

CAPÍTULO 9

DOI:10.29327/5586690.1-9

USO DE ENZIMAS PECTINASES E CELULASES NA PRODUÇÃO DE SUCOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

USE OF PECTINASE AND CELLULASE ENZYMES IN JUICE PRODUCTION: A LITERATURE REVIEW

Aline Maria Trindade da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Denílson Lopes Ferreira Guimarães
Universidade Federal de Pernambuco

Maria Vitória Lima Costa Donato
Universidade Federal de Pernambuco

Liderlanio de Almeida Araújo
Universidade Federal de Pernambuco

Gerla Castello Branco Chinelate
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Pectinases e celulasas são enzimas utilizadas na quebra das ligações glicosídicas em polissacarídeos. Devido a essa característica, são amplamente empregadas na indústria de sucos para melhorar o rendimento e a clarificação dos sucos de frutas. O objetivo deste trabalho é investigar a contribuição das pectinases e celulasas na produção de sucos de frutas. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura, com a busca de artigos científicos publicados entre 2019 e 2024 nas bases acadêmicas SciELO, Web of Science e Google Acadêmico. Foram selecionados doze artigos com o intuito de responder à seguinte pergunta: “A aplicação das enzimas pectinase e celulase traz contribuições significativas na produção de sucos?”. Observou-se que o tratamento enzimático foi importante para intensificar a concentração de compostos antioxidantes e físico-químicos, além de aumentar o rendimento e melhorar a clarificação dos sucos. Desse modo, a aplicação industrial das enzimas demonstra elevado potencial de mercado, como melhorador de diversos produtos.

PALAVRAS-CHAVE: Celulase; Pectinase; Processamento de sucos.

INTRODUÇÃO

Suco de fruta é definido como a bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, obtida da fruta madura e sã ou de parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento de consumo (Brasil, 2019). A origem histórica dos sucos de frutas está atrelada a civilizações antigas, à práticas culturais e a necessidade de utilizar o excedente de frutas, havendo evidências de sua produção em 6.000 a.C., nas regiões de Cáucaso e da Mesopotâmia (Shet *et al.*, 2017).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (2024), no ano de 2021, foram produzidos 1.799.173L de sucos e néctares no mercado brasileiro, tendo um consumo *per capita* de 8,43 L/hab/ano. De acordo com as características físico-químicas de cada fruta, os sucos apresentam diferentes graus de turbidez e presença de sedimentos naturais, devido a presença de materiais insolúveis (como fragmentos celulares do tecido polposo, pectinas, amidos, entre outros componentes não dissolvidos) que são responsáveis por características de sabor, aroma e cor do suco (Santin, 2004).

Pectinases são um grupo diverso de enzimas que degradam substâncias pécicas e estão entre as enzimas mais comercializadas, especialmente para a indústria alimentícia para melhorar o rendimento e a clarificação de sucos de frutas. Frutas ricas em pectina geram sucos com alta viscosidade e turbidez devido à presença de resíduos de pectina e outros polissacarídeos. Produzidas principalmente por fungos filamentosos, sua composição varia conforme o microrganismo. A seleção de isolados eficazes é crucial para o uso industrial, e pesquisas sobre essas enzimas são essenciais devido à busca por novos produtos. As pectinases, classificadas em poligalacturonases, pectina esterases, pectina liases e pectato liases, são usadas na indústria de processamento de frutas para reduzir a viscosidade dos sucos, prolongar sua vida útil e facilitar a extração, maceração, liquefação e clarificação (Guimarães, 2023; Sandri, 2010).

As celulasas são enzimas responsáveis pela degradação da celulose, promovendo a hidrólise das ligações químicas existentes entre as unidades de glicose. São conhecidas por serem biocatalisadores economicamente viáveis e altamente específicos que atuam em sinergia para a liberação de açúcares (Dal Magro, 2016). Entre as diferentes utilizações das celulasas, destacam-se a conversão de biomassa na produção de bioetanol, a utilização na indústria alimentar, alimentar para melhorar a qualidade sensorial da massa, a utilização na extração e clarificação de bebidas como o vinho e os sucos, e manutenção da estabilidade reológica dos produtos finais (Santana *et al.*, 2021).

Os processos enzimáticos são essenciais à produção moderna de sucos, oferecendo vantagens significativas em termos de rendimento, clareza e qualidade geral (Pui; Saleena, 2023). Algumas enzimas, como pectinases e celulasas, podem ser essenciais para aumentar a produtividade, extrair cor e compostos bioativos dos tecidos vegetais, reduzir a turbidez e viscosidade dos sucos, e melhorar a eficiência dos processos de clarificação e filtração, contribuindo para atender às exigências de qualidade do mercado consumidor (Dal Magro, 2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

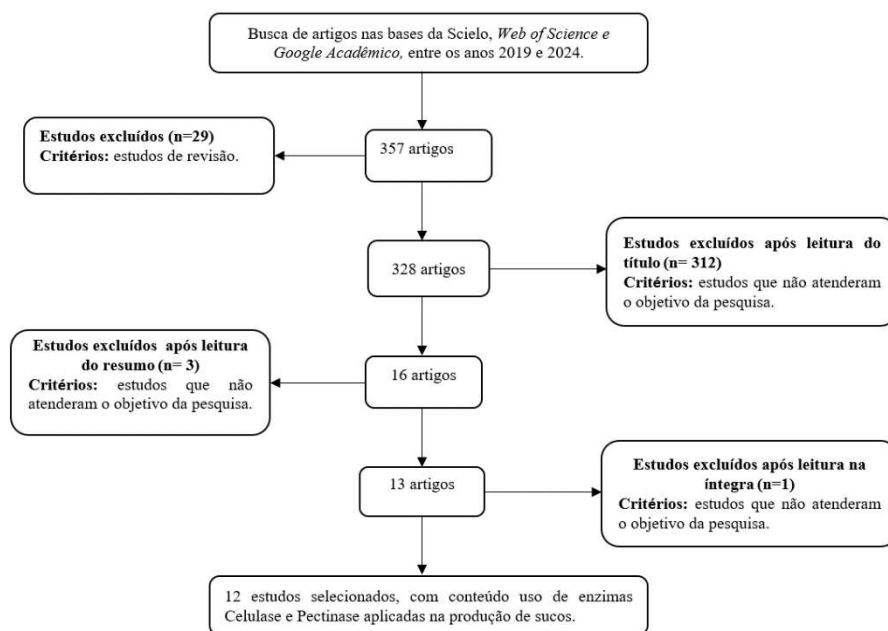
O referido estudo trata-se em uma revisão de literatura, realizada entre os meses de agosto e setembro de 2024, tendo como base publicações em formato de artigo científico, com o eixo central: “O uso de enzimas aplicadas a produção de sucos”, utilizando como base de dados as plataformas de pesquisa Google Acadêmico, Scielo e Web of Science.

Para melhor tratamento dos dados obtidos, optou-se por publicações no período entre 2019 e 2024.

A busca dos estudos aconteceu por meio do uso dos seguintes termos indexadores: suco combinando com os termos: pectinase e celulase. A busca foi realizada utilizando os termos também em idioma inglês, com o conectivo de ligação AND. Como critério de inclusão, considerou artigos de conhecimento teórico-empírico e trabalhos de teses e dissertações que estejam dentro do objetivo da pesquisa. Já os critérios de exclusão foram estudos repetidos, artigos de revisão e trabalhos que divergem do objetivo da pesquisa. Tais critérios objetivam responder a seguinte pergunta orientadora: A aplicação das enzimas Pectinase e Celulase tem contribuições significativas na produção de sucos?

Ao realizar a busca nas bases científicas, foram encontrados 357 artigos, dos quais, identificou-se 29 artigos de revisão, estes foram descartados, restando 328 estudos. Ao realizar a leitura dos títulos, foram identificados 312 trabalhos fora do objetivo da pesquisa, esses também foram excluídos. Em seguida, foi realizada a leitura dos resumos, onde excluiu-se 03 trabalhos que não tinham relação com a pesquisa. Por fim, realizou-se a leitura dos artigos na íntegra, selecionou-se 12 experiências, essas serão utilizadas na presente revisão (Figura 01).

Figura 01: Critérios de inclusão e exclusão de estudos sobre o uso das enzimas Pectinases e Celulases na Produção de Sucos



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta nas bases acadêmicas, das 12 experiências selecionadas, 6 estudos abordam o uso de pectinases na produção de sucos, enquanto os outros 6 tratam da aplicação de celulases com a mesma finalidade. Além disso, verificou-se uma predominância de estudos produzidos nos países: Índia, China e Irã. Os principais resultados do levantamento dos estudos selecionados estão dispostos no Quadro 01.

As enzimas promovem a quebra de moléculas complexas, melhoram a extração de nutrientes e aumentam a clarificação dos sucos, resultando em maior rendimento e qualidade. Abdullah, Pradhan e Mishra (2021) avaliaram o efeito da celulase e da tanase no rendimento, no ácido ascórbico e em outras propriedades físico-químicas do suco de caju. Observaram que a aplicação de celulase aumentou o rendimento do suco em 4,69%, além de resultar em maior conteúdo de ácido ascórbico, menor turbidez, menor viscosidade e maior teor de compostos fenólicos, quando comparado ao suco tratado com tanase.

Ozyilmaz e Gunay (2023) destacam que a co-imobilização de amilase, pectinase e celulase para a clarificação de sucos de maçã, uva e pera aumentou a concentração de açúcares redutores, melhorou a estabilidade durante o armazenamento e reduziu a turbidez do suco de uva em até 73%, do suco de maçã em 67% e do suco de pera em 57%. Patel *et al.* (2022) descreveram que a aplicação de celulase no processo de extração de suco de jujuba indiana (*Ziziphus mauritiana*) aumentou o rendimento do suco (80,89%), reduziu a viscosidade (em até 1,5 cP) e elevou o teor de compostos fenólicos, a atividade antioxidante e o conteúdo proteico, em comparação ao suco sem tratamento.

Pradhan, Abdullah e Pradhan (2020) relataram que a aplicação da enzima celulase na extração de suco de Chironji (*Buchanania lanzan*) resultou em um aumento de até 16,09% no rendimento do suco em comparação ao suco não tratado, além de redução na viscosidade (até 1,3 cP) e na turbidez (139 NTU), e aumento na clareza, no teor de sólidos solúveis totais, no conteúdo fenólico e na atividade antioxidante. Santana *et al.* (2020) demonstraram que a aplicação de celulases de *Pseudozyma* sp. em sucos de tangerina teve impactos significativos no processo de clarificação, proporcionando

estabilidade térmica, aumento nos sólidos solúveis totais e uma redução de 65% na viscosidade do suco, o que facilitou o processo de filtração e aumentou a claridade do produto final.

Quadro 01: Levantamento dos Estudos sobre a aplicação de pectinases e amilases em sucos de frutas.

Sucos	Enzimas	Autor/Ano
Caju	Celulase e Tanase	Abdullah; Pradhan; Mishra (2021)
Pêra, uva e maçã	Amilase, Pectinase e Celulase	Ozyilmaz; Gunay (2023)
Jujuba indiana	Celulase	Patel <i>et al.</i> (2022)
<i>Chironji</i>	Celulase	Pradhan; Abdullah; Pradhan (2020)
Tangerina	Celulase	Santana <i>et al.</i> (2021)
Goiaba	Celulase e Poligalacturonase	Widowati <i>et al.</i> (2021)
Goiaba	Pectinase	Chen <i>et al.</i> (2023)
Pêra	Pectinase	Gani <i>et al.</i> (2021)
<i>Barberry</i>	Pectinase	Hosseini <i>et al.</i> (2021)
Abacaxi	Pectinase	Mohammadi <i>et al.</i> (2020)
Maçã	Pectinase	Nouri; Khodaiyan (2020)
Framboesa	Pectinase	Zhao <i>et al.</i> (2022)

Fonte: Própria (2024).

De acordo com Widowati *et al.* (2021), a aplicação de poligalacturonase e celulase parcialmente purificadas tem um impacto significativo na clarificação do suco de goiaba vermelha, resultando em redução da viscosidade, aumento do rendimento, da transparência e do teor de sólidos solúveis totais. As melhores condições de clarificação foram alcançadas com a incubação a 47,5°C por 90 minutos

O estudo conduzido por Chen *et al.* (2023) avaliou a variação das propriedades físico-químicas e antioxidantes em sucos de goiaba de diferentes cultivares, antes e após a aplicação de enzimas pectinases. O tratamento com pectinase demonstrou ser eficaz, com o rendimento do suco, os níveis de acidez titulável, componentes de açúcar, fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante superiores aos do grupo sem pectinase. Corroborando esses resultados, Gani *et al.* (2021) analisaram as propriedades físico-químicas e antioxidantes do suco de pera, variando a concentração de pectinase (0,4–2,4%), a temperatura de incubação (20–70 °C) e o tempo de incubação (13–147 min). A concentração de enzima foi diretamente proporcional à melhoria no rendimento do suco, resultando em melhores características físico-químicas e antioxidantes.

Hosseini *et al.* (2021) testaram polissacarídeos oxidados para imobilizar a pectinase em esferas de vidro, com o objetivo de utilizá-la em um leito fixo aplicado à clarificação de suco de Barberry, uma fruta comumente encontrada na Europa e na Ásia. Os resultados mostraram que o melhor desempenho do reator de leito fixo foi obtido com uma vazão de 0,5 mL/min, temperatura de 50 °C e tempo de tratamento de 63 minutos. A clarificação apresentou resultados positivos quanto à turbidez, pH, teor total de sólidos solúveis, viscosidade, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

Segundo Mohammadi *et al.* (2020), a pectinase imobilizada apresenta maior poder clarificante em comparação à enzima livre. Os autores imobilizaram a pectinase em argila montmorilonita sililada, utilizando glutaraldeído como agente de reticulação, e obtiveram resultados positivos na clarificação de suco de abacaxi. Já Nouri e Khodaiyan (2020) avaliaram a imobilização da pectinase na clarificação de suco de maçã e demonstraram sua efetividade, além da melhoria nas propriedades bioquímicas. Esse método mostrou elevado potencial de aplicação na indústria alimentícia.

Zhao *et al.* (2022) testaram diferentes métodos de maceração com pectinase na produção de suco e vinho de framboesa, avaliando seus efeitos na qualidade dos produtos.

O processamento a 10 °C por 12 horas mostrou-se mais eficiente para a produção do suco de framboesa, resultando em melhor preservação dos compostos fenólicos e maior estabilidade de cor.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, o estudo sobre a aplicação das enzimas celulase e pectinase na produção de sucos evidencia que essas enzimas têm uso em diversos tipos de sucos de frutas. O processo enzimático contribui para aumentar a intensidade dos compostos antioxidantes e físico-químicos, o que, conseqüentemente, influencia na qualidade sensorial. O aumento do rendimento dos sucos e a clarificação são as principais finalidades da aplicação dessas enzimas, demonstrando o potencial dessa área para diversas aplicações industriais e para o desenvolvimento de produtos com esse propósito.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, S.; PRADHAN, R. C.; MISHRA, S. Effect of cellulase and tannase on yield, ascorbic acid and other physicochemical properties of cashew apple juice. *Fruits*, v. 76, n. 2, p. 51-60, 2021.
- ABIR. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não-Alcoólicas. 2024. Disponível em: <https://abir.org.br/>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BRASIL. Decreto nº 10.026, de 25 de setembro de 2019. Regulamenta a Lei nº 13.648, de 11 de abril de 2018, que dispõe sobre a produção de polpa e suco de frutas artesanais em estabelecimento familiar rural. *Diário Oficial da União – DOU*. 2019. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d10026.htm. Acesso em: 10 set. 2024.
- CHEN, Xiaowei *et al.* Effects of pectinase pre-treatment on the physicochemical properties, bioactive compounds, and volatile components of juices from different cultivars of guava. *Foods*, v. 12, n. 2, p. 330, 2023.
- DAL MAGRO, L. Influência da composição de diferentes preparados enzimáticos na extração, qualidade e compostos bioativos do suco de uva da variedade “concord”. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos. 169 f. Porto Alegre-RS, 2016.
- GANI, Gousia *et al.* Physicochemical and antioxidant properties of pear juice prepared through pectinase enzyme-assisted extraction from William Bartlett variety. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 15, p. 743-757, 2021.

Guimarães, Nelciele Cavaliere de Alencar. Produção, purificação e caracterização bioquímica de pectinases de *Aspergillus japonicus* e *Thermoascus aurantiacus*: aplicação da enzima de *A. japonicus* na clarificação de sucos de frutas. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS. Instituto de Biociências, 132 f. Campo Grande, 2023.

HOSSEINI, Seyed Saeid *et al.* Clarificação contínua de suco de bérberis com pectinase imobilizada por polissacarídeos oxidados. *Tecnologia de Alimentos e Biotecnologia*, v. 59, n. 2, p. 174-184, 2021.

MOHAMMADI, Maryam *et al.* Immobilization and stabilization of pectinase on an activated montmorillonite support and its application in pineapple juice clarification. *Food Bioscience*, v. 36, p. 100625, 2020.

NOURI, Marjan; KHODAIYAN, Faramarz. Biocatalisadores magnéticos de pectinase: síntese por reticulador macromolecular para aplicação na clarificação de suco de maçã. *Tecnologia de Alimentos e Biotecnologia*, v. 58, n. 4, p. 391-401, 2020.

OZYILMAZ, Gul; GUNAY, Ecenur. Clarification of apple, grape and pear juices by co-immobilized amylase, pectinase and cellulase. *Food Chemistry*, v. 398, p. 133900, 2023.

PATEL, Gopesh *et al.* Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* L.) fruit juice extraction using cellulase enzyme: modelling and optimization of approach by ANN-GA. *Applied Food Research*, v. 2, n. 1, p. 100080, 2022.

PRADHAN, Dileswar; ABDULLAH, S.; PRADHAN, Rama Chandra. Chironji (*Buchanania lanzan*) fruit juice extraction using cellulase enzyme: modelling and optimization of process by artificial neural network and response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, v. 58, p. 1051-1060, 2021.

PUI, L.; SALEENA, L. Enzyme-Aided Treatment of Fruit Juice: A Review. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2413>.

SANDRI, Ivana Greice. Enzimas pectinolíticas: seleção de linhagens fúngicas produtoras, caracterização e aplicação em processos da indústria de alimentos. 2010.

SANTANA, Mona Liza *et al.* Clarification of tangerine juice using cellulases from *Pseudomyces* sp. *Journal of Food Science and Technology*, v. 58, p. 44-51, 2021.

SANTIN, M.M. Aplicação de tratamento enzimático combinado a microfiltração na clarificação de suco de pêssego. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade de Erechim. Erechim-RS. 2004.

SHET, V.; Sd, S.; Mn, B.; MaryTeena, J.; VamanRao, C.; Aparna, A.; Yumnam, S. Production of Fermented Fruit Juice and Value Addition by Blending Medicinal Plants. *Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access*, v.5, p.1-3. 2017. Disponível em : doi.org/10.15406/JBMOA.2017.05.00153.

ZHAO, Wenying *et al.* Effects of different pectinase maceration pre-treatments on physicochemical properties of raspberry juice and wine. *Czech Journal of Food Sciences*, v. 40, n. 3, 2022.

WIDOWATI, Esti *et al.* Effect of Partially Purified Polygalacturonase and Cellulase on Red Guava Juice Clarification at Various Incubation Times and Temperatures. Agritech, v. 41, n. 2, p. 145-151, 2021.