

# Pectina: uma abordagem teórica sobre os métodos de extração

## RESUMO

As pectinas possuem uma cadeia estruturalmente complexa e estão presentes em vários tecidos vegetais nos quais desempenham várias funções estruturais e funcionais. A aplicação das pectinas na indústria alimentícia é muito versátil e pode ser utilizada em diversos produtos devido às suas propriedades de gelificação, espessante e estabilização. Os métodos de extração de pectina de matérias-primas vegetais têm sido sucessivamente empregados e aprimorados para melhorar o rendimento e a qualidade das pectinas. Além disso, recentemente, um grande número de fontes alternativas de vegetais tem sido usado para extrair esse aditivo alimentar. Nesse sentido, o objetivo deste artigo foi apresentar uma revisão da literatura sobre os principais métodos de extração de pectina (químicos, físicos e enzimáticos) apresentando seus fundamentos e características. Foi possível perceber, ao final, que os métodos físicos e enzimáticos são metodologias que devem ser aplicadas combinadas com o método químico para extração de pectinas. Os parâmetros aplicados durante a extração da pectina influenciam diretamente no seu rendimento e na sua qualidade, afetando a função tecnológica. Dessa maneira, o método escolhido deve ser eficiente em rendimento e resultar em pectina de boa qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** rendimento; grau de metoxilação; enzimático; micro-ondas; ultrassom.

**Natália Alves Campos**

[natalialvescampos98@gmail.com](mailto:natalialvescampos98@gmail.com)  
<http://orcid.org/0000-0001-6912-072X>  
Departamento de Engenharia de Alimentos,  
Fundação Universidade Federal de  
Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes,  
Ariquemes, Rondônia, Brasil.

**Cleber do Amaral Mafessoni Liviz**

[cleberkrt@gmail.com](mailto:cleberkrt@gmail.com)  
<http://orcid.org/0000-0003-0859-1581>  
Mestrado em Agroecossistemas  
Amazônicos, Fundação Universidade  
Federal de Rondônia (UNIR), Campus de  
Rolim de Moura, Rolim de Moura, Rondônia,  
Brasil.

**Gisele Teixeira de Souza Sora**

[gisesora@unir.br](mailto:gisesora@unir.br)  
<http://orcid.org/0000-0001-5043-7620>  
Departamento de Engenharia de Alimentos,  
Fundação Universidade Federal de  
Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes,  
Ariquemes, Rondônia, Brasil.

**Ladyslène Christyns de Paula**

[ladyslène.paula@unir.br](mailto:ladyslène.paula@unir.br)  
<http://orcid.org/0000-0001-6265-1237>  
Departamento de Engenharia de Alimentos,  
Fundação Universidade Federal de  
Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes,  
Ariquemes, Rondônia, Brasil.

**Luís Fernando Polesi**

[lfpolesi@academico.ufs.br](mailto:lfpolesi@academico.ufs.br)  
<http://orcid.org/0000-0001-9513-7373>  
Departamento de Educação em Ciências  
Agrárias e da Terra, Universidade Federal de  
Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Sergipe,  
Brasil.

**Gabrieli Oliveira-Folador**

[gabrieli.oliveira@unir.br](mailto:gabrieli.oliveira@unir.br)  
<http://orcid.org/0000-0001-9077-8737>  
Departamento de Engenharia de Alimentos,  
Fundação Universidade Federal de  
Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes,  
Ariquemes, Rondônia, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A pectina, objeto deste estudo, é um polissacarídeo encontrado principalmente em paredes celulares e na lamela média de plantas superiores. Esse polissacarídeo é constituído por uma estrutura metilesterificada  $\alpha$ -1,4 ligadas a D-ácidos galacturônicos e outros açúcares (CHAN *et al.*, 2017; GHARIBZAHEDI; SMITH; GUO, 2019). As pectinas são as responsáveis pela textura firme de frutos, apresentam ótimas propriedades de adesão entre as células e resistência mecânica da parede celular (BRANDÃO e ANDRADE, 1999).

Além do papel desempenhado na textura dos frutos, a pectina extraída dessas fontes vegetais, é adicionada, intencionalmente na elaboração de inúmeros produtos, com o objetivo de prevenir a floculação em preparados de frutas, como também na estabilização de produtos de panificação, estabilização proteica, maciez, controle de sinérese, melhoria da textura e aumento do volume, entre outros, devido suas propriedades geleificante, espessante e estabilizante (MUNHOZ, 2008; HAMINIUK, 2005).

Atualmente, as pectinas comerciais são extraídas de frutas cítricas, como a laranja, limão, ou do bagaço de maçã e albedo de maracujá. No entanto, devido a sua grande aplicação industrial, existe uma necessidade crescente no melhoramento da extração desse polissacarídeo funcional, assim como, de busca de novas alternativas de fontes de pectina, como frutas, resíduos vegetais, cascas e bagaço (BANERJEE *et al.*, 2016). As pectinas originadas de diferentes matérias-primas, podem apresentar características diversas quanto à massa molar, ao grau de esterificação, aos teores de açúcares neutros, a distribuição dos grupos carboxil-metoxilados, como também às suas propriedades funcionais e tecnológicas. Essas alterações em suas características, se dão, não somente pela fonte na qual é extraída, mas também o método de extração que é aplicado, às condições da metodologia, a temperatura, a concentração do ácido, o tempo e a força da base de esterificação (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006; CANTERI, 2010).

Segundo Canteri (2010) a extração de pectina é comumente realizada através da solubilização das cadeias em solventes pouco ácidos, sob determinadas condições de tempo e temperatura, as quais influenciam posteriormente o rendimento e as características do produto final. Porém, se o processo de extração de pectina for feito sob condições muito severas, poderá ocorrer a degradação da cadeia, interferindo nas propriedades reológicas das pectinas. A procura por um método eficiente para a extração das pectinas e a sua correta aplicação é de grande importância, visto que se faz necessário estabelecer condições de extração levando em consideração o aumento do rendimento do método, bem como, a qualidade do produto obtido comparando-as com as pectinas comerciais.

Diante da importância deste aditivo para a indústria de alimentos, este artigo tem como objetivo fornecer uma revisão de literatura com os

trabalhos mais recentes sobre os métodos de extração de pectina. Para isso, foi realizada uma pesquisa dos artigos publicados relacionados a temática do estudo utilizando palavras-chaves: pectina, extração ácida, extração por micro-ondas, ultrassom, extração enzimática, nas plataformas digitais científicas: Scielo, Google acadêmico, Portal Periódicos Capes e BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), durante o período de 01/10/2020 a 20/05/2021. Um total de 92 trabalhos científicos foram selecionados e formaram um banco de dados, onde as informações mais relevantes estão apresentadas nesta revisão bibliográfica.

## MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Diversas metodologias foram desenvolvidas ao longo dos anos visando a extração de pectinas de fontes vegetais. O processo de extração da pectina vai depender da solubilização da pectina extraída e da hidrólise da protopectina da parede celular, bem como a obtenção do estado de saturação pelo solvente de extração. Esse processo pode ser feito por diferentes métodos, sendo eles, físicos, químicos, enzimáticos ou a combinação deles, no qual cada metodologia vai variar de acordo com a matéria-prima utilizada (ADENTUNJI *et al.*, 2017).

O processo de extração aplicado influencia na estrutura química das pectinas, as quais têm relação direta com as suas propriedades funcionais, por exemplo, na formação de géis (NASCIMENTO, 2014). Por este motivo, a eficácia do método escolhido não deve ser avaliada somente em relação ao rendimento, mas também, em relação a qualidade da pectina extraída.

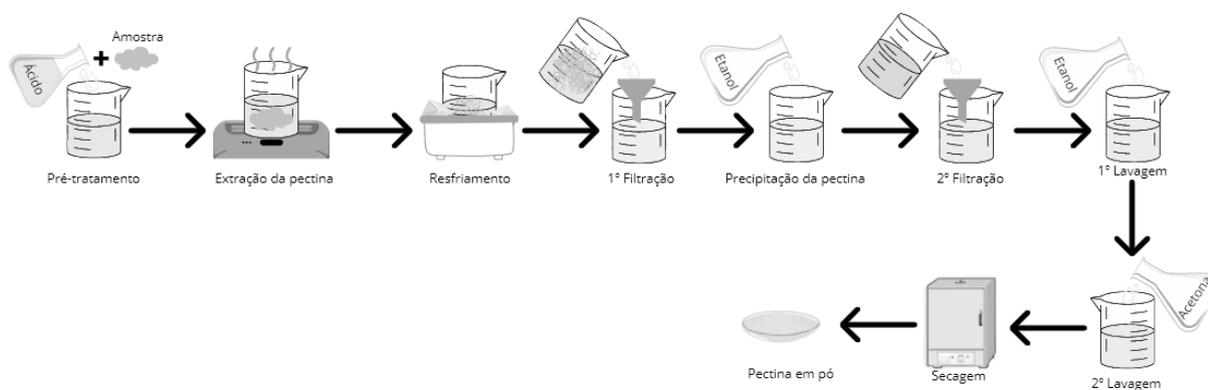
## MÉTODO QUÍMICO

O método químico é considerado um processo convencional para a extração de pectina, podendo ser realizado com a adição de ácidos e/ou bases minerais fortes. O pH da solução, temperatura de extração e tempo, apresentam influências diretas no processo de extração, interferindo nas características das pectinas extraídas, como o grau de metoxilação, o teor de ácido galacturônico e também as suas propriedades funcionais (VASCONCELOS, 2019; PAGAN *et al.*, 2001).

Nascimento (2014) explica que a extração em meio básico origina pectinas com baixo grau de metoxilação devido à saponificação dos grupos ésteres. Essa condição pode ser evidenciada no estudo da extração de pectina de melão caipira utilizando soluções ácida (ácido oxálico) e básica (hidróxido de sódio). Os resultados em relação ao grau de metoxilação foram 40,90 e 29,00% em meio ácido e básico, respectivamente (SOUSA *et al.*, 2017). Por outro lado, a extração em meio ácido resulta em pectinas com alto grau de esterificação, sendo o método de extração comumente usados pela indústria (NASCIMENTO, 2014).

A extração das pectinas por método químico é composta por múltiplos, sendo realizado em três fases principais. A primeira fase é a extração da matéria-prima, conhecida também como extração ácido-aquosa do material vegetal. A segunda fase é caracterizada como a etapa de purificação do extrato líquido e, por fim, a terceira fase é caracterizada pelo isolamento da pectina do extrato, podendo também ser chamada como separação do extrato da pectina do líquido (PAGAN *et al.*, 2001; PAIVA, LIMA e PAIXÃO, 2009; VASCONCELOS, 2019).

A Figura 1 apresenta o esquema do processo de extração pelo método químico, seguindo as etapas descritas por Yapo *et al.* (2007), Canteri (2010).



**Figura 1** – Esquema do processo de extração pelo método químico.  
Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com May (1990), a pectina é extraída comumente por meio da aplicação de ácido inorgânico, com o pH em torno de 2,0, sob aquecimento durante um determinado período. O extrato obtido passa por diversos processos posteriores, com o objetivo de obter as pectinas em uma forma líquida. A pectina será precipitada (sólida) ao misturar o extrato líquido obtido com álcool, seguindo para filtração, secagem e trituração.

Em relação aos principais fatores (pH, temperatura e tempo) que predominam neste processo de extração, o pH desempenha um papel de grande importância no controle do rendimento da pectina, bem como na composição da sua cadeia lateral, principalmente no conteúdo de arabinose e galactose (METHACANON; KRONGSIN; GAMONPILAS, 2014). O pH reduzido no início do processo de extração permite obter melhores rendimentos, sendo uma das formas mais utilizadas para extração em escala industrial. Entretanto, um brusco abaixamento pode ser desfavorável, podendo acelerar a degradação dos polímeros e a desesterificação da pectina (CHO e HWANG, 2000; YAPO *et al.*, 2007).

Sousa (2015) explica que existe um limite mínimo de pH da solução extratora, a qual interfere diretamente na ocorrência de hidrólise do material, podendo afetar sua estrutura, tanto na cadeia lateral, reduzindo

o grau de esterificação, como na cadeia principal, interferindo no conteúdo de ácido galacturônico do material. Este fato é evidenciado no trabalho de Pereira *et al.* (2016), em seu estudo sobre a extração de pectina de cascas de romã com ácido cítrico. Os autores descreveram que as condições adversas de pH, temperatura e tempo de exposição, aumentaram o rendimento da extração e o conteúdo de ácido galacturônico, mas diminuíram o grau de metoxilação. Extração de pectina, a partir de soluções preparadas com ácidos fracos, como o ácido oxálico (pH entre 3,5-4,6), têm sido preferidas em relação àquelas obtidas de ácidos fortes por fornecerem pectinas com grau de esterificação mais elevados (SOUSA *et al.* 2017).

Este fato é corroborado no estudo de Liew *et al.* (2018), que avaliaram o método de extração de pectina com ácido cítrico e solvente eutético profundo de cascas de pomelo. Os pesquisadores afirmaram que o parâmetro que teve a maior influência no rendimento e característica da pectina foi o pH. O aumento do rendimento se deve ao fato de que o baixo pH causa uma diferença na concentração entre o meio de extração e a matriz da planta, facilitando a transferência do polissacarídeo para o meio (PRAKASH *et al.*, 2013). As modificações estruturais relacionadas ao efeito do pH, foram avaliadas no intervalo de pH entre 1 - 2. Os autores demonstraram que em pH 1,50, o rendimento de pectina foi maior (39,57%) e valor DE (grau de metoxilação) era consideravelmente alto (55,71%). Em pH <1,50, observou-se que os valores de DE aumentavam (pH de 1, DE foi 64,03%). Segundo o estudo, com a redução do pH aumenta a concentração de íons H<sup>+</sup> que, por sua vez, permite que mais grupos carboxila livres sejam ionizados em carboxilas esterificadas, aumentando o valor DE (LIEW *et al.* 2018).

A temperatura é outro fator importante a ser considerado durante o processo de extração de pectina, pelo método químico. Zhongdong *et al.* (2006) relatam que o aumento do rendimento da pectina durante as extrações, com a elevação da temperatura, pode ser devido ao aumento da solubilidade e difusividade da pectina dos tecidos da planta no solvente. Entretanto, quando a temperatura está acima do desejado o rendimento de extração diminui, podendo esse comportamento estar associado à degradação de alguns compostos extraídos (MESBAHI; JAMALIAN; FARAHNAKY, 2005). Na extração pelo método químico, geralmente as temperaturas aplicadas ficam em torno de 70 a 100 °C, por tempo suficiente para remover uma determinada quantidade de pectina sem que haja perdas na sua natureza química (MESBAHI; JAMALIAN; FARAHNAKY, 2005; GANCZ; ALEXANDER; CORREDIG, 2006).

Fakayode e Abobi (2018) avaliaram os efeitos dos parâmetros de processamento nas extrações de óleo essencial e pectina de cascas de laranja. Os pesquisadores relatam que quando aplicadas as condições de extração de 85 °C por 105 min e pH de 1,60 obtiveram rendimentos de 17,32% de pectina. Quando aplicadas as mesmas condições, variando apenas a temperatura para 95 °C, obtiveram um rendimento de pectina de

30%. Os autores descrevem que à medida que a temperatura de extração aumenta, a solubilidade da pectina aumenta, levando ao aumento da taxa de extração. No entanto, eles ressaltam que se a temperatura exceder ao limite ótimo, resultará em uma diminuição do tamanho molecular da cadeia do polímero, tornando-a inadequada para a precipitação em álcool e, portanto, não quantificável, reduzindo assim o rendimento. Este fato foi confirmado no estudo de Rocha (2017), onde os parâmetros pH (1) e tempo (90 min) foram fixados e variou-se apenas a temperatura (80 e 96 °C) para extrair pectina de farinha de cubiu. Os resultados revelaram valores de rendimento de 64,12 e 39,77%, respectivamente, demonstrando que após o limite há degradação da molécula.

Da mesma maneira, Oliveira *et al.* (2018), avaliaram o efeito do pH (1,5 - 2,5), temperatura (70 - 90°C) e tempo (45 - 75 min) na extração de pectina da casca de manga ubá. O rendimento (18,80% a 32,10%), o grau de metoxilação (62,2% a 86,2%) e a viscosidade (1,58 a 45,85 Mpa.s) da pectina extraída tiveram variações de acordo com as condições do processo. Os maiores valores de rendimento foram obtidos nas condições de extração mais severas, de tempo, temperatura e pH (75 min, 90 °C e pH de 1,50). Similarmente, o grau de metoxilação foi afetado pelos parâmetros, sendo obtidos valores de DE menores em condições mais severas. Dentre as condições analisadas, o tempo mostrou possuir o menor efeito no rendimento e DE. Em relação à propriedade reológica, as pectinas extraídas em condições mais brandas, apresentaram maior viscosidade (45.85 mPa.s a 70°C, pH 2.50 e 45 min) quando comparada com pectinas extraídas em condições mais severas (1.58 mPa.s a 80°C, pH 1.16 e 60 min). Isso se deve ao maior grau de hidrólise das cadeias de ácido poligalacturônico (despolimerização) que ocorre quando eles experimentam condições de extração mais rigorosas, produzindo polímeros de baixo peso molecular e, como consequência, menor capacidades de espessamento (CANTERI *et al.*, 2012; EINHORN-STOLL, HATAKEYAMA e HATAKEYAMA, 2012).

Algumas matérias primas utilizadas para extração química de pectina estão apresentadas na Tabela 1.

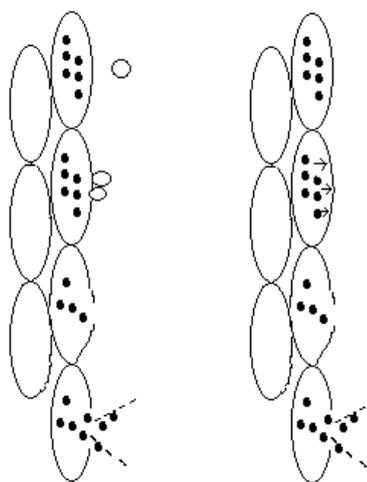
## MÉTODO FÍSICO

Encontram-se na literatura diversos trabalhos que relatam a necessidade do desenvolvimento e utilização de diferentes técnicas para extração de pectina e que possam evitar alterações nas propriedades químicas das mesmas. Os métodos físicos se destacam neste quesito. Sua maior vantagem em relação ao método químico é o tempo de extração reduzido. A Figura 2 apresenta o esquema do processo de extração pelo método físico empregando as técnicas de ultrassom e micro-ondas.

**Tabela 1** – Comparação entre os métodos químicos de extração de pectina.

Métodos químicos						
Solvente	Temperatura (°C)	Tempo (min.)	pH	Matéria-prima	Rendimentos (%)	Referências
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	120	2,5	Cascas de manga	21,00	Rehmann, Salatiya e Shan (2004)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	88	120	2,5	Cascas de romã	8,00	Pereira <i>et al.</i> , (2016)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	70	75	2,0	Cascas de maracujá	14,60	Liew, Chin e Yusof (2014)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> + SE	88	141	1,8	Cascas de pomelo	39,72	Liew <i>et al.</i> , (2018)
HCl	93,07	117	1,6 0	Cascas de laranja	30,00	Fakayode e Abobi (2018)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	240	1,0	Beterraba	22,40	Mesbahi, Jamalian e Farahnaky (2005)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	80	90	1,0	Farinha de cubiu	64,12	Rocha (2017)
HNO <sub>3</sub>	100	90	3,0	Cascas de vagen do cacau	11,20	Vriesmann, Teofilo e Petkowicz (2011)
HCl	93	50	2,0	Polpas de batatas	22,86	Yang, Mu e Ma (2019)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	87	160	2,0	Cascas de banana	51,00	Oliveira <i>et al.</i> , (2016)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	180	2,0	Cascas de citrus	21,85	Pasandide <i>et al.</i> , (2017)
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	95	90	1,5	Cascas de cidra	28,31	Pasandide <i>et al.</i> , (2018)
HCl	97	48	1,6 6	Cascas de manga uba	32,10	Oliveira <i>et al.</i> , (2018)

**NOTA:** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: Ácido sulfúrico. C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>: Ácido cítrico. HCl: Ácido clorídrico. HNO<sub>3</sub>: Ácido nítrico. SE: Solvente eutético.



**Figura 2** - Diagrama esquemático, adaptado de Liew *et al.* (2016), dos mecanismos básicos de extração de ultrassom (A) e micro-ondas (B) de produtos vegetais

O processo de extração por micro-ondas é um processo considerado rápido em comparação aos demais métodos físicos, no qual a energia aplicada aos materiais oferece uma boa transferência entre o solvente de extração e as matérias-primas, através da interação molecular com o campo eletromagnético (AJILA *et al.*, 2011). A técnica de extração por micro-ondas baseia-se nestas etapas: difusão do solvente através da matriz da amostra e, liberação dos solutos desta para o solvente (ALUPULUI; CALINESCU e LAVRIC, 2012).

A eficiência do processo de extração utilizando micro-ondas depende de diferentes fatores, como o tamanho da partícula, potência, temperatura e tempo de radiação (BOURAS *et al.*, 2015). O contato das micro-ondas com a amostra provoca a formação de vapores intensos dentro da estrutura porosa do material vegetal, devido a energia do campo eletromagnético ser convertida em calor. Isso leva a modificações nas propriedades físicas do material segundo Kratchanova, Pavlova e Panchev (2004) consequentemente aumenta o rendimento do processo.

Estes princípios foram evidenciados no trabalho de Seixas *et al.* (2014) no qual analisou a extração de pectina da casca do maracujá por aquecimento assistido por micro-ondas. Os autores constataram que o tempo de exposição e a potência afetaram significativamente o rendimento da extração da pectina. O maior rendimento obtido foi de 30,29% quando aplicada a potência (628 W) e tempo de exposição (9 min) em conjunto com solução de ácido tartárico a pH 2,0, como agente extrator na proporção sólido-líquido de 1:50 (p/v). Embora tenha sido relatado um alto rendimento, os autores descrevem que a pectina extraída nas condições relatadas acima, apresentaram características insatisfatórias quanto a massa molar e conteúdo de ácido urônico, para formação de gel. Os autores atribuem essa modificação a ação do ácido tartárico, já que não foram percebidas essas mudanças nas pectinas extraídas nas mesmas condições, porém substituindo por ácido acético como agente químico extrator.

O ácido extrator influencia muito no processo, mesmo em metodologias que empregam métodos físicos (RODSOMRAN e SOTHORNVIT, 2019; SU *et al.* 2019). Uma comparação entre o ácido cítrico e ácido clorídrico (HCl) foi avaliada na extração de pectina da casca de lima, aplicando micro-ondas como método de aquecimento. Os valores de rendimento foram 5,20 e 14,13 respectivamente. No entanto, o grau de metoxilação também foi afetado, sendo menor para as amostras de pectina extraídas com HCl. O ácido com maior força iônica, como HCl, tem maior poder para estabilizar a molécula de pectina, devido a sua afinidade com cátions, como o Ca<sup>+</sup>, aumentando assim o rendimento. Por outro lado, esse mesmo ácido forte pode causar a desmetilação e fragmentação das cadeias poligalacturônicas, reduzindo o DE (CASTILLO-ISRAEL *et al.*, 2015; TANG *et al.*, 2011)

Além do efeito já comprovado do ácido de extração, a potência das micro-ondas empregada no processo também influencia. A extração de

pectina de casca de pequi, empregando as potências de 400, 600 e 800 W, demonstrou que o aumento da potência não melhorou o rendimento de pectina. Os autores atribuem ao fato de que uma potência muito elevada pode causar distúrbio molecular com conseqüente degradação de polissacarídeos pécnicos, levando a uma redução na pectina extraída. Os melhores rendimentos foram verificados com 400 W e 600 W (12,75% e 20,79%, respectivamente) utilizando a mesma temperatura (100 °C). Vale destacar que o rendimento encontrado é comparável a outras fontes de matéria-prima utilizadas para extração de pectina, comprovando o potencial das cascas de pequi como fonte de pectina de alto teor de metoxilação (>50%) (LEAO et al., 2018).

Além da aplicação de micro-ondas, a utilização da técnica envolvendo a utilização do ultrassom para extração de pectina, também vem ganhando espaço. A aplicação de ultrassom possibilita uma extração de componentes de materiais vegetais de uma forma mais simples (DORNELES, 2019). Souza (2015) explica que a extração assistida por ultrassom é um processo no qual utiliza-se a energia oriundas de ondas sonoras, nas quais são transmitidas em frequência superior à capacidade auditiva humana. As ondas sonoras são comumente utilizadas em torno de 20 a 100 Hz, proporcionando a desestruturação da matriz dos vegetais através do estresse mecânico ocasionado nas células, provocado por bolhas de cavitação, fazendo com que a permeabilidade nas paredes celulares aumente e conseqüentemente permitindo a saída de compostos.

Esta técnica possui grande potencial de extração com tempo de processo reduzido, porém, as características da amostra como o teor de umidade, tamanho da partícula analisada, bem como o solvente extrator utilizado e os fatores de funcionamento do equipamento como a frequência, pressão, temperatura e tempo de sonicação devem ser analisadas de maneira criteriosa, pois são eles que definem o rendimento do processo de extração (WANG e WELLER, 2006; DORNELES, 2019).

A aplicação do método de ultrassom para extração de pectina da casca de manga apresentou um aumento de rendimento de 53,00% em relação a extração com método tradicional (controle) (GUANDALINI, RODRIGUES e MARCZAK, 2019). De maneira similar, a aplicação do ultrassom provocou um maior rendimento da pectina extraída da casca de jaca (21,50%) em comparação à extração convencional (17,20%). O estudo ressalta que o tempo utilizado na extração aplicando ultrassom foi reduzido a um quarto do tempo na extração convencional (30 min e 2 horas, respectivamente) (XU et al., 2018).

A combinação das duas técnicas (extração assistida por ultrassom por micro-ondas - UMAE) é uma tecnologia promissora que combina as vantagens das duas metodologias (YANG, MU e MA, 2019). De acordo com Wang e Weller (2006) o aumento da transferência de massa, pode ser atribuído, ao efeito das ondas ultrassônicas de sonicação, na primeira fase da extração, induzindo a rachaduras no tecido do vegetal, e assim,

permitindo a liberação do composto desejado. Posteriormente, o aquecimento rápido das micro-ondas rompe mais o tecido do vegetal e libera facilmente a pectina. A aplicação UMAE foi verificada na extração de pectinas de casca de pomelo (LIEW *et al.*, 2016) e polpa de batatas (YANG, MU e MA 2019). Altos valores de rendimentos foram relatados 36,33% e 22,86%, respectivamente.

Outros trabalhos encontrados sobre a utilização de métodos físicos para extração de pectina estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Comparação entre os métodos físicos de extração de pectina.

Métodos químicos						
Técnica	Tempo (min.)	Potência (W)	Razão Sólido-líquido (p/v)	Matéria-prima	Rendimentos (%)	Referências
A	9	628	1:50	Cascas de maracujá	30,29	Seixas <i>et al.</i> , (2014)
A	3	600	2:1	Cascas de pequi	20,79	Leao, Botelho e Franca (2018)
A + HCl	4	140	1:20	Cascas de limão	55,10	Rodsomran e Sothornvit (2019)
A + S	7	400	8:1	Cascas de laranja	32,80	Su <i>et al.</i> , (2019)
B	70	275	1:30	<i>Opuntia ficus cladódios</i>	18,14	Bayar <i>et al.</i> , (2017)
B	29,1	500	1:48	Cascas de jaca	21,50	Xu <i>et al.</i> , (2018)
A + B	6	900	1:50	Cascas de toranja	27,81	Bagherian <i>et al.</i> , (2011)
B + A	34	643,44	1:40	Cascas de pomelo	36,33	Liew <i>et al.</i> , (2017)
C	30	15	1:2	Suco de laranja	14,32	Saberian <i>et al.</i> , (2017)
D	30	-	1:50	Albedos de citrange	29,00	Zouambia <i>et al.</i> , (2017)

**NOTA:** A: Microondas. B: Ultrassom. C: Aquecimento ôhmico. D: Indução eletromagnética. HCl: Ácido clorídrico. S: Surfactante.

### MÉTODOS ENZIMÁTICOS

De acordo com Taiz e Zeiger (2002) a parede celular vegetal é composta por um complexo de polissacarídeos, proteínas, compostos fenólicos e sais minerais, os quais são conectados por ligações covalentes e não covalentes. Dividem-se de duas maneiras, a parede celular primária e a secundária. A primária é constituída de polissacarídeos, dentre eles a celulose, hemiceluloses e pectinas. É desenvolvida durante o crescimento celular e é a responsável por permitir a expansão das células evitando sua ruptura. Por outro lado, a parede celular secundária desenvolve-se após cessar o crescimento celular dando origem a estabilidade mecânica.

Toda a estrutura que compõe a parede dos frutos e hortaliças, é desintegrada durante o amadurecimento e senescência. A hidrólise desse material ocorre pela presença de enzimas hidrolíticas presentes no tecido vegetal, tais como, celulases, hemicelulases, pectinases, ligninases entre outras, que atuam de uma maneira sinérgica no processo de degradação (GILBERT, 2010; FARINAS, 2011). Enzimas são catalisadores biológicos, capazes de diminuir a energia de ativação das reações bioquímicas, proporcionando um aumento na velocidade que as mesmas ocorrem (ALBERT *et al.*, 1989; ADRIO e DEMAÏN, 2014). Quando aplicadas em frutos jovens, podem proporcionar um alto rendimento de extração dos componentes desejados.

As enzimas pectinolíticas são um grupo de enzimas, as quais são capazes de degradar diferentes substâncias pécicas, hidrolisando as ligações glicosídicas ao longo da cadeia carbônica em moléculas mais simples, como os ácidos galacturônicos, proporcionando mudanças na estrutura da parede celular de frutas e vegetais (HEERD *et al.*, 2012). Essas enzimas são classificadas dependendo do mecanismo de ação, pela forma que as ligações glicosídicas são rompidas e pela afinidade com o substrato, sendo divididas em desmetoxilantes, despolimerizantes e protopectinases (TAPRE e JAIN, 2014).

Por serem um grupo complexo de enzimas capazes de degradar distintas substâncias pécicas, as enzimas pectinolíticas possuem uma alta aplicabilidade no setor de alimentos, com destaque neste estudo para a extração de pectinas. Correa e Zapata (2017) analisaram a extração de pectina da casca do maracujá utilizando o método com tratamento enzimático (protopectinase-SE) em comparação a extração química clássica. Os autores observaram um aumento no rendimento de 6-40% maior que o método clássico. Esse intervalo foi descrito pois, neste mesmo estudo, os autores avaliaram a influência da concentração de enzima adicionada, do pH, da temperatura e da velocidade de agitação. Eles também constataram que, com exceção da velocidade de agitação, os demais fatores tiveram um efeito significativo no rendimento. Além disso, a pectina extraída pelo método enzimático não diferiu estatisticamente das pectinas extraídas pelo método clássico nos parâmetros, grau de esterificação, conteúdo de ácido galacturônico e açúcar total.

Resultados semelhantes foram observados por Yang *et al.* (2018). Os autores compararam diferentes métodos para avaliar a extração de pectina do resíduo da planta sisal: a) aplicação de ultrassom e hidrólise enzimática (celulase), b) extração somente com tratamento enzimático (celulase), c) extração apenas com aplicação do ultrassom e, d) extração ácida. Os melhores rendimentos foram observados para extração com combinação dos métodos, ultrassom e hidrólise enzimática. É interessante mencionar que os autores também avaliaram a sequência da aplicação dos métodos e verificaram que a hidrólise enzimática seguida da aplicação do ultrassom, resultou no melhor rendimento (31,11%). Os autores sugeriram que o maior

rendimento de pectina foi devido ao efeito da celulase na etapa enzimática de extração que hidrolisou e rompeu a rede de celulose, facilitando a liberação da pectina. Posteriormente, o colapso da cavitação no estágio de sonicação induziu as rachaduras no tecido da planta e proporcionou maior área de contato para o solvente recuperar a pectina.

Na Tabela 3, pode ser observado o efeito positivo da utilização de celulase na etapa de hidrólise enzimática para extração de pectina foi relatado por Oliveira (2019), assim como outros trabalhos utilizando enzimas para extração enzimática. O autor testou três tratamentos, ação da pectinase, da celulase e ação combinada de ambas, para a extração de pectina da farinha do mesocarpo do babaçu. Ao final da extração foi constatado um aumento de 25,20% no tratamento com celulase em comparação ao método de extração convencional com ácido.

**Tabela 3.** Comparação entre os métodos enzimáticos de extração de pectina

Métodos químicos						
Enzima	Temperatura (°C)	pH	Tempo (min.)	Matéria-prima	Rendimentos (%)	Referências
SE	37	3,0	180	Cascas de maracujá	85,00	Correa e Zapata (2017)
CE	40	2,0	180	Bagaço de maçã	18,95	Wikiera, Mika e Grabacka (2015)
PE	65	3,0	180	Polpa de abóbora	22,00	Ptichikina, Markina e Rumyantseva (2008)
CE + B	50	4,0	60	Resíduo de planta sisal	31,11	Yang <i>et al.</i> , (2018)
CE + C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	90	5,0	90	Farinha de mesocarpo de babaçu	50,64	Oliveira (2019)

**NOTA:** SE: Enzima fúngica protopectinase. CE: Enzima Celluclast. PE: Preparação enzimática (xilanase, endopoligalacturonase e pectinesterase). C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>: Ácido cítrico. B: Ultrassom.

### COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Ao iniciar um estudo para extração de pectina torna-se indispensável avaliar todos os efeitos que a técnica escolhida poderá causar no produto final (pectina). Pode-se notar que todas as metodologias aplicadas apresentam particularidades. Baseado em dados da literatura, encontrou-se a aplicação dos três diferentes métodos de extração de pectinas para a mesma matéria-prima conforme demonstrado na Tabela 4.

Observou-se que o método com maior rendimento de extração (aplicando micro-ondas) não proporcionou a pectina com melhor qualidade (grau de metoxilação de 50%). De acordo com a FAO (2011) para ser considerada uma pectina de qualidade o grau de metoxilação deve ser acima de 65%. Seixas et al, (2014) aplicaram o método de extração por micro-ondas, pode ter ocasionado o rompimento dos açúcares laterais neutros, dando origem a uma pectina de baixa massa molar e conseqüentemente ao

baixo teor de grupos metoxilados. Por outro lado, percebeu-se que a pectina obtida pela extração ácida, apresentou um menor rendimento (14,60%), no entanto, com alta grau de metoxilação (67,31%) (LIEW, CHIN e YUSOF, 2014). A pectina obtida pelo método enzimático, apresentou um bom rendimento e DE (CORREA e ZAPATA, 2017), os autores avaliaram a qualidade dessa pectina em relação ao grau de metoxilação, aos quais encontraram teores de 68%. As pectinas extraídas pelos métodos químico e enzimático apresentaram qualidade superior à pectina extraída com aplicação do método físico. Constatou-se dessa maneira que o método escolhido influenciou nos rendimentos, e na qualidade das pectinas.

**Tabela 4.** Comparação entre os métodos de extração para a mesma matéria-prima

Métodos	Matéria-prima	Rendimento (%)	DE (%)*	Referências
Ácido cítrico	Cascas de maracujá	14,60	67,31	Liew, Chin e Yusof (2014)
Micro-ondas		30,29	50	Seixas <i>et al.</i> (2014)
Enzima protopectinase		26,00	67,5	Correa e Zapata (2017)

**NOTA:** \*DE: grau de metoxilação

## CONCLUSÃO

Entende-se, ao final deste trabalho de revisão, que os parâmetros aplicados durante a extração das pectinas, influenciam diretamente em seus rendimentos e qualidade.

Foi possível observar que o método químico é a metodologia padrão é mais utilizada para extração de pectinas de origem vegetal. Os métodos físicos de extração são eficientes e podem ser inseridos como metodologias para auxiliar a extração de pectina, pois apresentam tempos de extração reduzida, menores temperaturas e são, relativamente de baixo custo de operacionalização. E que aplicação de enzimas pectinolíticas melhora o rendimento e não interfere na qualidade da pectina.

Por fim, entende-se que os métodos de extração físico e enzimático são metodologias complementares, como “pré-tratamentos”, para a extração de pectina. Os dois métodos podem auxiliar de maneira positiva quando combinado a extração pelo método químico. E que o bom rendimento pelo método químico é proporcional à diminuição do pH, ao aumento da temperatura e do tempo e tipo e concentração do ácido empregado.

Vale destacar que os trabalhos apresentados neste estudo relataram uma diversidade de matérias-primas alternativas para a extração de pectina, como cascas de pomelo, farinha de cubiu, cascas de cidra, cascas de manga ubá, cascas do pequi, cascas de jaca, polpa de abóbora, planta sisal, farinha de mesocarpo de babaçu, demonstrando que há um grande campo de estudo e aplicação destas pectinas para a indústria de alimentos.

## Pectin: a theoretical approach on extraction methods

### ABSTRACT

Pectin has a structurally complex chain and are present in various plant tissues. Perform various structural and functional functions. The application of pectin in the food industry is very versatile and can be used in several products due to its gelling, thickening and stabilizing properties. The methods of extracting pectin from vegetable raw materials have been successively used and improved to improve the yield and quality of pectin. Also, recently, a large number of alternative vegetable sources have been used to extract this food additive. In this sense, the aim of this article was to present a review on the main pectin extraction methods (chemical, physical and enzymatic) presenting their foundations and characteristics. It was possible to see, in the end, that the physical and enzymatic methods are methodologies that must be applied combined with the chemical method for pectin extraction. The parameters applied during pectin extraction directly influence its yield and quality, affecting its technological function. Therefore, the method chosen must be efficient in yield and result in good quality pectin.

**KEY-WORDS:** yield; degree of methoxylation; enzymatic; microwave; ultrasound.

## REFERÊNCIAS

- ADENTUNJI, L. R.; ADEKUNLE, A.; ORSAT, V.; Raghavan, V. Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: a review. **Food Hydrocolloids**, v. 62, p. 239–250, 2017.
- ADRIO, J. L.; DEMAIN, A. L. Microbial enzymes: Tools for biotechnological processes. **Biomolecules**, v. 4, n. 1, p. 117–139, 2014.
- AJILA, C. M.; BRAR, S. K.; VERMA, M.; TYAGI, R. D.; VALERO, J. R. Solid-state fermentation of apple pomace using phanerocheate chrysosporium - liberation and extraction of phenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1071–1080, 2011.
- ALBERT, B.; BRAY, Y. D.; LEWIS, I.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, I. D. **Special features of the plant cells: Molecular biology of the cell**. New York: Garland, 1989.
- ALUPULUI, A.; CALINESCU, I.; LAVRIC, V. Microwave extraction of active principles from medicinal plants. **U. P. B. Science Bulletin**, v. 74, n. 2, p. 129–142, 2012.
- BANERJEE, J.; RANGANATHAN, V.; ARORA, A.; MACFARLANE, D. R.; PATTI, A. F. Lemon juice based extraction of pectin from mango peels: waste to wealth by sustainable approaches. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, p. 5915–5920, 2016.
- BOURAS, M.; CHADNI, M.; BARBA, F. J.; GRIMI, N.; BALS, O.; VOROBIEV, E. Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from quercus bark. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 590–601, 2015.
- BRANDÃO, E. M.; ANDRADE, C. T. Influência de fatores estruturais no processo de geleificação de pectinas de alto grau de metoxilação. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 38–44, 1999.
- CANTERI, M. H. G. **Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá-amarelo**. 163 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- CANTERI, M. H. G.; WOSIACKI, G.; MORENO, L.; SCHEER, A. P. Pectina: Da matéria prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 149–157, 2012.
- CASTILLO-ISRAEL, K. A. T.; BAGUIO, S. F.; DIASANTA, M. D. B.; LIZARDO, R. C. M.; DIZON, E. I.; MEJICO, M. I. F. Extraction and characterization of pectin from saba banana [Musa “Saba” (Musa acuminata Musa balbisiana)] peel waste: A preliminary study. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 1, p. 202–207, 2015.
- CHAN, S. Y.; CHOO, W. S.; YOUNG, D. J.; LOH, X. J. Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. **Carbohydrate Polymers**, v. 161, p. 118–139, 2017.
- CHO, Y. J.; HWANG, J. K. Modeling the yield and intrinsic viscosity of pectin in acidic solubilization of apple pomace. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p. 85–89, 2000.

CORREA, J. V.; ZAPATA, A. D. Z. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) at laboratory and bench scale. **Food Science and Technology**, v. 80, p. 280–285, 2017.

DORNELES, M. S. **Extração assistida por microondas e ultrassom de compostos bioativos das brácteas da araucaria angustifolia e seu encapsulamento por atomização e liofilização**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

EINHORN-STOLL, U.; HATAKEYAMA, H.; HATAKEYAMA, T. Influence of pectin modification on water binding properties, **Food Hydrocolloids**, v. 27, n. 2, p. 494–502, 2012.

FAKAYODE, O. A.; ABOBI, K. E. Optimization of oil and pectin extraction from orange (*Citrus sinensis*) peels: a response surface approach. **Journal of Analytical Science and Technology**, v. 9, p. 1–16, 2018.

FARINAS, C. S. **A parede celular e as enzimas envolvidas na sua degradação**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011.

FAO - Food and Agriculture Organization. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 26 de abril de 2021.

GANCZ, K.; ALEXANDER, M.; CORREDIG, M. In situ study of flocculation of whey protein-stabilized emulsions caused by addition of high methoxyl pectin. **Food Hydrocolloid**, v. 20, n. 1, p. 293–298, 2006.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; SMITH, B.; GUO, Y. Pectin extraction from common fig skin by different methods: The physicochemical, rheological, functional, and structural evaluations. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 136, p. 275–283, 2019.

GILBERT, H. J. The biochemistry and structural biology of plant cell wall deconstruction. **Plant Physiology**, v. 153, n. 1, p. 444–455, 2010.

GUANDALINI, B. B. V.; RODRIGUES, N. P.; MARCZAK, L. D. F. Sequential extraction of phenolics and pectin from mango peel assisted by ultrasound. **Food Research International**, v. 119, n. 1, p. 455–461, 2019.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico nas polpas de araçá *Psidium Cattleianum* Sabine e amora-preta *Rubus Spp.*** 83 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HEERD, D.; YEGIN, S.; TARI, C.; LAHORE, M. F. Pectinase enzyme-complex production by *Aspergillus* spp. in solid-state fermentation: A comparative study. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 2, p. 102–110, 2012.

KRATCHANOVA, M.; PAVLOVA, E.; PANCHEV, I. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 181–185, 2004.

LEAO, D. P.; BOTELHO, B. G.; OLIVEIRA, L. S.; FRANCA, A. S. 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, p. 575–580, 2018.

LIEW, S. Q.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, n. 1, p. 231–236, 2014.

LIEW, S. Q.; NGOH, G. C.; YUSOFF, R.; TEOH, W. H. Sequential ultrasound microwave assisted acid extraction (UMAEE) of pectin from pomelo peels. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 93, n. 1, p. 426–435, 2016.

LIEW, S. Q.; NGOH, G. C.; YUSOFF, R.; TEOH, W. H. Acid and deep eutectic solvent (des) extraction of pectin from pomelo citrus grandis (l) osbeck peels. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 13, p. 1–11, 2018.

MAY, C. D. Industrial pectins: sources, production and applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 12, p. 79–99, 1990.

MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 4, p. 731–738, 2005.

METHACANON, P.; KRONGSIN, J.; GAMONPILAS, C. Pomelo citrus maxima pectin: effects of extraction parameters and its properties. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 383–391, 2014.

MUNHOZ, C. L. **Efeitos das condições de extração sobre o rendimento e características da pectina obtida de diferentes frações de goiaba**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

NASCIMENTO, F. A. **Extração da pectina do maracujá amarelo *Passiflora edulis* f. *flavicarpa***. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

OLIVEIRA, A. N.; PAULA, D. A.; OLIVEIRA, E. B.; SARAIVA, S. H.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M. Optimization of pectin extraction from ubá mango peel through surface response methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 113, n. 2, p. 395–402, 2018.

OLIVEIRA, J. **Extração e caracterização de pectina da farinha do mesocarpo de babaçu**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal da Rondônia, Ariquemes - RO, 2019.

OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, F. L.; PEREIRA, P. H. F.; MOATES, G. K.; WELLNER, N.; MAZZETTO, S. E.; WALDRON, K. W. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 198, n. 1, p. 113–118, 2016.

PAGAN, J.; IBARZ, A.; LLORCA, M.; PAGAN, A.; BARBOSA, C. G. V. Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. **Food Research International**, v. 34, n. 7, p. 605–612, 2001.

PAIVA, E. P. D.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. G. M. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v. 10, n. 1, p. 15–20, 2009.

PEREIRA, P. H. F.; OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE, F. L.; MOATES, G. K.; WELLNER, N.; WALDRON, K. W.; AZEREDO, H. M. C. Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 88, n. 5, p. 373–379, 2016.

PTICHIKINA, N. M.; MARKINA, O. A.; RUMYANTSEVA, G. N. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 1, p. 192–195, 2008.

PRAKASH, M. J.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. **Carbohydrate Polymers**, v. 97, n 2, p. 703-709, 2013.

ROCHA, S. S. **Avaliação dos parâmetros de extração de pectina a partir de farinha de cubiu**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

RODSOMRAN, P.; SOTHORNVIT, R. Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the conventional heating method. **Food Chemistry**, v. 278, p. 364–372, 2019.

SEIXAS, F. L.; FUKUDA, D. L.; TURBIANI, F. R. B.; GARCIA, P. S.; PETKOWICZ, C. L.; JAGADEVAN, S.; GIMENES, M. L. Extraction of pectin from passion fruit peel *passiflora edulis f. flavicarpa* by microwave-induced heating. **Food Hydrocolloids**, v. 38, 186–192, 2014.

SOUSA, A. L. N. **Extração, caracterização e modificação química da pectina do melão caipira *Cucumis melo var acidulus***. Dissertação (Mestrado em Química) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SOUSA, A. L. N.; RIBEIRO, A. C. B.; SANTOS, D. G.; RICARDO, N. M. P. S.; RIBEIRO, M. E. N. P.; CAVALCANTI, E. S. B.; CUNHA, A. P.; RICARDO, N. M. P. S. Modificação química da pectina do melão caipira (*Cucumis melo* VAR. *Acidulus*). **Química Nova**, v. 40, n. 5, p. 554-560, 2017.

SOUZA, C. G. **Extração de compostos bioativos e pectina da casca de maracujá utilizando sistema pressurizado e ultrassom**. 62 f. Tese (Mestrado em Engenharia Química) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SU, D. L.; LI, P. J.; QUEK, S. Y.; HUANG Z. Q. YUAN, Y. J.; LI, G.; SHAN, Y. Efficient extraction and characterization of pectin from orange peel by a combined surfactant and microwave assisted process. **Food Chemistry**, v. 286, p. 1–7, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2002.

TAPRE, A. R.; JAIN, P. K. Pectinases: Enzymes for fruit processing industry. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 2, p. 447–453, 2014.

TANG, P. Y.; KEK, T. S.; GAN, C. Z.; HEE, C. Y.; CHONG, C. H.; WOO, K. K. Yield and some chemical properties of pectin extracted from the peels of dragon fruit [*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose]. **The Philippine Agricultural Scientist**, v. 94, p. 307–311, 2011.

VASCONCELOS, J. C. B. **Avaliação do rendimento da extração de pectina da farinha da casca de banana verde tipo Cavendish (MUSA AAA) utilizando um planejamento fatorial**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

VRIESMANN, L. C.; TEÓFILO, R. F.; PETKOWICZ, C. L. Optimization of nitric

acid-mediated extraction of pectin from cacao pod husks *Theobroma cacao* L. using response surface methodology. **Carbohydrate Polymers**, v. 84, n. 4, p. 1230–1236, 2011.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, p. 300–312, 2006.

WILLATS, W. G. T.; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. Pectin: new insights into old polymer are starting to gel. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 97–104, 2006.

XU, S.; LIU, J. P.; HUANG, X.; DU, L. P.; SHI, F. L.; DONG R. HUANG, X. T.; ZHENG, K.; LIU Y. CHEONG, K. L. Ultrasonic-microwave assisted extraction, characterization and biological activity of pectin from jackfruit peel. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 577–582, 2018.

YANG, J. S.; MU, T. H.; MA, M. M. Optimization of ultrasound-microwave assisted acid extraction of pectin from potato pulp by response surface methodology and its characterization. **Food Chemistry**, v. 289, p. 351–359, 2019.

YANG, Y.; WANG, Z.; HU, D.; XIAO, K.; WU, J. Y. Efficient extraction of pectin from sisal waste by combined enzymatic and ultrasonic process. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 189–196, 2018.

YAPO, B. M.; ROBERT, C.; ETIENNE, I.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1356–1364, 2007.

ZHONGDONG, L.; GUOHUA, W.; YUNCHANG, G.; KENNEDY, J. F. Image study of pectin extraction from orange skin assisted by microwave. **Carbohydrate Polymers**, v. 64, n. 4, p. 548–552, 2006.

ZOUAMBIA, Y.; ETOUMI, K. Y.; KREA, M.; MOSTEFA, N. M. A new approach for pectin extraction: electromagnetic induction heating. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, n. 1, p. 480–487, 2017.

**Recebido:** 27 dez. 2021.

**Aprovado:** 14 abr. 2023.

**DOI:** 10.3895/rebrapa.v13n2.15072

**Como citar:**

CAMPOS, N. A. et al. Pectina: uma abordagem teórica sobre os métodos de extração. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 13 n. 2, p. 31-50, abr./jun. 2022. Disponível em:  
<https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

**Correspondência:**

**Gabrieli Oliveira Folador**

Departamento de Engenharia de Alimentos, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes. Av. Tancredo Neves, 3450 – Setor Institucional, CEP: 76.872.848. Ariquemes, Rondônia – Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

