

Extração da pectina e produção de filmes a partir do mesocarpo externo do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)

Lázaro Sátiro de Jesus ^[1], Geovana Rocha Plácido ^[2], Maisa Dias Cavalcante ^[3], Caroline Cagnin ^[4], Hélen Carolina Ferreira Santos ^[5], Tainara Leal de Sousa ^[6]

[1] lazaro.satiro@gmail.com. Universidade Federal de Goiás (UFG) / Departamento do Instituto de Química.

[2] geovana.placido@ifgoiano.edu.br. Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde / Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

[3] maisadiascavalcante@hotmail.com. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) / Departamento de Engenharia e Ciência de Alimentos. [4] carolinecagnin@hotmail.com. Universidade Estadual de Londrina (UEL) / Departamento de Ciência de Alimentos.

[5] helen.cfsantos@gmail.com. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) / Departamento de Coordenação de Registros Acadêmicos (CRA). [6] thaynaraleal2@hotmail.com. Universidade Federal de Goiás (UFG) / Departamento de Agronomia e Engenharia de Alimentos.

RESUMO

O mesocarpo externo de pequi é um coproduto que pode ser reutilizado através da extração de substâncias como as pectinas. As pectinas podem ser usadas como matéria-prima para a produção de filmes biodegradáveis. Logo, o objetivo deste trabalho foi a extração da pectina do mesocarpo externo do pequi e a caracterização dessa matéria, através da espectroscopia de infravermelho, e a produção de filmes a partir da pectina. A extração da pectina foi realizada por esquema fatorial 2³, com variação nas condições de concentração do ácido cítrico (0,5; 0,75 e 0,8 M) e no tempo (25; 50 e 75 min). O grau de esterificação das pectinas extraídas foi analisado usando a transformada de Fourier (FTIR) com um espectrômetro de infravermelho que variou entre 60,61 e 20,88%. O tratamento que obteve maior rendimento da pectina foi utilizado para a produção de filmes pelo método de casting. Os filmes foram avaliados quanto as propriedades mecânicas. O rendimento da remoção da pectina expandiu com a elevação do tempo de extração. As pectinas extraídas apresentaram grau de esterificação que variou de acordo com o tempo de reação e a concentração ácida utilizada. As características mecânicas dos filmes de pectina apresentaram melhores propriedades com maiores concentrações da pectina cítrica comercial.

Palavras-chave: Ácido cítrico. Pequi. Propriedades mecânicas. Rendimento.

ABSTRACT

The pequi external mesocarp is a co-product that can be reused through the extraction of substances such as pectins. Pectins can be used as raw material for the production of biodegradable films. Therefore, the objective of this work was the extraction of the external mesocarp and characterize this substance, through infrared spectroscopy and the production of films from pectins. The extraction of pectin was performed by the factorial scheme 2³, with variation in the chemical acid concentration conditions (0.5; 0.75 and 0.8 M) and without time (25; 50 and 75 min). The degree of esterification of the extracted pectins was analyzed using a Fourier transform (FTIR) with an infrared spectrometer that ranging from 60.61 to 20.88%. The treatment that resulted in the highest production yield was used for film production by the casting method. The films were evaluated for mechanical properties. Of withdrawal yield increased with elevation extraction time. As the extracted pectins showed degree of esterification that varied according to the reaction time and the acid concentration used. The mechanical characteristics of the pectin films showed best properties with higher levels of the commercial citrus pectin.

Keywords: Citric acid. Pequi., Mechanical properties. Productivity.

1 Introdução

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é um fruto típico da região centro-oeste do Brasil. Tem importância econômica para o Cerrado Brasileiro, sendo comercializado na forma in natura, em doces, compotas e sucos. As cascas do pequi, constituídas de exocarpo e mesocarpo, representam em torno de 80% da massa total do fruto. Apesar da riqueza do mesocarpo em fibras alimentares, como a pectina, não há relatos de usos comerciais e alternativas para aplicação desse coproduto (Leão *et al.*, 2018; Soares Júnior *et al.*, 2009).

As pectinas são carboidratos complexos encontrados, principalmente, na parede celular de plantas superiores, auxiliando na adesão entre as células e na resistência mecânica da parede celular. Além disso, são constituídas por uma cadeia linear, com unidades repetidas de ácido D-galacturônico, cujas ligações são covalentes e do tipo α - (1, 4) (Thakur *et al.*, 1997; Oliveira *et al.*, 2016). A indústria de alimentos tem um expressivo interesse por moléculas de pectina, já que esses compostos podem ser utilizados na forma de pó, agindo como agentes geleificantes e aplicados na elaboração de geleias, produtos de confeitaria, laticínios e bebidas. Contudo, para uma ação desejável em produtos à base de pectina, a qualidade da pectina é fundamental, pois influencia no rendimento e no custo final dos produtos (Novosel'skaya *et al.*, 2000). A produção industrial expressiva de pectina é realizada a partir de resíduos: a casca de frutos como o cacau, laranja e maracujá (Vriesmann *et al.*, 2012; Srivastava e Malviva, 2011; Seixas *et al.*, 2014).

A composição da cadeia de pectina é dependente do método de extração, tempo de extração, característica química do ácido ou base usada como reagente na análise, temperatura de extração e a matéria prima estudada. A partir desses fatores, será determinado o grau de esterificação da molécula. Quanto maior a presença de grupos metis, mais amplo será o uso industrial da substância. Podendo ser aplicada em áreas agrônomicas, alimentícias e farmacêuticas (Minjares-Fuentes *et al.*, 2014).

Embalagens biodegradáveis produzidas a partir de compostos extraídos de frutas, como pectinas, são uma alternativa para a sustentabilidade do meio ambiente. Diante disso, Šešlija *et al.*, (2018) relatam que materiais para embalagens devem ter propriedades mecânicas que possam suportar a produção e o armazenamento dos alimentos.

O objetivo deste trabalho foi a extração e caracterização da pectina utilizando o método de espectroscopia no infravermelho, produção de filmes utilizando a pectina extraída e a avaliação de suas características mecânicas.

2 Material e métodos

Os frutos de pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) foram adquiridos no município de Rio Verde - GO, em feiras municipais no período de dezembro de 2016. Os frutos foram transportados em caixas de papelão para o Laboratório de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Posteriormente, foram selecionados quanto ao estado de maturação, sendo utilizados somente frutos maduros e com ausência de injúrias na casca. Posteriormente, foram sanitizados em água clorada (150 ppm por 15 min).

Com o auxílio de uma faca, foi retirado do fruto o epicarpo (casca), mesocarpo interno (porção comestível) e o mesocarpo externo. O mesocarpo externo (polpa branca) foi separado das outras partes, sanitizado a (20 ppm por 15 min) e posteriormente submetido ao processo de branqueamento (submersão do mesocarpo externo em água a temperatura de 80 °C por 4 min, seguindo imediatamente para o resfriamento em banho de gelo). As amostras sanitizadas e branqueadas foram armazenadas em temperatura ambiente.

O mesocarpo externo (polpa branca) foi cortado transversalmente com o auxílio de faca de cozinha, com aproximadamente 8 cm de comprimento e 12 cm de altura. Esse material foi seco em estufa com circulação forçada de ar modelo MA 05, a temperatura de 70°C por 20 horas. Secadas as amostras, estas foram submetidas ao processo de moagem em moinho de facas da marca Marconi para obtenção da farinha do mesocarpo do pequi.

O método de extração da pectina foi uma adaptação de Kleimann *et al.*, (2009), ou seja, uma alíquota da farinha do mesocarpo externo do pequi (5 g) foi dissolvida em 250 mL de ácido cítrico, com auxílio de ultrassom em temperatura ambiente, aproximadamente, 28°C. As extrações foram realizadas em esquema fatorial 2³, sob distintas condições de concentração de ácido cítrico (0,5; 0,75 e 0,8 M) e tempo (25; 50 e 75 min).

Tabela 1 – Detalhamento do esquema fatorial das condições de extração da pectina.

Tratamento	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

A mistura foi filtrada em papel filtro. O filtrado foi levado à refrigeração, sendo mantido por 1 hora em temperatura de $4 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Posteriormente, com a solução já resfriada, foi adicionado o mesmo volume de álcool etílico 96% e deixado em repouso, em temperatura ambiente, por 1 hora. Para que ocorresse precipitação da pectina. A pectina já coagulada foi filtrada a vácuo e lavada com álcool etílico 96%, 15 mL por duas vezes, e acetona P.A., 15 mL por duas vezes também, para a remoção de mono e dissacarídeos, aminoácidos, ácidos orgânicos e sais, e, ainda, algumas enzimas que podem degradar polissacarídeos, conforme Kleimann *et al.*, (2009).

Desse modo, a pectina sem interferentes foi colocada em placas de petri e levada a estufa (circulação forçada de ar), na temperatura de 45°C por 24 horas. Após a secagem, foi triturada em moinho. O rendimento da pectina foi calculado pela da equação 1:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Pectina Extraída (g)}}{\text{Massa da Amostra (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Após a extração, as pectinas foram analisadas através da transformada de Fourier (FTIR) com espectrômetro de infravermelho, modelo Irtfinity – 1 Shimadzu (Nicolet 6700, Thermo Scientific). Foi analisada a região de 500 a 5.000 cm^{-1} , em temperatura ambiente, com resolução 4 cm^{-1} e 22 varreduras. As amostras foram preparadas com pastilha de brometo de potássio (KBr – ca. 3,0 mm).

As amostras e o sal de KBr foram submetidos a uma secagem para remoção de umidade. Logo após a secagem, as amostras foram diluídas no KBr, na proporção 1:10 e trituradas com gral de ágata. Em seguida, foram colocadas em um recipiente para a formulação das pastilhas. O recipiente com a amostra foi submetido a uma pressão de 80 psi durante 8 min, por meio de uma prensa hidráulica. Foram produzidas 1 pastilha para cada tratamento, totalizando 9 amostras.

Para determinação do grau de esterificação (DE), foi utilizada a área dos picos dos grupos carboxílicos esterificados e não esterificados, conforme indicado na equação 2 (Urias-Orona *et al.*, 2010):

$$\text{DE} = \left(\frac{(\text{AP}_{\text{est}})}{(\text{APN}_{\text{est}} + \text{AP}_{\text{est}})} \right) \times 100 \quad (2)$$

Em que: A_{Pest} = Área dos picos carboxílicos esterificados;

APN_{est} = Área dos picos dos grupos carboxílicos não esterificados.

A partir das pectinas extraídas, foram confeccionados filmes pela técnica de casting, proposta por Nascimento *et al.*, (2012), com adaptações. O glicerol foi utilizado como plastificante na concentração de 0,15 p/p de matéria-prima seca (pectina comercial ou farinha da pectina do mesocarpo do pequi). Uma solução aquosa contendo 5% (p/v) de matéria-prima foi preparada, com a adição de um plastificante. As soluções foram colocadas no equipamento Viscoamylograph Brabender (Duisburg, Alemanha) sob agitação, aquecidas a 70°C durante 10 min e reticulada com adição de 30 mL de CaCl_2 0,2 M. Depois de obter a solução, despejou-se 50 mL em placas de poliestireno de 140 mm de diâmetro. A solução filmogênica foi seca em incubadora Hydrosan BOD (Belo Horizonte, Brasil), e ajustada para 33% de umidade relativa (UR) a 60°C por 20 h, resultando em um filme que foi separado com auxílio de espátula da placa e colocado em uma câmara hermética a 53% RH por 6 dias.

Para avaliação das características filmogênicas, os filmes foram confeccionados com distintas proporções de pectina cítrica comercial de alto nível de esterificação e pectina da farinha do mesocarpo externo do pequi, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Proporções da pectina extraída e comercial para cada formulação de filme.

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

As amostras dos filmes de hidrogéis foram cortadas em dimensões de 100 mm x 25 mm. Acondicionadas em ambiente com umidade relativa de 53% (mantida por solução saturada de nitrato de magnésio) por 48 horas a 25°C. Posteriormente, estas foram ajustadas às garras pneumáticas do texturômetro modelo TA TX2i (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) e o teste foi realizado conforme o método da American Society for Testing and Material (ASTM D-882-00, 2001). A distância entre as garras era de 50 mm e a velocidade de tração de 50 mm.min⁻¹. Foi determinada a tensão máxima (MPa), tensão na ruptura (Mpa), alongamento (%) e o módulo de elasticidade (MPa). As análises realizadas em quintuplicada.

Os resultados de rendimento da extração da pectina foram submetidos à análise de variância, regressão múltipla para a elaboração de modelos matemáticos com as variáveis codificadas e análise de superfície resposta, comparando a interação entre as variáveis estudada. O modelo matemático utilizado está representado na Equação 3:

$$y = b_0 + b_1A + b_2B + b_{11}A^2 + b_{22}B^2 + b_{12}AB \quad (3)$$

Em que: y = rendimento da pectina em peso seco;

b_i = coeficiente de regressão para efeitos lineares;

b_{ik} = coeficiente de regressão da interação;

b_{ii} = coeficiente para regressão dos efeitos quadráticos;

A, B = níveis codificados experimentais das variáveis.

As análises estatísticas de rendimento e caracterização de pectina foram realizadas com auxílio do Software Estatística® 8.0. Os dados de propriedades mecânicas foram analisados através de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5% ($p < 0,05$). Com o software Origin Pro 8.5, foram determinadas as áreas referentes aos picos dos grupos esterificados e não esterificados no espectro de infravermelho.

3 Resultados e discussão

A extração da pectina do mesocarpo do pequi obteve um modelo matemático com interações lineares e quadráticas (Equação 4) e coeficiente de determinação (R^2) de 0,98. Indicando que em 98% dos casos, a variação da resposta pode ser explicada pelo modelo determinado.

$$Y = 19,68 + 2,47 \times (a^2) + 9,62 \times (b) - 0,75 \times (a) \times (b) \quad (4)$$

Em que:

Y é o rendimento da extração de pectina;

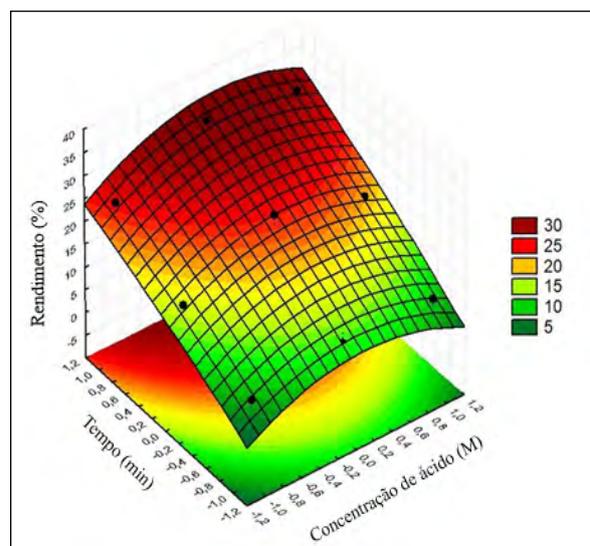
a é a concentração de ácido cítrico;

b é o tempo da extração.

Houve significância da variável concentração de ácido cítrico, de forma quadrática e tempo linear para a extração de pectina do mesocarpo externo do pequi (Equação 4). O efeito sinérgico entre concentração de ácido cítrico e tempo não apresentou significância, mas foi mantido no modelo ajustado.

O tempo de reação e a concentração de ácido cítrico foram fatores que influenciaram o rendimento da extração da pectina do mesocarpo do pequi (Figura 1). Nota-se que o maior rendimento de pectina pode ser observado quando aplicado altos tempos de extração com variação da concentração de ácido cítrico.

Figura 1 – Rendimento da extração da pectina do mesocarpo externo pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.).



Fonte: Elaboração Própria

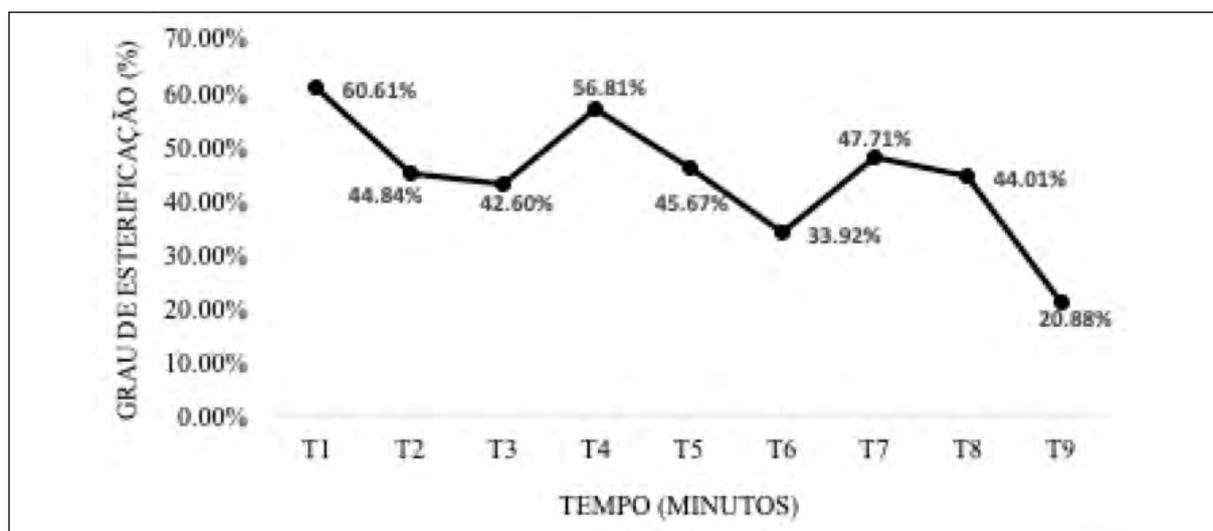
Leão *et al.*, (2018) determinaram que o tempo de extração não foi um fator significativo quando realizada a extração da pectina da casca do pequi. Sayah *et al.*, (2014) descreveram que a extração de pectina da casca da laranja apresentou maiores rendimentos em tempo de extração elevado, assim como é dito por Liew *et al.*, (2014). Indicando que nestas situações ocorre maior dissolução da farinha no solvente extrator, que provoca interação elevada e melhor desprendimento da macromolécula do sistema inicial. No entanto, em situações extremas, estes parâmetros poderiam provocar degradação do polímero.

Ainda segundo Liew *et al.*, (2014), o ácido cítrico tem uma função essencial durante este processo,

contribuindo para que a molécula extraída apresente qualidade superior à extraída com ácidos fortes e orgânicos. De acordo com Canteri *et al.*, (2012), as condições (concentração molar, temperatura, tempo e pH) utilizadas durante o processo de extração da pectina são de suma importância para o rendimento e a natureza da pectina extraída. Podendo atuar sobre a capacidade de formação de gel e no grau de esterificação da mesma.

O grau de esterificação da pectina extraída do mesocarpo do pequi apresentou variação, resultado do uso de concentrações e tempos de extração distintos (Figura 2).

Figura 2 – Grau de esterificação (%) das pectinas extraídas da farinha do mesocarpo do pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.). 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).



Fonte: Elaboração Própria

Conforme Leão *et al.*, (2018), os fatores (concentração e natureza do ácido, características da matéria-prima, temperatura, pH, tempo e o método de extração selecionado) determinam o grau de esterificação da pectina. A metoxilação total corresponde a um grau de metoxilação de 16,3%. Contudo, em pectinas extraídas, é comum metoxilação variando entre 10 e 12%. A proporção dos grupos de ácido galacturônico metilados em relação ao total de grupos de ácido galacturônico é o que determina o grau de metoxilação da molécula de pectina (Stephen *et al.*, 2006).

As pectinas extraídas nas condições T1 e T4 apresentaram alto grau de metoxilação, acima de 50%. As pectinas extraídas com as condições representadas em T2, T3, T5, T6, T7, T8 e T9 obtiveram baixo grau de metoxilação (< 50%). A seleção da pectina dependerá da temperatura de geleificação, textura desejada e do processamento do produto. Para a formação de biofilmes ou géis comestíveis em frutos, é necessário que ocorra rápida geleificação, ou seja, a pectina deverá ter alto grau de esterificação. Em produtos com baixo teor de açúcar, pode se utilizar pectinas com baixo grau de metoxilação, visto que não necessitam de grande quantidade de açúcar para formar gel. Em

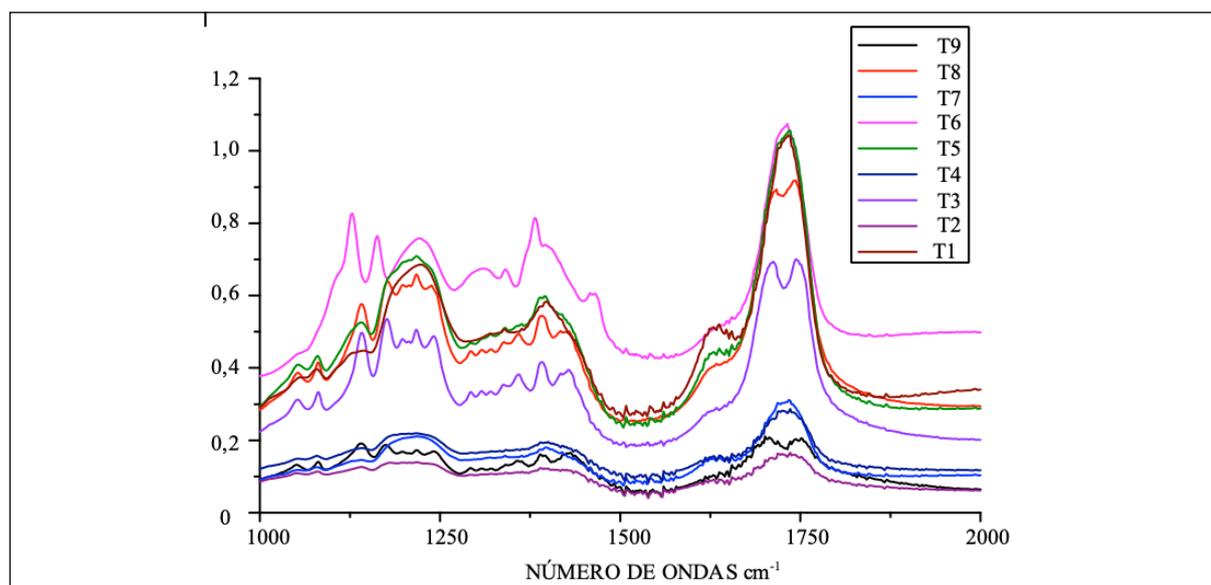
inúmeros produtos pode haver agregação de várias pectinas com diferentes graus de metoxilação para que a consistência desejada seja alcançada (Canteri *et al.*, 2012).

Conforme Siqueira *et al.*, (2012) as pectinas da casca do pequi apresentam baixo grau de esterificação, variando de 11,79 a 48,07%. Estes autores descrevem que condições severas de reações, como concentração elevada de ácido cítrico, provocam degradação do

polímero, o que caracteriza mudança na protopectina. Indicando que estas foram hidrolisadas e este processo influenciou o baixo grau de metoxilação.

A região do espectro de infravermelho, entre 1800-1500 cm^{-1} , é característica na avaliação do grau de esterificação das pectinas, por ser a banda indicativa da presença de ácido carboxílico e grupos éster carboxílicos (Leão *et al.*, 2018) (Figura 3).

Figura 3 – Espectro de Infravermelho das pectinas extraídas da farinha do mesocarpo do pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.). 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).



Fonte: Elaboração Própria

A região característica de grupos carboxílicos (1750-1350 cm^{-1}) está evidenciada nas amostras da pectina do mesocarpo do pequi. Para pectinas, é muito importante observar a banda esterificada C=O (1750 cm^{-1}) e o grupo carboxilato COO^- (1600-1650 cm^{-1}) que pode ser visto nos tratamentos T1, T5 e T8. Segundo Sousa *et al.*, (2017), a presença desses grupamentos contribui para definir propriedades das pectinas, como a força e a velocidade de formação dos géis.

As propriedades mecânicas dos filmes elaborados com diferentes proporções da pectina cítrica comercial e pectina da farinha do mesocarpo do pequi apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para todas as formulações e características observadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Propriedades mecânicas (tensão máxima (Mpa), tensão na ruptura (Mpa), alongamento (%) e módulo de elasticidade (Mpa) dos filmes elaborados com pectina comercial e pectina da farinha do mesocarpo do pequi.

Filme	Tensão Máxima (Mpa)	Tensão na Ruptura (Mpa)	Alongamento (%)	Módulo de Elasticidade (Mpa)
F1	7,60 ± 1,74 ^a	7,38 ± 1,84 ^a	9,90 ± 4,03 ^a	206,98 ± 12,41 ^a
F2	4,33 ± 0,54 ^b	3,85 ± 0,83 ^b	21,21 ± 2,91 ^b	23,41 ± 3,42 ^b
F3	1,07 ± 0,39 ^c	0,61 ± 0,18 ^c	29,55 ± 5,29 ^c	3,84 ± 1,44 ^c

Letras minúsculas iguais, na coluna, indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$) conforme teste de Tukey.

Fonte: Elaboração Própria

Os filmes elaborados com pectina cítrica comercial (F1) apresentaram valores maiores para tensão máxima, tensão na ruptura e alongamento, quando comparados aos filmes confeccionados com pectina da farinha do mesocarpo do pequi (F3). Contudo, o módulo de elasticidade foi maior para (F1) em comparação com (F3). Isso se deve ao grau de esterificação da pectina elaborada, uma vez que a pectina utilizada nas formulações foi aquela que resultou em maior rendimento T9, porém, com baixo nível de esterificação.

Sothornvit e Rodsamran (2008) dizem que propriedades mecânicas satisfatórias e semelhantes as características de plásticos comuns são necessárias em filmes biodegradáveis, pois pouca flexibilidade ou resistência podem provocar falha prematura e fissuras durante o processamento e armazenamento do produto alimentício. A queda na tensão máxima e tensão na ruptura a partir da diminuição da quantidade de pectina comercial usada na formulação, indica que a pectina extraída do mesocarpo do pequi possui menor proporção de metoxilação, visto que estes são responsáveis por dar elasticidade ao produto, sendo confirmada também a queda no módulo de elasticidade (Urias-Orona *et al.*, 2010).

Filmes elaborados com pectina extraída do mesocarpo externo do pequi indicaram valores de alongamento entre 6,8 e 10,8%, valor próximo ao determinado para o filme com pectina cítrica comercial e tensão de ruptura entre 7 e 10,70 Mpa, também próxima ao valor para F1 desta pesquisa. Os valores das propriedades mecânicas podem ser alterados com aplicação de aglutinantes, maiores proporções de plastificantes, enchimentos e reticulantes (Addai *et al.*, 2016).

4 Conclusão

A melhor condição de extração de pectina do mesocarpo externo do pequi foi o tratamento T9 (concentração de 0,85M e 75 min) com rendimento de 96,59%, mostrando que a extração de pectina é influenciada pelo tempo de reação e a concentração de ácido cítrico.

As pectinas extraídas do mesocarpo externo do pequi, avaliadas com Espectroscopia de infravermelho, foram caracterizadas como pectina de baixo grau de esterificação, apresentando valores entre 60,61 e 20,88%. Assim, quanto maior for o grau de esterificação da pectina, maior será a capacidade de formação de gel.

Características mecânicas em filmes é um dos fatores essenciais para melhor armazenamento do produto embalado. Os filmes produzidos com pectina extraída do mesocarpo externo do pequi apresentaram características mecânicas inferiores às produzidas com pectina cítrica comercial.

REFERÊNCIAS

- ADDAI, Z. R.; ABDULLAH, A.; MUTALIB, S. A.; MUSA, K. H. 2016. Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. **Italian Journal of Food Science**, v. 28, n. 1, p. 73-82.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL (Astm). 2001. **Standart terminology of environmental labeling of packaging materials and packages**. D5488-94d, Philadelphia: ASTM.
- CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A.P. 2012. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 149-157.

- KLEIMANN, E.; SIMAS, K. N.; AMANTE, E. R.; PRUDÊNCIO, E. S.; TEÓFILO, R. F.; FERREIRA, M. M. C.; AMBONI, R. D. M. C. 2009. Optimisation of pectin acid extraction from passion fruit peel (*Passiflora edulis* flavicarpa) using response surface methodology. **International Journal of Food Science e Technology**, v. 44, n. 3, p. 476-483.
- LEÃO, D. P.; BOTELHO, B. G.; OLIVEIRA, L. S.; FRANCA, A. S. 2018. Potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. **LWT – Food Science and Technology**, v. 87, n. 1, p. 575- 580.
- LIEW, S. Q.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. 2014. Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, n. 1, p. 231-236.
- MINJARES-FUENTES, R.; FEMENIA, A.; GARAU, M. C.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. A.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. 2014. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: a response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 106, p. 179-189.
- NASCIMENTO, T. A.; CALADO, V.; CARVALHO, C. W. P. 2012. Development and characterization of flexible film based on starch and passion fruit mesocarp flour with nanoparticles. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 588-595.
- NOVOSEL'SKAYA, I. L.; VOROPAEVA, N. L.; SEMENOVA, L. N.; RASHIDOVA, S. S. 2000. Trends in the science and applications of pectins. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 36, n. 1, p. 1-10.
- OLIVEIRA, C. F.; GIORDANI, D.; LUTCKEMIER, R.; GURAK, P. D.; CLADERA-OLIVERA, F.; MARCZAK, L. D. F. 2016. Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. **Food Science and Technology**, v. 71, n. 1, p. 110-115.
- SAYAH, M. Y.; CHABIR, R.; RODI EL KANDRI, Y.; OUZZANI CHAHDI, F.; TOUZANI, H.; ERRACHIDI, F. 2014. Optimization of pectin extraction from steam distilled orange peels through an experimental factorial design. **International Journal of Innovation and Applied Studies**, v. 7, n. 4, p. 1642-1649.
- SEIXAS, F. L.; FUKUDA, D. L.; TURBIANI, F. R. B.; GARCIA, P. S.; PETKOWICZ, C. L. O.; JAGADEVAN, S.; GIMENES, M. L. 2014. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* F. flavicarpa) by microwave-induced heating. **Food Hydrocolloids**, v. 38, n. 1, p. 186-192.
- ŠEŠLIJA, S.; NEŠIĆ, A.; RUŽIĆ, J.; KALAGASIDIS KRUŠIĆ, M.; VELIČKOVIĆ, S.; AVOLIO, R.; SANTAGATA, G.; MALINCONICO, M. 2018. Edible blend films of pectin and poly (ethylene glycol): Preparation and physico-chemical evaluation. **Food Hydrocolloids**, v. 77, p. 494-501.
- SIQUEIRA, B. DOS S.; ALVES, L. D.; VASCONCELOS, P. N.; DAMIANI, C.; SOARES JÚNIOR, M. S. 2012. Pectina extraída de casca de pequi e aplicação em geleia light de manga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 560-567.
- SOARES JÚNIOR, M. S.; REIS, R. C. DOS.; BASSINELLO, P. Z.; LACERDA, D. B. C.; KOAKUZU, S. N.; CALIARI, M. 2009. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de casca de pequi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 1, p. 98-104.
- SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. 2008. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 407-415.
- SOUSA, A. L. N. DE.; RIBEIROA, A. C. B.; SANTOSA, D. G.; RICARDOA, N. M. P. S.; RIBEIROA, M. E. N. P.; CAVALCANTI, E. S. B.; CUNHA, A. P.; RICARDO, N. M. P. S. 2017. Modificação química da pectina do melão caipira (*Curcumis melo* VAR. ACIDULUS). **Química Nova**, v. 40, n. 5, p. 554-560.
- SRIVASTAVA, P. MALVIYA, R. 2011. Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry - An overview. **Indian Journal of Natural Products and Resources**, v. 2, n. 1, p. 10-18.
- STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. 2006. **Food Polysaccharides and their Application**. Taylor & Francis: Segunda Edição.
- THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; HANDA, A. K. 1997. Chemistry and uses of pectin- a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 37, n. 01, p. 47-73.
- URIAS-ORONA, V.; RASCÓN-CHU, A.; LIZARDI-MENDOZA, J.; CARVAJAL-MILLÁN, E.; GARDEA, A. A.; RAMÍREZ-WONG, B. 2010. A novel pectin material: extraction, characterization and gelling properties. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, n. 10, p. 3686- 3695.
- VRIESMANN, L. C.; TEÓFILO, R. F.; PETKOWICZ, C. L. O. 2012. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. **Food Science and Technology**, v. 49, n. 1, p. 108-116.