b) mesocarpo externo moído.

4.2.3 Extração e quantificação de pectina

Através da farinha do mesocarpo externo do pequi a pectina foi extraída de acordo com KLIEMANN (2006), seguindo as seguintes etapas: inicialmente as amostras de farinha do mesocarpo do pequi (5 g) foram dissolvidas em 250 mL de ácido cítrico com uso de ultrassom, com as seguintes concentrações: 0,5M, 0,75M e 0,85M, a temperatura de processamento foi de 25 °C, acidez (pH 1,2 a 2,6) e seguindo os tempos

25, 50 e 75 min. A mistura foi filtrada em peneiras finas, sendo descartado o conteúdo filtrado.

A pectina extraída foi separada por precipitação com o mesmo volume de álcool etílico 96 % por uma hora. A pectina coagulada foi filtrada, lavada com álcool etílico em seguida com solução de álcool etílico 70 % a pH neutro, e finalmente com solução de álcool etílico 96 % para remover mono e dissacarídeos, aminoácidos, ácidos orgânicos e sais, além de enzimas que podem degradar os polissacarídeos. A pectina foi seca em Estufas com Circulação e Renovação de Ar modelo MA 05 a 45° C e finalmente triturada em moinho de facas. O rendimento em massa de pectina extraída em cada experimento foi considerado a variável resposta. Os ensaios foram conduzidos com três repetições e de maneira aleatória.

Os resultados dos rendimentos foram calculados através da equação 1.

$$\text{Rendimento}(\%) = \frac{\text{pectina extraída} * 100}{\text{massa da farinha seca}} \quad \text{Equação 1 - Cálculo de Rendimento}$$

As análises estatísticas do rendimento foram avaliadas através da interação 3³, onde foram avaliados três concentrações e três tempos.

4.2.4 Determinação da cor das pectinas extraídas

Os parâmetros de cor da pectina obtida serão analisados em Colorímetro Hunter Lab, modelo Color Flex EZ, no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.

As coordenadas de cromaticidade foram obtidas através de colorímetro triestímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas de cromaticidade “L” (luminosidade), “a” (tonalidades de vermelho a verde) e “b” (tonalidades de amarelo a azul), empregando-se a escala Hunter-Lab. Neste sistema de cor, corrigido pela CIELab, os valores L* (luminosidade) variam de zero (preto) a 100 (branco), os valores de a* variam de -a* (verde) até +a* (vermelho), e os valores de b* variam de -b* (azul) até +b* (amarelo) (HUNTERLAB, 1998).

Para a avaliação do ângulo hue e cromaticidade C^* , serão utilizadas as coordenadas L^* , a^* e b^* (KONICA, 1998).

Para calcular o ângulo Hue (h°) e a cromaticidade (C^*), utilizará as seguintes equações 1, 2 e 3:

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{(b^*)}{a^*} + 180 a^* \quad \text{Equação 2 - Para valores } a^* \text{ negativos}$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{(b^*)}{a^*} + 90 a^* \quad \text{Equação 3 - Para valores } a^* \text{ positivos}$$

$$c^* = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad \text{Equação 4 - Valores de } c^*$$

4.2.5 Grau de esterificação por espectrometria de infravermelho

Para a determinação quantitativa do grau de esterificação da pectina do mesocarpo externo do pequi utilizou-se Espectrometria de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).

O método foi adaptado a partir do método proposto por ZANELLA (2013). As leituras foram obtidas no espectrofotômetro baseado em transformada de Fourier, modelo IRAFFINITY-1 SHIMADZU, Figura 5. Para análise de transmitância os espectros foram obtidos na região 500 a 5.000 cm^{-1} .

Para a realização das análises, as amostras e o sal de KBr foram submetidos a secagem para remoção de umidade. Logo após a secagem as amostras foram diluídas no KBr na proporção 1:10 e trituradas. Amostras já trituradas com o KBr foram colocadas em um recipiente específico para a formulação das pastilhas. O recipiente com a amostra foi submetido a pressão de 80 psi durante oito minutos, por meio de uma prensa hidráulica obteve-se uma pastilha para cada tratamento, totalizando nove leituras.



Figura 5 - Espectrofotômetro IRAFFINITY-1 SHIMADZU.

A banda de resposta tanto para as área dos picos esterificados, quanto não esterificados situa-se nos espectros gerados no intervalo de 1500 a 1800 cm^{-1} , para a realização dos cálculos faz-se necessário o cálculo da ingeral da área de ambos os picos.

Através da utilização do *software* OriginPro 8.5, foi possível determinar o valor dos picos correspondentes aos grupos esterificados e não esterificados através da integral da área do espectro obtido através da leitura da amostra.

A determinação do grau de esterificação (DE) das amostras de pectina obtidas da casca do pequi foi obtida utilizando a equação abaixo:

$$DE = \left(\frac{AP_{est}}{AP_{Nest} + AP_{est}} \right) \times 100 \quad \text{Equação 5 - A determinação do grau de esterificação}$$

Em que:

AP_{est} = Área dos picos dos carboxílicos esterificados;

AP_{Nest} = Área dos picos dos grupos carboxílicos não esterificados.

4.2.6 – Processo de confecção dos filmes

Os filmes foram produzidos pela técnica *casting*, que consiste no espalhamento da solução filmogênica em um molde. A elaboração dos filmes seguiu o método proposto por BIERHALZ (2010) com adaptações.

Os filmes confeccionados seguiram as proporções expressas na Tabela 2. A matéria-prima utilizada foi a pectina extraída do mesocarpo externo do pequi e a pectina comercial.

Tabela 2 - Proporções de pectina extraída e comercial em cada formulação

Formulação	Pectina Comercial	Pectina Extraída
F1	100%	0
F2	50%	50%
F3	0%	100%

A produção dos filmes ocorreu em dois estágios: o primeiro, a preparação da solução filmogênica que consiste na solubilização do glicerol na quantidade de 0,15 g/g de pectina foi solubilizado em 1 L de água destilada e agitadas em agitador magnético. A solução foi aquecida a 70°C e reticulada com a adição de 30 mL de solução de CaCl₂. 100 mL de solução reticulada foi transferida para placas de acrílico (4 cm de diâmetro por 1 cm de largura), que foram posteriormente secas BOD a 60°C durante um período de 20 horas.

4.2.7 Caracterização das propriedades mecânicas dos filmes

Os filmes produzidos foram cortados e transformados em corpos de provas, com dimensões de 10 x 1,5 cm. A avaliação das características mecânicas dos filmes foram realizada com 10 repetições no equipamento Instron (Instron, 3367, Grove City, USA) de acordo com norma ASTM 638-02 (2002). Os filmes foram acondicionados em temperatura de 25°C e 52% de umidade relativa para a equilibração e homogeneização antes de serem caracterizados. A primeira caracterização realizada nos filmes foi quanto à espessura, e posteriormente quanto às características mecânicas.

Os corpos de provas (filmes cortados e padronizados) foram submetidos à força de tração com velocidade média de 12 mm.min⁻¹ e carga de 1 kN.

As propriedades mecânicas são determinadas por testes padronizados de tração e são úteis para propósitos de controle de qualidade e especificações. Módulo de elasticidade, Valores de tensão e alongação são utilizados como resultados a realização de comparação avaliando as características mecânicas entre polímeros e para avaliação dos efeitos decorrentes de modificações, como adição de aditivos, plastificantes e nanopartículas (SEBASTIÃO, 2003)

A espessura dos corpos de provas dos filmes foram obtidas pela média aritmética de dez tiras através das medidas de suas extremidades e seu centro, medidas de forma aleatória em diferentes pontos do filme, utilizando um paquímetro digital digimess.

4.2.8 Análises Estatísticas das Extrações de pectina

As análises estatísticas dos dados foram efetuadas por meio de análises de variância (ANOVA) e do teste de Tukey, que foi utilizado para determinar as diferenças significativas das médias, ao nível de probabilidade de 5% ($p < 0,05$).

As análises da eficiência de extração foram avaliadas em fatorial 3^3 , sendo os fatores de variação as concentrações de 0,5M, 0,75M e 0,85M e os tempos 25, 50 e 75 minutos. Os ensaios obdeceram a Tabela 03:

Para avaliar as variáveis quantitativas, utilizou-se análise de regressão com objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre as variáveis.

Tabela 3 – Fatores de variação do experimento concentrações de ácido cítrico em função do tempo a serem estudadas.

Ensaio	FATORES DE VARIAÇÃO	
	Concentração Ácida	Tempo
T1	0,5 M	25 min
T2	0,5 M	50 min
T3	0,5 M	75 min
T4	0,75 M	25 min
T5	0,75 M	50 min
T6	0,75 M	75 min
T7	0,85 M	25 min
T8	0,85 M	50 min
T9	0,85 M	75 min

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Rendimento das Extrações

A Tabela 4 nos mostra que houve diferenças significativas para os seguintes fatores de variação: Rendimento e coordenada de cromaticidade a*, ambos em função do tempo.

Tabela 4 - Análise de variância para o rendimento e cor.

FV	GL	QM					
		Rendimento	L	a*	b*	Cr	°H
Conc	2	0,004715 ^{NS}	43,060459 ^{NS}	0,49535 ^{NS}	2.793937 ^{NS}	3,090211 ^{NS}	0,000115 ^{NS}
Tempo	2	0,011437*	276,410715 ^{NS}	0,89959 ^{NS}	37.529659 ^{NS}	38,259211 ^{NS}	0,000281 ^{NS}
Conc x Tempo	4	0,004631 ^{NS}	207,980015 ^{NS}	1,65370*	3.145120 ^{NS}	2,979856 ^{NS}	0,004826 ^{NS}
CV		4,83	6,59	17,27	6,50	6,55	0,03

CV – coeficiente de variação / NS – não significativo / * - difere significativamente pelo teste F/ L,

a*,b*- coordenadas de cromaticidade, Cr - **croma**, °H – **hue**.

Os rendimentos médios das extrações de pectina do mesocarpo externo do pequi variaram entre 80,64% a 96,59%.

Sabendo disso, por questões de custos a concentração que resulta em uma melhor relação custo benefício é a 0,50M, pois a quantidade de reagente utilizado será a menor possível.

Para determinar a relação entre rendimento e tempo de extração, realizou-se a regressão linear do fator tempo obteve-se como resultado a Equação 6.

$$y = 0,0014x + 0,8359$$

Equação 6 – Equação de dependência entre tempo e rendimento.

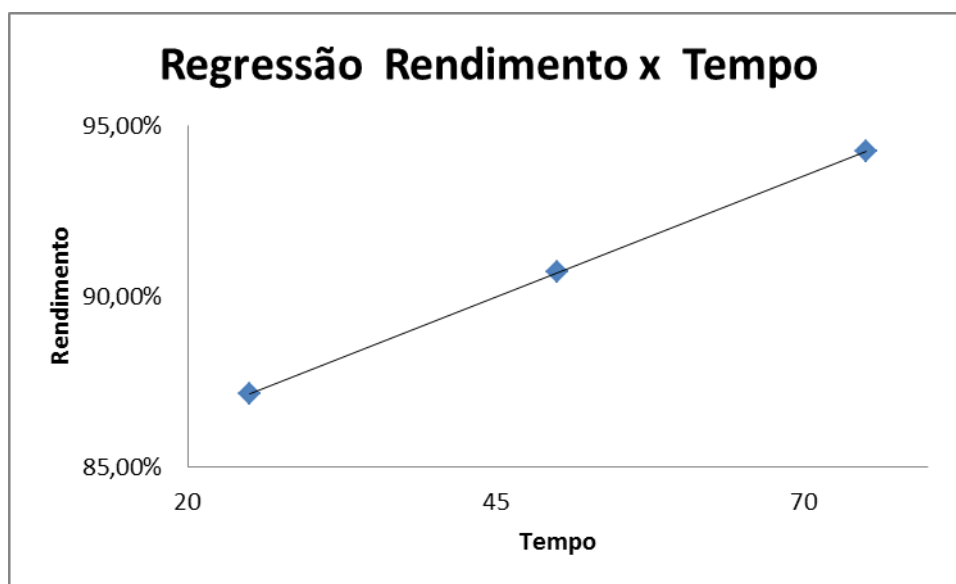


Figura 6 - Gráfico de dispersão desdobramento tempo em níveis de concentração

O coeficiente de variação da Equação 6 é 99,48% , mostrando que o rendimento segue um modelo linear, portanto o aumento do tempo resultará em maiores rendimentos.

KLIEMANN (2006) relata que os efeitos temperatura influenciaram significativamente o rendimento da extração com ácido cítrico indicando que maior concentração de ácido contribui para maior rendimento de pectina, avaliando o tempo, ela relata maior tempo contribui para melhor rendimento de pectina.

MUNHOZ (2008) descreve em seu trabalho efeitos semelhantes, afirmando que o rendimento aumenta com o aumento da concentração do ácido cítrico e o tempo de extração em até 70 minutos, portanto os melhores resultados na concentração de $5g.100g^{-1}$ de pectina foi no tempo de 60 minutos.

5.2 Determinação da cor das pectinas extraídas

Conforme exposto na tabela 03, a coordenada de cromaticidade “a*” apresentou diferença significativa. Na interação tempo versus concentração observou-

se que o coeficiente de variação foi elevado. Ao se desdobrar as concentrações em função dos tempos de 25, 50 e 75 minutos obtiveram-se respectivamente os seguintes valores R^2 : 98,16%, 88,11% e 75%. Ao gerar o gráfico de dispersão (Figura 7) temos a Equação 7 que se adapta muito bem a essa relação por ter um valor de R^2 muito próximo de 1.

$$y = 0,0393x + 0,21311$$

Equação 7 - desdobra as concentrações em função do tempo

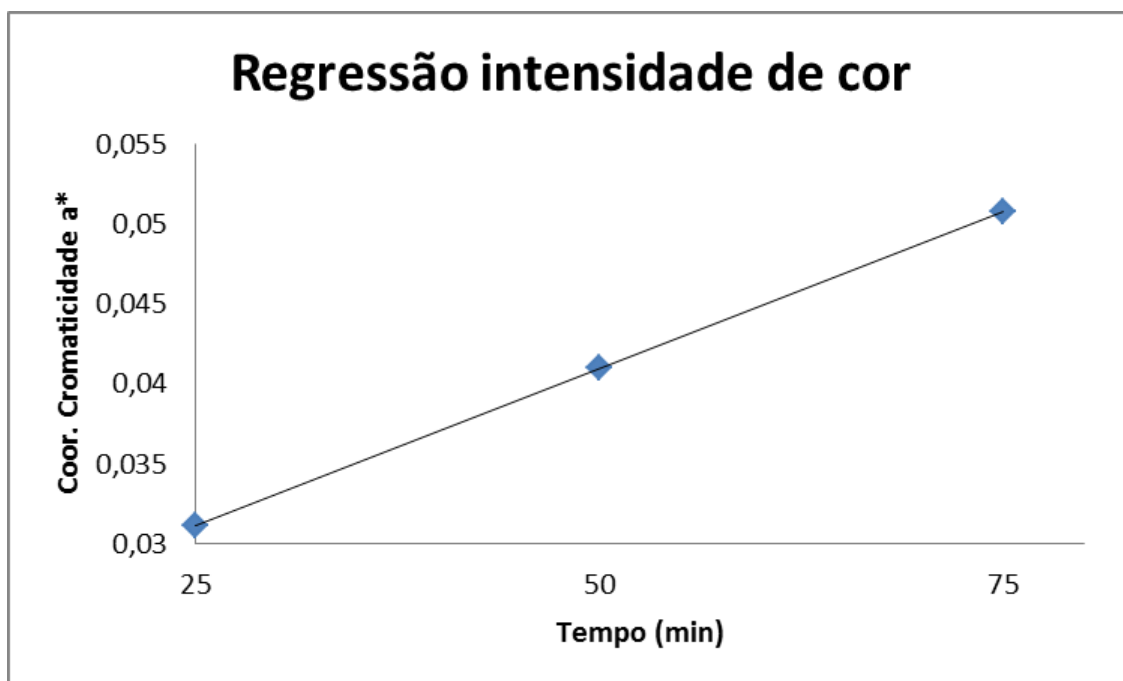


Figura 7 - Gráfico de dispersão desdobramento concentração versus tempo em função da intensidade da coordenada de cromaticidade a^* .

A Equação 7 representa a relação entre o tempo de processo e as variações da coordenada de cromaticidade a^* representando as variações do verde ao vermelho, mostrando que de acordo com que ocorre o aumento no tempo a pectina tende a colorações avermelhadas.

A coloração da pectina é um fator de grande importância, visto que afeta a aparência do gel produzido por ela. De acordo com o nível de incorporação da pectina no produto final pode haver alterações sensíveis na coloração do produto final (ZANELLA, 2013).

5.3 Análises espectroscópicas

A Tabela 5 apresenta o grau de esterificação das pectinas extraídas do mesocarpo externo do pequi. A determinação dos valores do grau de metoxilação foram obtidos pela Equação (5).

As bandas em que se encontram os picos do ácido galacturônico esterificados que representam a pectina localizam-se no intervalo entre 1500 a 1800 cm^{-1} .

A Figura 8 mostra os espectros da pectina do mesocarpo externo do pequi, que são representados pelos ácidos poligalacturônicos esterificados e não esterificados, localizados na banda de 1750 cm^{-1} . Os espectros que representam os grupos poligalacturônico mostram que o aumento da concentração de ácido cítrico promove a perda ou clivagem dos grupos metoxílicos resultando no decréscimo do grau de metoxilação promovendo assim modificações nas características reológicas da pectina.

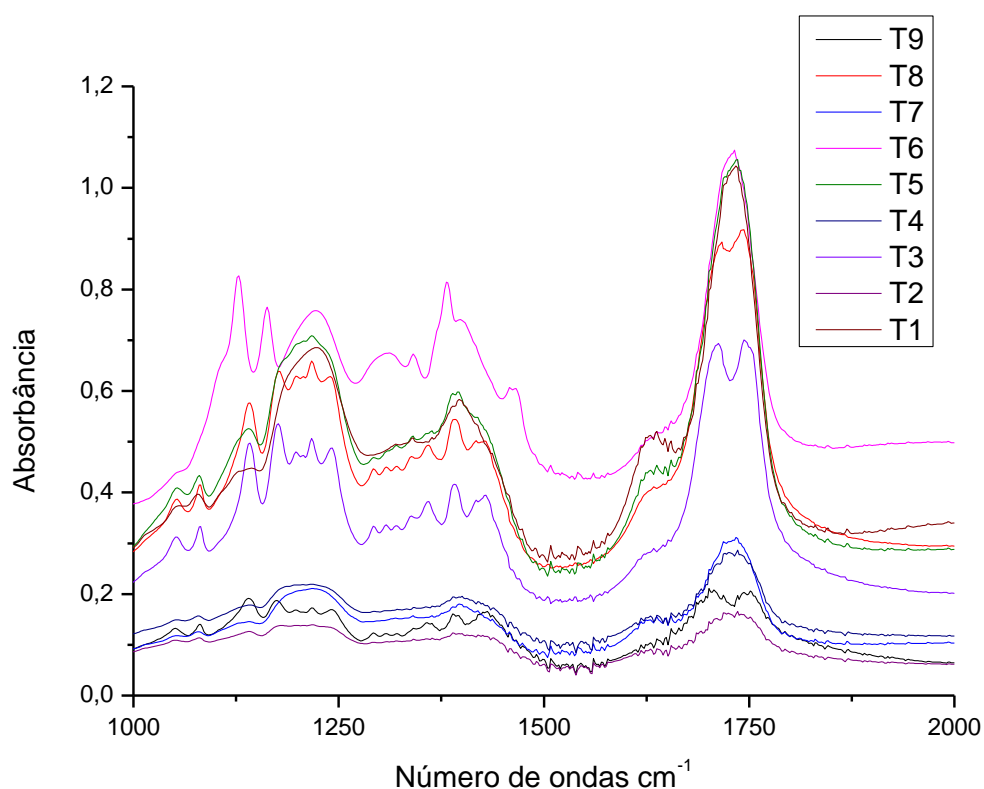


Figura 8 - Espectros das pectinas extraídas

Tabela 5 - Grau de esterificação da pectina extraída

TRATAMENTO	Área do pico esterificado	Área do pico não esterificado	Grau de esterificação
T1	30,13	19,58	60,61%
T2	4,17	5,13	44,84%
T3	16,74	22,56	42,60%
T4	4,63	3,52	56,81%
T5	11,86	14,11	45,67%
T6	2,52	4,91	33,92%
T7	4,8	5,26	47,71%
T8	27,67	35,2	44,01%
T9	12,14	46	20,88%

T1 (0,50M, 25min)/ **T2** (0,50M, 50min)/ **T3** (0,50M, 75min)/ **T4** (0,75M, 25min)/ **T5** (0,75M, 50min)/ **T6** (0,75M, 75min)/ **T7**(0,85M, 25min)/ **T8**(0,85M, 50min)/ **T9** (0,85M, 75min).

Observa-se que através das áreas dos picos esterificados e não esterificados, obteve-se somente uma amostra com altos níveis de metoxilação, que foi o tratamento T1 apresentando 60,61% de grau de esterificação, mesmo estando muito abaixo do resultado alcançado por Provin (2012), entretanto o aumento da concentração do ácido cítrico promove a clivagem dos grupos esterificados reduzindo os índices de metoxilação como mostra a Figura 9. Kliemann estudando (2006), também obteve resultados com baixo grau de esterificação, afirmando que essa característica esteja relacionada às condições de extração.

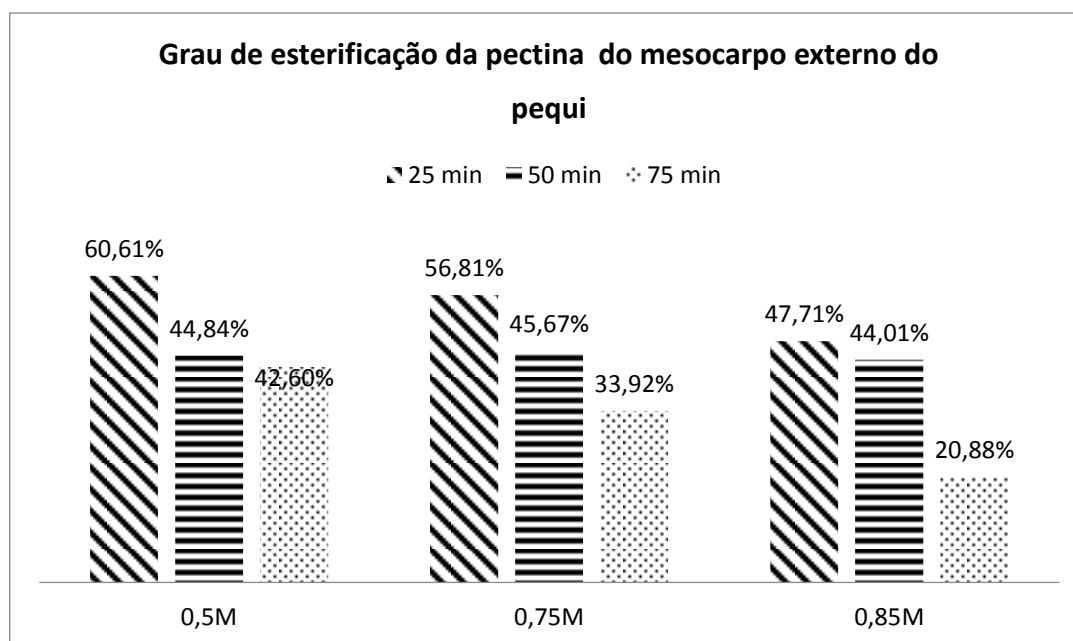


Figura 9 – Grau de esterificação das pectinas extraídas.

5.4 Propriedades mecânicas

A Tabela 6 apresenta os resultados das análises de variância da espessura e da cor dos filmes sobre as formulações dos filmes.

Tabela 6 – Propriedades mecânicas dos filmes mistos de pectina comercial e pectina extraída do mesocarpo do pequi.

Filme	Espessura δ (mm)	Tensão Máxima (Mpa)	Tensão na Ruptura (Mpa)	Alongamento (%)	Módulo de Elasticidade (Mpa)
F1	0,10 \pm 0,02 ^a	7,60 \pm 1,74 ^a	7,38 \pm 1,84 ^a	9,90 \pm 4,03 ^a	206,98 \pm 52,41 ^a
F2	0,10 \pm 0,02 ^a	4,33 \pm 0,54 ^b	3,85 \pm 0,83 ^b	21,21 \pm 2,91 ^b	23,41 \pm 3,42 ^b
F3	0,16 \pm 0,07 ^b	1,07 \pm 0,39 ^c	0,61 \pm 0,18 ^c	29,55 \pm 5,29 ^c	3,84 \pm 1,44

Letras minúsculas iguais em cada coluna e letras maiúsculas iguais em cada linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey na propriedade estudada / concentração de pectina comercial / pectina extraída do mesocarpo do pequi **F1**(100/0) / **F2** (50/50) / **F3** (0/100)

Os filmes obtidos apresentaram espessura entre 0,07mm a 0,28 mm. A espessura os filmes F1 e F2 não diferiram com relação espessura, em virtude da melhor homogeneidade da solução filmogênica. O filme F3 apresentou acréscimo de 62% na espessura, isso se dá provavelmente pela falta de homogeneidade das estruturas ocasionadas pela presença impurezas.

A tensão máxima, a tensão de ruptura e o módulo de elasticidade para os três filmes diferiram significativamente mostrando que a presença da pectina obtida do mesocarpo externo do pequi promove redução nas propriedades mecânicas.

Nos trabalhos de BIERHALZ (2010) podemos identificar diferenças muito elevadas em comparação com seu filme de FC1, que em sua concentração apresenta 100% de pectina comercial, isso se dá pelo uso de maiores concentrações de cloreto de cálcio usadas no processo de reticulação que foi dividido em dois estágios, esses filmes apresentaram um valor 44,18% superior em relação às tensões de ruptura e 57,52% menores com relação ao alongamento.

BONA (2007), em seu trabalho com blendas de biopolímeros naturais e artificiais, também mostra diferenças de 45,45% superior com relação à espessura, já no módulo de alongamento cerca de três vezes menor, por fim cerca de 42,27%.

Quando comparamos os resultados, há filmes de polietileno de baixa densidade, observamos um aumento de 40% entre os filmes industriais e os desenvolvidos, uma redução de 48,68% de resiliência a ruptura entre os filmes industriais e os produzidos. Ao realizar o aumento do percentual de pectina extraída há aumento de 33% no alongamento do material, sugerindo a utilização como embalagens primárias na substituição de polietileno de baixa densidade.

5.5 Cor

Os dados das variações de cor são apresentados na Tabela 7

Tabela 7 - Variações de cor dos filmes produzidos

Filme	L	a	b	Cr	H°
F1	6,287 ± 1,0 ^a	- 1,20 ± 0,56 ^a	0,62 ± 0,63 ^a	1,48 ± 0,61 ^a	-0,50 ± 0,04 ^a
F2	11,24 ± 1,28 ^b	- 0,516 ± 0,18 ^b	6,36 ± 0,75 ^b	6,38 ± 0,737 ^b	-0,98 ± 1,23 ^b
F3	6,05 ± 1,5 ^a	-1,43 ± 0,11 ^a	3,65 ± 1,00 ^c	3,84 ± 0,99 ^c	-1,24 ± 0,12 ^b

Letras minúsculas iguais em cada coluna e letras maiúsculas iguais em cada linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey na propriedade estudada

Como os resultados obtidos nas análises mecânicas, ao aumentar a quantidade de pectina extraída, houve modificações na coloração dos filmes, e os filmes F1 e F3, não variaram significativamente quanto a luminosidade L, isso se deve as concentrações ter maiores teores de pectina de mesma origem, ou seja, serem formulações compostas por pectina de mesma origem.

Quanto aos valores de a*, os filmes F1 e F3 também não diferiram, pois o F1 é composto por somente pectina comercial, essa composição pode explicar o fato do tratamento não diferir significativamente com os filmes F1 e F3, o Filme 3 tem a coloração mais acentuada devido ser composto somente por pectina extraída do mesocarpo do pequi, a pectina extraída não passou por nenhum tratamento de purificação fato este, que pode explicar valores tão baixos e o Filme 2 tem um valor intermediário, pois é composto por frações equivalentes de pectina comercial e extraída.

6 CONCLUSÃO

A utilização do mesocarpo externo do pequi para a extração de pectina pode se tornar uma interessante fonte de renda para os pequenos produtores já que atualmente essa fração do fruto é descartada.

A pectina extraída do mesocarpo externo do pequi apresentou baixo grau de esterificação em relação à comercial.

O rendimento da extração de pectina extraída do mesocarpo se ajustou a um matemático linear, mas como não houve variação significativa entre as concentrações de ácido cítrico, foi escolhido a menor concentração 0,50M em um tempo 50 minutos, mas por outro lado os melhores níveis de grau de esterificação permaneceram em baixos tempos de processamento.

A cor apresentou uma tendencia avermelhada que se intensifica com o aumento da concentração ácida e o tempo de extração.

O filme que melhor apresentou propriedades mecânicas foi o de pectina comercial, 0,10; 7,60; 7,38; 9,90; 206,98; respectivamente espessura, tensão máxima(MPA), tensão de ruptura (MPAS), alongamento (%) e módulo de elasticidade.

Apesar das propriedades mecânicas dos filmes formados por pectina extraída do mesocarpo do pequi terem sido inferiores ao filme formados de pectina comercial, foi possível obter filmes à partir de filme composto somente de pectina extraída.

suger-se novos trabalhos para melhorar o grau de pureza de pectina para melhorar os filmes formados por pectina extraída.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ANDREANI, Larissa et al. Propriedades térmicas, mecânicas e estabilidade de filmes de pectina cítrica e poli (4-estirenosulfonato de sódio). 2005.
- AZEREDO, Henriette MC et al. Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid. Food chemistry, v. 198, p. 101-106, 2016.
- BRANDÃO, E. M.; ANDRADE, C.T. Influência de fatores estruturais no processo de gelificação de pectinas de alto grau de metoxilação. Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Carlos, v. 9, n. 3, p. 38- 44, jul./set.1999.
- BEHAGE, J. E. Packaging based on biodegradable polymers: an overview on the developments of biodegradable materials in the European packaging sector. In: SOBRAL, P. J. A.; CHUZEL, G. (Eds.). Anais do Workshop sobre Biopolímero. Pirassununga, SP, 22-24 de abril de 1997, p. 16-22.
- BERTUZZI, M. A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. Physicochemical characterization of starch based films. Journal of Food Engineering, v. 82, n. 1, p. 17-25, 2007.
- BIERHALZ, Andréa Cristiane Krause et al. Confecção e caracterização de biofilmes ativos à base de pectina BTM e pectina BTM/alginato reticulados com cálcio. 2010.
- BONA, Jaqueline Ceolin de et al. Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de blendas de amido com polietileno. 2007.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. Horticultura Brasileira, Brasília, v.3, n.1, p.14-18, 1995.
- CANTERI, Maria H. G. et al . Pectin: from raw material to the final product. Polímeros, São Carlos , v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012

- CHEN, Hai-ming; FU, Xiong; LUO, Zhi-gang. Effect of molecular structure on emulsifying properties of sugar beet pulp pectin. *Food Hydrocolloids*, v. 54, p. 99-106, 2016.
- COUTO, Elizandra Milagre. Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma. 2014 tese
- DOS SANTOS, Philipe et al. Avaliação físico-química e sensorial do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) submetido à desidratação. 2010.
- EGHBAL, Noushin et al. Complex coacervation for the development of composite edible films based on LM pectin and sodium caseinate. *Carbohydrate Polymers*, 2016.
- 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.
- GALUS, Sabina; LENART, Andrzej. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, v. 115, n. 4, p. 459-465, 2013.
- GIOVANE, A., SERVILLO, L., BALESTRIERI, C., RAIOLA, A., D'AVINO, R. D., TAMBURRINI, M., CIARDIELLO, M. A., CAMARDELLA, L. Pectin methylesterase inhibitor. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1696, p. 245-252, 2004.
- GENNADIOS, A .; WELLER, Curtis L .; TESTIN, RF Modificação de propriedades de trigo comestível, filmes à base de glúten. *Transações da ASAE* , v. 36, n. 2, p. 465-470, 1993.
- GONTARD,N.;GUILBERT,S.Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. *Boletim do SBCTA*, v.30, n.1, p.3-15, 1996.
- GALUS, Sabina; LENART, Andrzej. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, v. 115, n. 4, p. 459-465, 2013.
- Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4ªed., Brasília, ANVISA, 2005.
- MACHADO, Mariana TC; MELLO, Beatriz CBS; HUBINGER, Miriam D. Evaluation of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) aqueous extract quality processed by membranes. *Food and Bioproducts Processing*, v. 95, p. 304-312, 2015.
- MONSOOR, MA; KALAPATHY, U .; PROCTOR, A. Determinação do teor de ácido poligalacturônico em extratos de pectina por espectroscopia de infravermelho com

transformada de Fourier por reflectância difusa. *Food Chemistry*, v. 74, n. 2, p. 233-238, 2001.

KECHICHIAN, V.; DITCHFIELD, C.; VEIGA-SANTOS, P.; TADINI, C. C. Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. *LWT - Food Science and Technology*, v. 73, p. 1088- 1094, 2010.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. *Food Technology*, v. 40, n.12, p.47-59, 1986.

LIMA, A. de et al. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007

LÓPEZ, O. V.; LECOT, C. J.; ZARITZKY, N. E.; GARCÍA, M. A. Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. *Journal of Food Engineering*, v. 105, n. 02, p. 254-263, 2011.

McHUGH, T. H., KROCHTA, J. M. Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.42, n.4, p.841-845, 1994.

MUNHOZ, C. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SOARES JÚNIOR, M. S. Extração de pectina de goiaba desidratada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p. 119-125, 2010.

NIKOLIĆ, Milos V .; MOJOVIC, Ljiljana. Hidrólise de pectina de maçã pela atividade coordenada de enzimas pectic. *Food Chemistry*, v. 101, n. 1, p. 1-9, 2007

OTONI, Caio G. et al. Antimicrobial and physical-mechanical properties of pectin/papaya puree/cinnamaldehyde nanoemulsion edible composite films. *Food Hydrocolloids*, v. 41, p. 188-194, 2014.

OLIVEIRA, Túlio Ítalo S. et al. Pomegranate peel pectin films as affected by montmorillonite. *Food chemistry*, v. 198, p. 107-112, 2016.

PETRIKOSKI, A. P. Elaboração de biofilmes de fécula de mandioca e avaliação do seu uso na imobilização de caulinita intercalada com uréia. Dissertação (Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 129 f. Pato Branco. 2013.

Provin, L. (2012). Extração, caracterização química e propriedades reológicas de pectinas da casca de *Caryocar brasiliense* Camb.

- RODRIGUES, LUIZ JOSÉ, ET AL. "Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) temporão do Sul de Minas Gerais." *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)* 39.3 (2009): 260-265.
- SEBASTIÃO, V. C. J. *Técnicas de Caracterização de Polímeros*. São Paulo: Artliber Editora, 2003. p. 341-348.
- SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D. Pequi (Caryocar brasiliense Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. 2004. *Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras*, Available at: <http://editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-64.pdf>. Accessed August, v. 10, p. 64, 2011.
- SIQUEIRA, B. S.; ALVES, L. D.; VASCONCELOS, P. N.; DAMIANI, C.; SOARES JÚNIOR, M. S. Pectina extraída de casca de pequi e aplicação em geleia light de manga. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 2, p. 560-567, Junho 2012.
- THARANATHAN, RN Filmes biodegradáveis e revestimentos compósitos: passado, presente e futuro. *Trends in Food Science & Technology* , v. 14, n. 3, p. 71-78, 2003.
- VERA, Rosângela et al. Caracterização física de frutos do pequi (Caryocar brasiliense Camb) no Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.
- Voragen, AGJ, Coenen, GJ., Verhoef, RP et al. *Struct Chem* (2009) 20: 263. doi: 10.1007 / s11224-009-9442-z
- Voragen, G. J.; Pilnik, W.; Thibault, J. F.; Axelos, M. A. V. & Renard, C. M. G. C-“Pectins”, in: *Food polysaccharides and their applications*, cap. 10, Stephen A. M. (ed.), Marcel Dekker Inc., New York (1995).
- JUSTI, Priscilla Narciso. *Valorização de frutos do cerrado: Desenvolvimento de tempero em pó de pequi*. 2012.

