

EXTRAÇÃO ÁCIDA DA PECTINA DA CASCA DE MARACUJÁ ASSISTIDA POR ULTRASSOM

e-Xacta

ISSN: 1984-3151

ACID EXTRACTION OF THE PECTIN FROM PASSION FRUIT PEEL ASSISTED BY ULTRASOUND

Giovana de Menezes Rodrigues¹; Camila da Silva²

1 Graduada em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Maringá, 2016. Umuarama, PR. giovanademr@gmail.com.

2 Doutora em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, 2009. Professora do Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Maringá, Umuarama, PR. camiladasilva.eq@gmail.com.

Recebido em: 14/02/2017 - Aprovado em: 05/05/2017 - Disponibilizado em: 31/05/2017

RESUMO: A pectina é um polissacarídeo complexo, que atua como agente geleificante, espessante e estabilizante na composição de diversos produtos. A casca do maracujá possui elevado nível de pectina, cujo método convencional de extração é a ebulição utilizando ácidos fortes. O presente estudo objetivou explorar um novo método de extração utilizando ácidos fracos. Buscando esse propósito, a pectina da casca de maracujá foi obtida por meio de extração assistida por ultrassom, utilizando solução de ácido cítrico. Os experimentos foram conduzidos visando avaliar o efeito das variáveis experimentais (razão amostra:solvente, temperatura e tempo) no rendimento de pectina. Os resultados demonstraram que a extração conduzida com razão amostra:solvente de 1:50 (m/v), temperatura de 50 °C e tempo de 90 min proporcionou a obtenção de 26,45% de pectina. Nessas mesmas condições experimentais a pectina foi extraída por método convencional para efeito comparativo, o qual permitiu a obtenção de 21,06% de pectina. Portanto, o uso do ultrassom promoveu a obtenção de melhores resultados, visto que proporcionou o aumento de 25% no rendimento. O grau de esterificação foi determinado apenas para amostras obtidas por ultrassom, as quais foram classificadas com alto grau de metoxilação (81,93%).
PALAVRAS-CHAVE: Ultrassom. Ácido cítrico. Pectina.

ABSTRACT: Pectin is a complex polysaccharide, which acts as a gelling agent, thick and stabilizing in the composition of various products. The passion fruit peel has a high level of pectin, whose conventional method of extraction is boiling using strong acids. The present study aimed to explore a new extraction method with the weak acids. For this purpose, a pectin from the passion fruit peel was obtained by ultrasound-assisted extraction, using citric acid solution. The experiments were conducted with the objective of evaluating the effect of experimental variables (analysis procedure: solvent, temperature and time) on pectin yield. The results demonstrated that the extraction was carried out on the basis of a solvent criterion of 1:50 (m/v) at a temperature of 50 °C and the time of 90 minutes provided a yield of 26.45% pectin. In these same experimental conditions the pectin was extracted by conventional method for comparative effect, which allowed a obtainment of 21.06% pectin. Consequently, the use of the product was promoted to obtain better results, which gave rise to a 25% of increase in yield. The degree of esterification was determined only for samples obtained by ultrasound, which were classified with high degree of methoxylation (81.93%).

KEYWORDS: Ultrasound. Citric acid. Pectin.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* possui mais de 520 espécies, sendo 150 nativas do Brasil (BERNACCI *et al.*, 2008). A importância do maracujazeiro no país é vista pelo volume produzido da fruta. O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa) é o mais cultivado e consumido no país, representando 95% dos pomares, devido à qualidade dos seus frutos, produtividade e rendimento em suco da polpa (MELETTI, 2011).

O maracujá é composto por 53% de casca (albedo e flavedo), 20,90% de semente e 26,10% de polpa (OLIVEIRA *et al.*, 2002). A maior importância econômica do fruto está no produto industrializado, principalmente na extração da polpa para produção de suco (SANTOS *et al.*, 2017).

De acordo com Oliveira *et al.* (2002) os subprodutos obtidos a partir do processamento do maracujá correspondem de 60 a 70% do peso do fruto. Desses subprodutos gerados podem ser produzidos farinhas da casca tratadas, massa base espessante (rica em fibras), pectina, aromas e óleos (COSTA, 2013). A casca do maracujá é rica em fibras solúveis, como a pectina, importante no controle dos níveis sanguíneos de glicídios e lipídios (BONFIETTI, 2017). Podendo auxiliar na prevenção de doenças gastrointestinais, diabetes e obesidade (COQUEIRO; PEREIRA; GALANTE, 2016).

A pectina é um polissacarídeo complexo conhecido por suas inúmeras propriedades, que permitem seu uso como agente geleificante, espessante e estabilizante, sendo de grande importância nas áreas da ciência de alimentos e bebidas, nutrição, cosmética e farmacêutica (LIEW; CHIN; YUSOF, 2014).

O processo de extração é fundamental para a produção da pectina cítrica e o método mais comum de extração emprega solução de ácido mineral forte diluído quente (VRIESMANN; TEÓFILO; PETKOWICZA, 2012). Porém ácidos fortes são

corrosivos e causam efeitos adversos à saúde. Além disso, os efluentes corrosivos gerados pelos ácidos convencionais causam impactos ambientais. Visando o interesse da indústria na produção de pectina, torna-se necessário o estudo de uma metodologia de extração que minimize os danos provocados ao ambiente (MINJARES-FUENTES *et al.*, 2014; PINHEIRO *et al.*, 2008). A substituição dos ácidos fortes (ácidos clorídrico, nítrico, tartárico, sulfúrico), por ácidos orgânicos fracos como ácido cítrico pode contribuir para esse fim (YAPO, 2009). O ácido cítrico tem se mostrado eficaz na extração de pectina garantindo bom rendimento e evitando a degradação da molécula péctica. O ácido cítrico é vantajoso do ponto de vista econômico e atua como um aditivo alimentar natural (CANTERI-SCHEMIN *et al.*, 2005; PINHEIRO *et al.*, 2008).

A extração assistida por ultrassom tem se destacado como uma técnica inovadora aplicável a diversas matrizes vegetais (MINJARES-FUENTES *et al.*, 2014; CHEN; FU; LUO, 2015). Essa técnica tem permitido aumentar a eficiência da extração, consumindo menor energia e solvente e, assim, tem sido amplamente utilizado para obtenção de pectina (MARAN; PRIYA, 2015). O mecanismo da extração assistida por ultrassom é atribuído à força mecânica e à cavitação, que em conjunto com aquecimento do sistema, resultam no rompimento das paredes celulares do material vegetal e redução do tamanho das partículas, promovendo o aumento a transferência de massa (VILKHU *et al.*, 2008).

Com base no contexto descrito, o objetivo do presente estudo foi a obtenção de pectina da casca de maracujá, utilizando ácido cítrico como agente extrator em banho ultrassônico. Buscando esse propósito, foi avaliado o efeito das variáveis experimentais (razão amostra:solvente, temperatura e tempo) no rendimento em pectina, bem como a determinação do grau de esterificação da amostra obtida por ultrassom nas melhores condições experimentais. A extração

pelo método convencional foi realizada para efeito comparativo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Foram utilizados frutos de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa), sem cortes exteriores visíveis ou deterioração, coletados no mercado local de Umuarama no estado do Paraná, Brasil. Para a extração e isolamento da pectina foram utilizados ácido cítrico (Anidrol, 99,5%) e álcool etílico (Anidrol, 95%). Para determinação do grau de esterificação utilizaram-se hidróxido de sódio (Anidrol, 97%), ácido clorídrico (Dinâmica, 37,25%) e fenolftaleína P.A.

2.2 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Os frutos foram lavados, higienizados e cortados na horizontal, sendo as sementes e as polpas removidas. As cascas (composta de albedo e flavedo) passaram por processo de branqueamento conforme descrito por Oliveira *et al.* (2015), sendo imersas em água a temperatura de 100 °C durante 3 min, seguido por resfriamento em banho de gelo. Após o branqueamento as cascas foram cortadas em pequenos pedaços e submetidas a secagem em estufa com circulação de ar (Marconi, MA 035), por 48 h a 60 °C. O material foi triturado em moinho de facas (Willy, MSSL-031) para obtenção de farinha fina e esta foi acondicionada em saco de polietileno à temperatura ambiente.

As análises de composição centesimal foram realizadas conforme indicado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3 EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM

A pectina foi extraída utilizando potência ultrassônica constante em banho de ultrassom com dimensões

internas de 30 cm x 15 cm x 15 cm, com capacidade de 5,9 L, potência de 165 W e frequência de 25 kHz (Ultronique, Q 5.9/40A). As condições variáveis foram razão amostra:solvente (01:15, 01:25, 01:35 e 01:50 g mL⁻¹), temperatura (40, 50 e 60 °C) e tempo (15, 30, 60, 90 e 120 min). A farinha da casca de maracujá (3 g) foi pesada em Erlenmeyer (250 mL) utilizando balança semi-analítica (Shimadzu, UX420H) e posteriormente foi adicionada água acidificada com ácido cítrico, com concentração corrigida em pH 2,00 (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Esse foi conectado ao condensador acoplado a banho refrigerado (Marconi, MA 184). Após o período de extração, a amostra foi filtrada em papel qualitativo, com diâmetro de 15 cm e gramatura de 80 g.m⁻¹ e obteve-se o filtrado contendo a pectina. Os experimentos foram realizados em duplicada para cada condição experimental avaliada.

2.4 EXTRAÇÃO CONVENCIONAL

A extração convencional foi conduzida sob as melhores condições designadas por ultrassom (temperatura de 50 °C, tempo de 90 min e razão amostra:solvente de 1:50 g.mL⁻¹), sendo os experimentos realizados em duplicata. A extração foi realizada conforme metodologia de Canteri-Schemin *et al.* (2005), com ligeiras modificações. O procedimento foi conduzido em balão de três bocas, submerso em água aquecida por chapa de aquecimento e agitação magnética de 400 rpm (IKA, RCT). No balão foi adicionada a solução acidificada pH 2,00 e este foi conectado ao condensador acoplado a banho refrigerado (Marconi, MA 184). Ao atingir a temperatura de interesse (50 °C), foi adicionada a farinha da casca de maracujá (3 g). Após o período de extração, a amostra foi filtrada em filtro de papel e obteve-se o filtrado contendo a pectina.

2.5 ISOLAMENTO DA PECTINA

Realizado para ambos os métodos de extração conforme metodologia de Moorthy *et al.* (2015). O isolamento da pectina consistiu em adicionar ao filtrado etanol 95% (1:2 v/v), em seguida, a mistura foi brevemente agitada (~1 min) e deixada em repouso à temperatura ambiente por 1 h para permitir a precipitação completa da pectina. A pectina precipitada foi filtrada, acondicionada em placa petri, e secada em estufa com circulação de ar (Marconi, MA 035) a 60 °C até peso constante. O rendimento foi calculado a partir da Equação 1.

$$\text{Rendimento}(\%) = \left(\frac{m_0}{m} \right) \times 100\% \quad (1)$$

na qual: m_0 = peso de pectina seca [g], m = peso da farinha da casca de maracujá [g].

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando o software Microsoft® Excel 2010 para avaliar a análise de variância (ANOVA) e aplicar o teste de Tukey, a fim de verificar o efeito das variáveis estudadas e diferenças significativas em um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$).

2.6 GRAU DE ESTERIFICAÇÃO (GE)

A pectina seca foi triturada em moinho (Cadence, BLD 300) para obtenção de um pó fino, para realização do grau de esterificação, o qual foi determinado pelo método de titulação reportado Liew, Chin e Yusof (2014). A metodologia consistiu em umedecer com etanol (5 mL) a pectina triturada (0,2 g), adicionar 20 mL de água destilada e aquecer a mistura a 45 °C por 40 min em incubadora refrigerada (Marconi, MA 839/A) com agitação de 40 rpm. Posteriormente, três gotas de fenolftaleína foram adicionadas à amostra e esta foi titulada com solução de NaOH 0,1 mol.L⁻¹. Anotou-se o volume inicial gasto na titulação como v_i . Em seguida, 10 mL de solução de NaOH 0,1 mol.L⁻¹

foram adicionados à amostra já titulada e agitou-se. A mistura foi deixada repousar a temperatura ambiente durante 2 h para a desterificação da pectina. Adicionou-se 10 mL de solução de HCl 0,1 mol.L⁻¹ e esta foi agitada até que a cor rosa desaparecesse. Três gotas de fenolftaleína foram adicionadas à amostra e esta foi titulada novamente com solução de NaOH 0,1 mol.L⁻¹. Anotou-se o volume final gasto na titulação como v_f . O GE foi calculado a partir da Equação 2.

$$GE(\%) = \left(\frac{v_f}{v_i + v_f} \right) \times 100\% \quad (2)$$

em que: v_i = volume inicial gasto [mL], v_f = volume final gasto [mL].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Os resultados das análises de composição centesimal da casca de maracujá são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1

Composição físico-química da casca de maracujá.

Componente	(%)
Umidade	6,41 ± 0,11
Cinzas	5,85 ± 0,14
Proteínas	4,51 ± 0,03
Lipídeos	0,22
Fibra Bruta	25,96 ± 0,15
Carboidratos	56,98 ± 0,02

Fonte - Próprio autor.

O conteúdo de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibra bruta foram semelhantes aos encontrados na literatura para a farinha da casa de maracujá (PINHEIRO *et al.*, 2008; UCHOA *et al.*, 2008;

OLIVEIRA *et al.*, 2015). A farinha da casca de maracujá apresentou umidade de $6,41 \pm 0,11\%$, muito próxima à umidade obtida por Oliveira *et al.* (2015) de $6,61 \pm 0,36\%$. O conteúdo de cinzas foi de $5,85 \pm 0,14\%$, estando na média entre os resultados obtidos por Pinheiro *et al.* (2008) de $9,27 \pm 0,05\%$ e Uchoa *et al.* (2008) de $2,52 \pm 1,16\%$. O teor de lipídios foi de $0,22\%$, estando acima do teor de lipídeos reportado por Pinheiro *et al.* (2008) menor que $0,10\%$, e inferior ao reportado por Uchoa *et al.* (2008) de $0,75 \pm 0,13\%$. O conteúdo de fibra bruto foi de $25,96 \pm 0,15\%$, estando próximo ao resultado reportado por Uchoa *et al.* (2008) de $26,31 \pm 1,09\%$. A farinha de maracujá apresentou $56,98 \pm 0,02\%$ de carboidratos, enquanto que Oliveira *et al.* (2002) obtiveram $53,82 \pm 0,21\%$. De acordo com Oliveira *et al.* (2002), certas variações entre os conteúdos são aceitáveis, visto que depende do local de plantio, das condições genéticas da planta, do estágio de maturação do fruto, que leva a perda de umidade, e afeta a concentração dos demais constituintes. Além de outros fatores como os reagentes utilizados para realização das análises e metodologias empregadas.

3.2 EXTRAÇÃO DA PECTINA POR ULTRASSOM

3.2.1 EFEITO DA RAZÃO AMOSTRA:SOLVENTE

A Figura 1 apresenta o efeito da razão amostra:solvente no rendimento de pectina obtido a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e tempo de 60 min.

Pode-se verificar que a razão amostra:solvente influenciou ($p < 0,05$) na extração por ultrassom, visto que com o aumento de 1:15 para 1:50 (m/v), o rendimento de pectina variou de 13,21 para 21,62%. Segundo Maran e Priya (2015) a maior razão amostra:solvente promove o aumento da superfície de contato entre a matriz vegetal e o solvente, o que favorece a transferência de massa.

Além disso, a extração assistida por ultrassom melhora a hidratação do material, elevando o

rendimento do processo (TOMA *et al.*, 2001). Quando o meio é concentrado e viscoso, a cavitação é reduzida, pois é necessário que a rarefação das ondas emitidas supere as forças de coesão naturais do líquido. Assim, quando o meio é menos concentrado a transmissão das ondas emitidas ocorre mais facilmente (GOGATE; PANDIT, 2004).

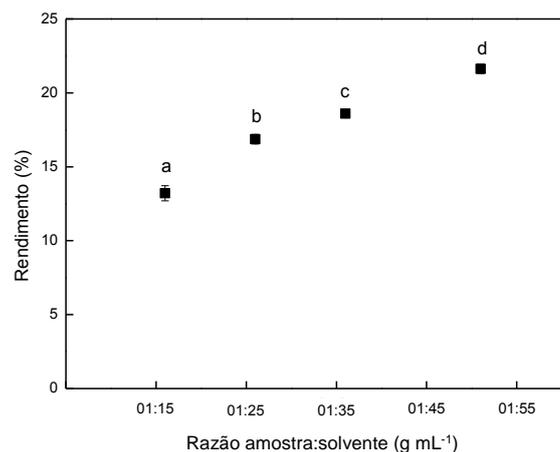


Figura 1 – Efeito da razão amostra:solvente no rendimento de pectina obtido a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 60 min. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$).
Fonte - Próprio autor.

3.2.2. EFEITO DA TEMPERATURA

A Figura 2 apresenta o efeito da temperatura no rendimento em pectina utilizando razão amostra:solvente de 1:50 (m/v) e 60 min de extração.

O rendimento de pectina aumentou de 18,39 para 21,62% quando a temperatura variou de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esse fato pode ser explicado devido à maior solubilidade da pectina com o aumento da temperatura. No entanto, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no rendimento quando a extração foi conduzida a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, o que pode ser parcialmente resultante da diminuição da potência de saída, uma vez que a temperatura afeta significativamente a potência de saída do ultrassom (XU *et al.*, 2014).

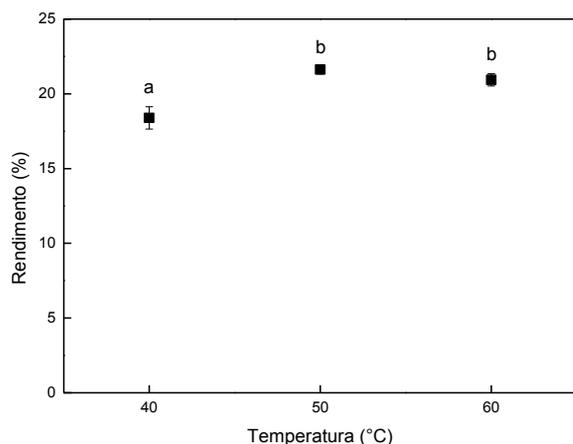


Figura 2 – Efeito da temperatura no rendimento de pectina utilizando razão amostra:solvente 01:50 (m/v) durante 60 min

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$)

Fonte - Próprio autor.

Chen, Fu e Luo (2015) reportaram melhor rendimento de pectina da polpa de beterraba quando a temperatura de extração variou de 80 para 120 °C. Porém houve decréscimo no rendimento quando a temperatura teste foi superior a 120 °C.

3.2.3 EFEITO DO TEMPO

Com o intuito de avaliar o efeito do tempo, a razão amostra:solvente e a temperatura foram mantidas fixas em 1:50 (m/v) e 50 °C, respectivamente.

A partir da Figura 3 verifica-se que o rendimento de pectina não foi influenciado pelo tempo até 60 min, mas houve diferença significativa ($p < 0,05$) aos 90 min de extração.

Oliveira *et al.* (2016) estudaram o efeito do ultrassom na extração da pectina da casca de maracujá, sendo os experimentos realizados no intervalo 3 a 20 min e obtiveram maior rendimento (8,5%) em 10 min de extração. Minjares-Fuentes *et al.* (2014) reportaram a extração por ultrassom da pectina do bagaço de uva utilizando ácido cítrico pH 2,00, em que obtiveram rendimento máximo de 20% de pectina a 75 °C e 60 min de extração.

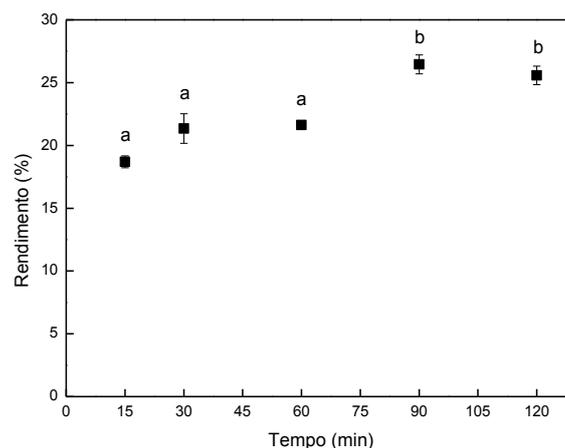


Figura 3 – Efeito do tempo no rendimento de pectina utilizando razão amostra:solvente 1:50 (m/v) e 50 °C

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$)

Fonte - Próprio autor.

Xu *et al.* (2014) reportam que ocorre degradação da pectina quando exposta a temperaturas muito elevadas e ondas ultrassônicas durante um longo período de tempo.

3.3 EFEITO DO ULTRASSOM NO PROCESSO

A extração convencional foi realizada nas condições de maior rendimento obtidas no processo assistido por ultrassom (razão amostra:solvente 1:50 (m/v), tempo de 90 min e temperatura de 50 °C). Os resultados apresentados na Tabela 2 permitem verificar que o rendimento de pectina foi maior para a extração assistida por ultrassom ($p < 0,05$), com aumento de 25% no rendimento quando comparado ao método convencional.

Wang *et al.* (2015) estudaram a obtenção de pectina de toranja obtida a partir da extração assistida por ultrassom e por método convencional e concluíram que a extração por ultrassom proporcionou maior rendimento de pectina com temperatura mais baixa e menor tempo de extração. O efeito do ultrassom foi comparado com o método convencional na extração de pectina da casca de maracujá, realizada por Oliveira *et al.* (2016) e obtiveram rendimentos de

12,76% para extração por ultrassom e 7,95% para extração por método convencional, utilizando para ambos temperatura de 85 °C, razão 1:30 (m/v), tempo de 10 min e solução de ácido nítrico pH 2,00.

Tabela 2

Rendimento de pectina da farinha da casca de maracujá obtido a partir da extração assistida por ultrassom e convencional.

Método	Rendimento (%)
Ultrassom	26,45 ± 0,75 ^a
Convencional	21,06 ± 0,19 ^b

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa (p<0,05).
Fonte - Próprio autor.

3.4 GRAU DE ESTERIFICAÇÃO

O grau de esterificação foi determinado para apenas para amostras obtidas por ultrassom nas condições que proporcionaram maior rendimento de pectina e obteve-se 81,93% de grau de esterificação. De acordo com a literatura, a pectina acima de 50% de GE é vantajosa para fabricação de produtos com elevado teor de açúcar (CANTERI-SCHEMIN *et al.*, 2005). Oliveira *et al.* (2016) estudaram a extração por ultrassom da pectina da casca de maracujá, utilizando solução de ácido nítrico pH 2,00 e obtiveram amostra com 60,36% de GE. Minjares-Fuentes *et al.* (2104) utilizaram a extração assistida por ultrassom na obtenção de pectina do bagaço de uva e reportam GE

de 55,2%. Liew, Chin e Yusof (2014) realizaram a otimização do processo de extração de pectina da casca de maracujá e relatam que o GE diminui com o tempo de extração, e dessa forma, obtiveram GE máximo de 58,92% em 30 minutos de extração. Os autores Kulkarni e Vijayanand (2010) obtiveram GE de 88,2% utilizando ácido clorídrico. Canteri-Schemin *et al.* (2010) e Pinheiro *et al.* (2008) obtiveram pectinas com grau de esterificação 68,84% e 78,59% utilizando ácido cítrico como agente extrator.

4 CONCLUSÃO

O aumento da razão amostra:solvente exerceu influência significativa (p<0,05) no rendimento de pectina. Em relação ao tempo, períodos menores que 90 min apresentaram menor rendimento de extração e maiores, entre os testados, apresentaram rendimentos próximos, com 95% de confiança. A temperatura não influenciou significativamente (p>0,05) na extração quando variou de 50 °C para 60 °C. Portanto, os resultados demonstraram que a extração conduzida na razão amostra:solvente de 1:50 (m/v), temperatura de 50 °C e tempo de 90 min proporcionou o rendimento de 26,45%. De acordo com os resultados, a tecnologia ultrassônica demonstrou-se efetiva, pois permitiu a obtenção de melhor rendimento quando comparado ao método convencional. O GE foi de 81,93% para amostras obtidas por ultrassom nas condições de maior rendimento de pectina.

REFERÊNCIAS

BERNACCI, L.C. *et al.*. Passiflora edulis Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 566-576, 2008.

BONFIETTI, N. F. Desenvolvimento e análise sensorial de cookies de quinoa enriquecidos com pigmentos naturais. **Revista Saúde UniToledo**, v. 01, p. 31-46, 2017.

- CANTERI-SCHEMIN, M. H. *et al.*. Extraction of pectin from apple pomace. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, p. 259-266, 2005.
- CHEN, H.; FU, X.; LUO, Z. Properties and extraction of pectin-enriched materials from sugar beet pulp by ultrasonic-assisted treatment combined with subcritical water. **Food Chemistry**, v. 168, p. 302-310, 2015.
- COQUEIRO, A. Y.; PEREIRA, J. R. R.; GALANTE, F. Farinha da casca do fruto de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg (maracujá-amarelo): do potencial terapêutico aos efeitos adversos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, p. 563-569, 2016.
- COSTA, A. M. Aproveitamento de subprodutos do maracujá. **Embrapa Cerrados**, 2013.
- GOGATE, P. R.; PANDIT, A. B. Sonochemical reactors: scale up aspects. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 11, p. 105–117, 2004.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª Ed. Brasília, ANVISA, 2008.
- KULKAMI, S. G.; VIJAYANAND, P. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* L.). **Food Science and Technology**, v. 43, p. 1026-1031, 2010.
- LIEW, S. Q.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 02, p. 231-236, 2014.
- MARAN, J. P.; PRIYA, B. Ultrasound-assisted extraction of pectin from sisal waste. **Carbohydrate Polymers**, v. 115, p. 732-738, 2015.
- MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 83-91, 2011.
- MINJARES-FUENTAS, R. *et al.*. Ultrasound-assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: a response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 106, p. 179-189, 2014.
- MOORTHY, I. G. *et al.*. Response surface optimization of ultrasound assisted extraction of pectin from pomegranate peel. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 72, p. 1323-1328, 2015.
- OLIVEIRA, C. F. *et al.*. Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, p. 01-08, 2015.
- OLIVEIRA, L. F. *et al.*. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 03, 2002.
- OLIVEIRA, T. I. S. *et al.*. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by response surface methodology, **Food Chemistry**, v. 198, p. 113-118, 2016.
- PINHEIRO, E. R. *et al.*. Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* *Flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 5561–5566, 2008.
- SANTOS, V. A. *et al.*. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, p. 33-40, 2017.
- TOMA, M. *et al.*. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 8, p. 137-142, 2001.
- UCHOA, A. M. A. *et al.*. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, p. 58-65, 2008.
- VILKHU, K. *et al.*. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry. **Innovative Food Science Emerging Technology**, v. 9, p. 161–169, 2008.
- VRIESMANN, L. C.; TEÓFILO, R. F.; PETKOWICZA, C. L. O. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. **Food Science and Technology**, v. 49, p. 108-116, 2012.
- WANG, W. *et al.*. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: optimization and comparison with the conventional method. **Food Chemistry**, v. 178, p. 106-114, 2015.
- XU, Y. *et al.*. D. Effects of ultrasound and/or heating on the extraction of pectin from grapefruit peel. **Journal of Food Engineering**, v. 126, p. 72-81, 2014.
- YAPO, B. M. Lemon juice improves the extractability and quality characteristics of pectin from yellow passion fruit by-product as compared with commercial citric acid extractant. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 3147-3151, 2009.