

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**AMANDA ROSA DA CRUZ**

**INFLUÊNCIA DA PURIFICAÇÃO DO EXTRATO ÁCIDO NA PECTINA EXTRAÍDA  
DO MESOCARPO DA MAÇÃ**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2023**

**AMANDA ROSA DA CRUZ**

**INFLUÊNCIA DA PURIFICAÇÃO DO EXTRATO ÁCIDO NA PECTINA EXTRAÍDA  
DO MESOCARPO DA MAÇÃ**

**Influence of acid extract purification on pectin extracted from apple mesocarp**

Proposta para Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Maria Helene Giovanetti Canteri

Coorientadora: Irede Angela Lucini Dalmolin

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**AMANDA ROSA DA CRUZ**

**INFLUÊNCIA DA PURIFICAÇÃO DO EXTRATO ÁCIDO NA PECTINA EXTRAÍDA  
DO MESOCARPO DA MAÇÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26 de junho de 2023

---

Irede Angela Lucini Dalmolin  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Claudia Eugênia Castro Bravo  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Edilaine Maurícia Gelinski Grabicoski  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

“A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação de curso”

**FRANCISCO BELTRÃO**  
**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a Deus por me dar a oportunidade de estar aqui.

Aos meus pais e minha irmã pelo apoio sempre.

Agradeço também às minhas professoras Maria Helene Giovanetti Canteri por toda ajuda desde o começo e à professora Irede Angela Lucini Dalmolin por não me abandonar quando precisei.

## RESUMO

Atualmente, há diversos problemas ambientais, como o acúmulo de materiais não renováveis e o mau gerenciamento de resíduos agroindustriais. Estratégias para minimizar os danos causados à natureza se fazem necessárias. A pectina tem características espessantes e estabilizantes, sendo que sua extração, usualmente, é realizada em temperaturas elevadas e em meio ácido. Quando extraída de um rejeito sem tratamento de purificação, como o bagaço da maçã, a pectina engloba outros componentes, como açúcares e compostos fenólicos no processo de precipitação. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo observar a influência da purificação do extrato ácido sobre biofilmes com pectina extraída do mesocarpo da maçã comparando dois tipos distintos de filtração a vácuo: convencional por meio de tecido sintético e através de uma camada de celulose microcristalina. As análises realizadas nas amostras de pectina extraída foram: rendimento; pH; grau de esterificação; e viscosidade. O rendimento médio obtido foi de 16,1% com filtração convencional e 17,2% com celulose microcristalina. Os valores de pH obtidos após extração utilizando pectina comercial alta metoxilação foi de pH = 3 com desvio padrão de 0,03 e baixa metoxilação foi de pH = 3,1 com desvio padrão de 0,07. Já utilizando pectina de bancada convencional e filtração microcristalina obteve-se o mesmo pH = 1,4 com desvio padrão de 0,09 e 0,06, respectivamente. Para pectina de bancada convencional obteve-se um grau de esterificação (DE) de 54,1 e com celulose microcristalina um DE de 77,2, sendo uma diferença considerável. Já para pectinas comerciais obteve-se uma diferença menor; pectina alta metoxilação com DE de 74,2 e baixa metoxilação com DE de 64,2. Por fim, comparando valores de viscosidade para pectinas de bancada obteve-se a convencional com viscosidade 1,26 e celulose microcristalina 1,31. Enquanto para pectinas comerciais com alta metoxilação obteve-se viscosidade de 1,20 e baixa metoxilação 1,11, atingindo resultados de viscosidade menores utilizando pectinas comerciais apesar de não ser uma diferença expressiva.

**Palavras-chave:** pectina; maçã; celulose microcristalina.

## ABSTRACT

Currently, there are several environmental problems, such as the accumulation of non-renewable materials and the wrong management of agro-industrial waste. Strategies to minimize the damage caused to nature are necessary. Pectin has thickening and stabilizing characteristics, and its extraction is usually carried out at high temperatures and in an acid medium. When extracted from waste without purification treatment, such as apple pomace, pectin includes other components, such as sugars and phenolic compounds in the precipitation process. Thus, this work aimed to observe the influence of acid extract purification on biofilms with pectin extracted from apple mesocarp, comparing two different types of vacuum filtration: conventional through synthetic tissue and through a layer of microcrystalline cellulose. The analyzes performed on the extracted pectin samples were yield; pH; degree of esterification; and viscosity. The average yield obtained was 16.1% with conventional filtration and 17.2% with microcrystalline cellulose. The pH values obtained after extraction using high methoxylation commercial pectin was pH = 3 with standard deviation of 0.03 and low methoxylation was pH = 3.1 with standard deviation of 0.07. Using conventional bench pectin and microcrystalline filtration, the same pH = 1.4 was obtained with a standard deviation of 0.09 and 0.06, respectively. For conventional bench pectin, a degree esterification (DE) of 54.1 was obtained and with microcrystalline cellulose, a DE of 77.2, which is a considerable difference. As for commercial pectin's, a smaller difference was obtained; high methoxylation pectin with DE of 74.2 and low methoxylation with DE of 64.2. Finally, comparing viscosity values for benchtop pectin's, the conventional one was obtained with a viscosity of 1.26 and microcrystalline cellulose 1.31. While for commercial pectin's with high methoxylation it was obtained a viscosity of 1.20 and low methoxylation of 1.11, reaching results of lower viscosity using commercial pectin's although not an expressive difference.

**Keywords:** pectin; lapple; microcrystalline cellulose.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura da maçã.....	13
Figura 2: Estrutura química simplificada de uma cadeia linear de pectina.....	15
Figura 3: Filtração com celulose microcristalina.....	19
Figura 4: Gel de pectina após adição do etanol.....	19
Figura 5: Pectina antes de ir para estufa.....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de maçã no Brasil em 2020.....	12
Tabela 2: Balanço de massa e rendimento da maçã. ....	23
Tabela 3: Teor em sólidos solúveis do líquido obtido na primeira e segunda centrifugação.....	23
Tabela 4: Resultados das análises realizadas. ....	24
Tabela 5: F calculado para análises específicas da pectina. ....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
DE	Grau de esterificação
EU	União Europeia
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
V <sub>1</sub>	Volume inicial
V <sub>2</sub>	Volume final

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Panorama do mercado de maçã.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Maçã Gala.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Biopolímeros.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Pectina.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Grau de estratificação .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Viscosidade .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4.3</b>	<b>pH.....</b>	<b>17</b>
<b>3.5</b>	<b>Celulose Microcristalina .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Matéria-prima .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Obtenção da farinha.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3</b>	<b>Extração da pectina.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Rendimento da extração de pectina .....</b>	<b>20</b>
<b>4.4</b>	<b>Grau de esterificação (DE) das amostras de pectina .....</b>	<b>20</b>
<b>4.5</b>	<b>Viscosidade .....</b>	<b>21</b>
<b>4.6</b>	<b>Análise de dados .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>
	<b>ANEXO 1.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ritmo de desenvolvimento acelerado causa alterações constantes no meio ambiente, relacionadas ao aumento da população, incentivo ao consumo, globalização e, também, aumento das inovações tecnológicas. Com isso, elevou-se nos últimos anos a preocupação com a destinação correta dos materiais, assim como os estudos relacionados ao tema (SILVA *et al.*, 2013). Existem também soluções implementadas para diminuir o volume de resíduos sólidos gerados de derivados de polímeros sintéticos, dentre os quais pode-se citar a incineração com reaproveitamento da energia gerada e a reciclagem (ARAÚJO *et al.*, 2021). Porém, a reciclagem sofre certa restrição devido à variedade de resinas encontradas nas embalagens (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010). O plástico é um material com grande impacto no ecossistema, impulsionando pesquisas envolvidas com matéria-prima renovável, como o caso do “plástico biodegradável” (DEBIAGI *et al.*, 2013).

Dentre os vários polímeros naturais como potenciais formadores de filmes destaca-se a pectina. Esta substância, um polissacarídeo aniônico, é abundante na natureza, de fácil extração e possui a característica de reagir com íons divalentes, formando filmes fortes e insolúveis que superam a baixa resistência à água dos filmes hidrofílicos. A pectina é um tipo de fibra solúvel encontrada naturalmente em frutas e verduras, como maçã, beterraba e frutas cítricas (BIERHALZ, 2010).

Do processamento da maçã para suco, gera-se bagaço, que corresponde em torno de 20-40% do peso da fruta. Estima-se que 5% deste subproduto são fibras, em que 9% pectina insolúvel em água (NOGUEIRA; SILVA; WOSIACKI, 2006).

No processo de extração da pectina, alguns compostos fenólicos das células vegetais podem ser extraídos juntamente com substâncias pécticas e, posteriormente, permanecem associados à pectina (LE BOURVELLEC; GUYOT; RENARD, 2009). Os compostos fenólicos podem ser retidos por uma resina, resultando em pectina mais clara, mas com menor grau de esterificação (SCHIEBER *et al.*, 2003), processo realizado na indústria *Cpkelco* e denominado como filtração polidora (SCHEMIN, 2003).

Por esse motivo, este trabalho visa a extração da pectina do mesocarpo (bagaço) da maçã para comparação das características daquelas que foram obtidas com extrato ácido purificado e não purificado.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Comparar as características das pectinas extraídas do bagaço da maçã com e sem purificação do extrato ácido através de uma camada de celulose microcristalina.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Produzir farinha de bagaço de maçã em bancada com baixo teor residual de sólidos solúveis;
- Extrair amostras de pectina da farinha de bagaço de maçã, com e sem a etapa de purificação com a filtração, através de camada de celulose microcristalina;
- Caracterizar as amostras de pectina extraídas quanto ao rendimento, pH, grau de esterificação e viscosidade;
- Comparar as amostras de pectina extraída a duas amostras de pectina comercial de maçã com alto e baixo grau de esterificação.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Panorama do mercado de maçã

A maçã possui destaque entre as frutíferas mundiais, aparecendo como a segunda fruta mais consumida e a terceira mais produzida, sendo cultivada em todas as regiões do mundo. A produção mundial, em 2019, foi de 87,24 milhões de toneladas em área cultivada de 4,7 milhões de hectares. A Ásia é a região que mais produz (56,3 milhões de toneladas), com a China destacando-se como o maior contribuinte (42,4 milhões de toneladas). A Europa, neste mesmo ano, gerou 17,09 milhões de toneladas, sendo a Polônia responsável por 3,08 milhões de toneladas. A parcela das Américas foi de 9,8 milhões de toneladas, com destaque para as produções dos Estados Unidos (4,9 milhões de toneladas), Chile (1,6 milhões de toneladas) e Brasil (1,2 milhões de toneladas). As regiões de menores produções mundiais são a África (3,13 milhões de toneladas) e a Oceania (818 mil toneladas) (FAO, 2021).

No Brasil, a maçã é colhida de janeiro a maio e fica disponível o ano todo para o consumidor. O crescimento da importância da maçã no mercado interno levou a investimentos na inovação tecnológica, na produção e na comercialização da fruta, assim como na ampliação da área plantada. Como consequência, a oferta e qualidade da fruta tem aumentado, resultando também na queda de preços do produto. No mundo já eram produzidas, na década de 90, em média 77 milhões de toneladas de maçã, com consumo médio *per capita* anual ao redor de 10 quilos. No início do século XXI, a produção brasileira estava fortemente concentrada nos estados do Rio Grande do Sul (46,1%) e de Santa Catarina (50,9%), sendo o Paraná o terceiro produtor nacional (FERTONANI *et al.*, 2006). Em termos de consumo da fruta no país, ainda há um grande potencial de expansão (Tabela 1) com a quantidade de maçã produzida de 938.247 toneladas, sendo em média 30 quilos/pessoa/ano (IBGE, 2020).

**Tabela 1 - Produção de maçã no Brasil em 2020**

Maçã	
<b>Quantidade produzida</b>	983.247 t
<b>Valor da produção</b>	1.729.845,00 (x 1000) R\$
<b>Área destinada à colheita</b>	32.468 ha
<b>Área colhida</b>	32.468 ha
<b>Rendimento médio</b>	30.284 kg/ha

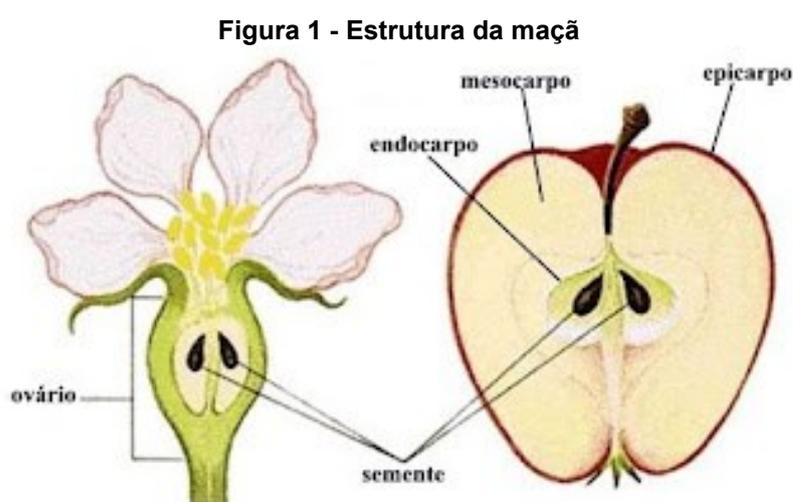
Legenda: 't' toneladas; 'R\$' reais; 'ha' hectares; 'kg/ha' quilograma por hectare.

**Fonte: IBGE (2020)**

### 3.2 Maçã Gala

A maçã Gala é a mais consumida no Brasil, sendo reconhecida no mercado interno e em vários outros países pelo sabor doce, crocância e leve toque de acidez. Sua forma redonda com base cônica e cor vermelha rajada com o fundo amarelo facilitam a sua identificação (ABPM, 2022). A quantidade de bagaço produzida está diretamente relacionada com a tecnologia empregada na extração do suco de maçã, que pode representar de 20-40% do peso das maçãs processadas. Esse subproduto contém 80% de umidade, 5% de fibras (composta por 31% de celulose, 15% de lignina, 12% celulose e 9% de pectina insolúvel em água) e 14% de sólidos solúveis dos quais a maioria corresponde a açúcares invertidos, uma mistura de glicose, frutose e sacarose (NOGUEIRA; SILVA; WOSIACKI, 2006).

Os consumidores de maçã são altamente exigentes, por isso demandam um beneficiamento capaz de selecionar frutas com potencial para o mercado *in natura*. Como resultado disto, cerca de 30% da produção nacional de maçã não atinge a qualidade necessária para esse consumo. Essas maçãs não adequadas para o consumo são direcionadas para a industrialização, sendo o principal produto o suco. A estrutura da maçã (Figura 1) consiste no cabo também chamado de tronco, formada pelas sementes, endocarpo, mesocarpo (albedo), cálice, polpa e pela casca(epicarpo), a parte branca é a que contém a maior parte da pectina (RODRIGUES, 2015).



Fonte: Filho (2012)

No processamento para obter o suco de maçã, durante a prensagem da fruta, ocorre a produção de um resíduo industrial, chamado de bagaço, o qual, dependendo

da tecnologia empregada, pode representar até cerca de 25% da maçã processada na indústria. Esse bagaço é composto de sementes, polpa e casca da fruta (SILVA, 2021).

### 3.3 Biopolímeros

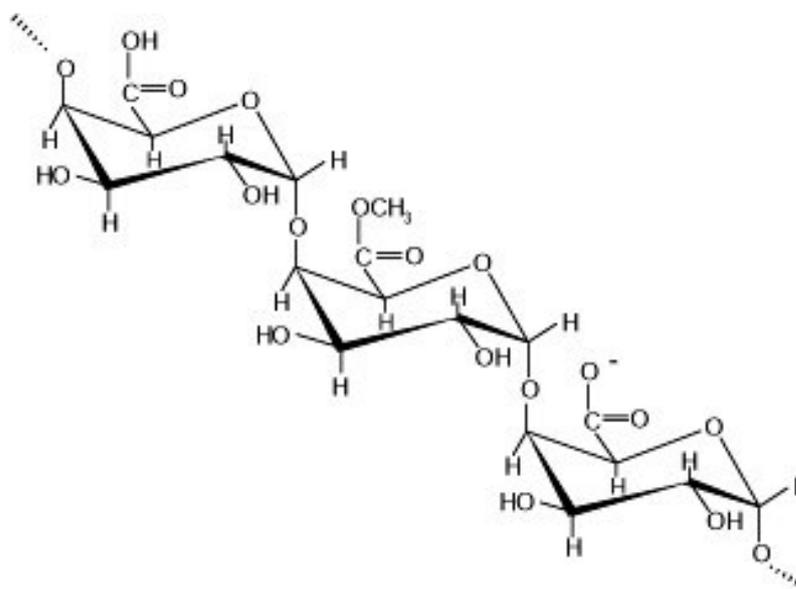
Os biopolímeros são também chamados de polímeros biodegradáveis, pois se reincorporam mais rapidamente ao meio ambiente. São, geralmente, de cadeia longa e alta massa molar, utilizados na formação de filmes e capazes de formar matrizes adequadas, contínuas, coesas e aderentes. As principais biomoléculas utilizadas na preparação dos filmes são os lipídios, menos utilizados, e os polissacarídeos e as proteínas, mais estudados e promissores, devido ao fato de ter uma oferta maior, além de serem renováveis, econômicos, biodegradáveis, reterem compostos aromáticos e carrear aditivos alimentícios ou componentes com atividades antimicrobiana e/ou antioxidante. Com isso, verifica-se que a pectina é um polissacarídeo viável para a elaboração de filmes, tanto pelas características apresentadas anteriormente, quanto pela sua biocompatibilidade, comestibilidade e propriedades químicas e físicas versáteis (FARIAS, 2011).

### 3.4 Pectina

A pectina pertence a uma família de oligossacarídeos e polissacarídeos, com características semelhantes, no entanto, extremamente diversos em sua estrutura fina. O esqueleto péctico é primariamente um homopolímero de ácido galacturônico ligado em  $\alpha(1\rightarrow4)$ , com grau oscilante de grupos carboxilas metil esterificados. A pectina deve ser constituída de, no mínimo, 65% de ácido galacturônico, segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura) e EU (União Europeia). No Brasil, a produção industrial teve início no ano de 1954, na cidade de Limeira - SP, sendo a única fábrica de pectina no País e maior produtora mundial de pectina cítrica (CANTERI *et al.*, 2012).

Não é possível identificar a massa molar correta das pectinas, mas estima-se que podem conter até 1000 resíduos de monossacarídeos por molécula (WASCHECK *et al.*, 2008). A Figura 2 demonstra a estrutura química de uma cadeia linear de pectina.

Figura 2 - Estrutura química simplificada de uma cadeia linear de pectina



Fonte: SOUSA *et al.* (2017)

As principais fontes comerciais de pectina são o bagaço das frutas cítricas e o bagaço de maçã, correspondente a 25% da matéria seca presente no resíduo cítrico e 15-18% do bagaço seco da maçã (CANTERI *et al.*, 2012). A extração da pectina dessas fontes é realizada sob condições ácidas ou básicas com posterior deslignificação pelo tratamento com cloreto de sódio, sendo um fator determinante na qualidade o procedimento de extração. Recomenda-se, ainda, a lavagem do gel com etanol para remoção de contaminantes, como metais pesados, agrotóxicos, ácidos, açúcares, compostos fenólicos e pigmentos que podem ser extraídos também (VORAGEN *et al.*, 1995). Os filmes biodegradáveis preparados a partir dessa biomolécula tendem a formar filmes fortes, mas com baixa resistência à umidade, devido à sua natureza hidrofílica (RAMOS, 2021).

#### 3.4.1 Grau de esterificação

O grau de esterificação, que é usado como critério de classificação das pectinas, é a medida da proporção dos grupos de ácido galacturônico metilados em relação ao total de grupos de ácido galacturônico presentes na molécula de pectina (BOCHECK; ZABIVALOVA; PETROPAVLOSVSKII, 2001; PENNA, 2002; MESBAHI; JAMALIAN; FARAHNAKY, 2005). As pectinas são comercialmente classificadas em alto grau de esterificação, quando contém acima de 50% dos seus grupos carboxílicos esterificados e de baixo grau de esterificação, quando somente 50% ou menos estão

esterificados. Pectinas com teor de grupos metoxílicos superior a 70% são chamadas de rápidas, por geleificarem em temperaturas mais altas, sendo termo-reversíveis (BOBBIO; BOBBIO, 1995; BRANDÃO; ANDRADE, 1999; PENNA, 2002).

O mecanismo de geleificação da pectina depende do grau de esterificação. Pectinas de alto grau de esterificação formarão gel em pH próximo a 3,6 e na presença de co-solutos, açúcares em concentração maior que 65%. A função do açúcar na formação de géis de pectinas de alto grau é de estabilizar as “zonas de junção”, promovendo interações hidrofóbicas entre os grupos metil esterificados (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN, 2006). Nas pectinas de baixo grau de esterificação, as “zonas de junção” são formadas por ligações de íons cálcio com os grupos carboxílicos livres (BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2000).

Pectinas de baixo grau de esterificação, que requerem controle da quantidade de íons cálcio para formar géis, podem ser utilizadas como agente geleificante em produtos com baixo teor de açúcares, como geleias e gelatinas *light* (IGLESIAS; LOZANO, 2004). Os géis resultantes são termo-reversíveis, mais macios e elásticos do que os obtidos de pectinas de alto grau de esterificação ou ágar (BELITZ; GROSCH, 1997; PENNA, 2002). Alguns autores ressaltam que pectinas de baixo grau de esterificação possuem limitadas aplicações como agentes geleificantes (MICHEL; THIBAUT; MERCIER, 1985; ROMBOUITS; THIBAUT, 1986; PHATAK; CHANG; BROWN, 1988; ARSALAN, 1995).

Pectinas de alto grau de esterificação são consideradas mais importantes e amplamente usadas como agentes geleificantes na produção de geleias, marmeladas, estabilizantes de bebidas e sorvetes e produtos de confeitaria. A presença de cadeias laterais, principalmente com unidades de arabinose e galactose, afeta significativamente as propriedades funcionais das pectinas, tais como solubilidade, geleificação, formação de filme e propriedades reológicas, além de favorecer a agregação em soluções concentradas (BRANDÃO; ANDRADE, 1999).

### 3.4.2 Viscosidade

Um fluido é definido como uma substância que se deforma continuamente quando se submete a um esforço constante, sem se importar quão pequeno seja este esforço. De todas as propriedades, a viscosidade requer uma maior atenção no estudo do fluxo de um fluido (STREETER, 1996), sendo que ela que descreve a magnitude

da resistência devido às forças cisalhantes dentro do fluido (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

A viscosidade é considerada um dos principais parâmetros reológicos e mede a resistência do fluido ao escoamento, quando uma taxa de deformação é aplicada. O comportamento de um alimento durante o seu processo pode variar significativamente, pois a consistência e a composição do material podem ser alteradas devido às etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, fermentação, cristalização, entre outros, contribuindo, portanto, na modificação da viscosidade (BHATTACHARYA, 1997; LEWIS, 2003). Em muitas operações da indústria de alimentos, medir a viscosidade de um fluido é importante para controle de qualidade das matérias-primas e para avaliação do efeito das variações, tanto nas condições de processamento sobre os produtos durante a fabricação, como no produto final. O conhecimento da viscosidade pode contribuir para a otimização de processos, redução dos custos nos ingredientes e melhoria da consistência do produto (LEWIS, 1993).

#### 3.4.3 pH

O pH é outro fator de influência na solubilização. A pectina é um ácido com valor de pH de, aproximadamente, 3,5, aumentando a relação entre os grupos ácidos dissociados e grupos ácidos não dissociados. Assim, a tendência para formar géis eleva-se fortemente diminuindo-se o pH do sistema. Isso é especialmente evidente nas pectinas, que normalmente requerem um pH abaixo de 3,5 para formar géis (ADITIVOS INGREDIENTES, 2019).

### 3.5 Celulose Microcristalina

A celulose é encontrada em plantas, frutas e vegetais. É possível obter em sua forma purificada que é denominada Celulose Microcristalina (MCC), uma fibra insolúvel de fonte vegetal, obtida da madeira. A Celulose Microcristalina desempenha as mais diversas funções em diferentes aplicações na indústria de alimentos, tem função estabilizante, agente de textura e cremosidade, substituto de gordura, auxiliar de extrusão, agente de compressão e conteúdo de fibra insolúvel (FOODS INGREDIENTS BRAZIL, 2014).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matéria-prima

A matéria-prima foi o mesocarpo do bagaço de maçãs Gala, adquiridas no mercado local da cidade de Francisco Beltrão, Paraná (Longitude: 53° 03' 18" Oeste; Latitude: 26° 04' 52" Sul). Celulose microcristalina. Pectinas comerciais *Classic CU 201* com grau de esterificação aproximado de 70% e *Classic CU 701* com grau de esterificação aproximado de 50%, gentilmente cedidas pela *Herbstreith & Fox KG®*.

### 4.2 Obtenção da farinha

A produção da farinha de matéria-prima seguiu a metodologia de Canteri (2010). Cerca de 5 Kg de maçã foram lavadas e cortadas em tiras em um multiprocessador a fim de formar uma massa, acondicionada em sacos de tecido sintético e centrifugada em uma centrífuga de roupas de uso doméstico uma primeira vez para remoção do suco. Posteriormente, a massa foi coberta com água filtrada e novamente centrifugada, dando origem ao bagaço como subproduto, ainda com considerável quantidade de açúcares. O material final foi desidratado em uma estufa de circulação de ar a 80 °C e triturado em moinho de facas para resultar na farinha da maçã, a qual foi acondicionada em frascos de vidro fechados até a extração da pectina.

### 4.3 Extração da pectina

A extração da pectina foi realizada de acordo com Canteri (2010), que consiste na extração ácida em uma temperatura de 80 °C, durante 25 minutos, utilizando ácido nítrico 1 mol/L em uma concentração de 50 mM como agente extrator.

Nessa etapa, foram preparadas amostras com porção de 2 g de farinha da maçã em *erlenmeyers* com 5 mL de HNO<sub>3</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup> e 100 mL de água (razão 1:50 m/V), até homogeneização. Os frascos contendo essas soluções foram aquecidos até a temperatura a 85 °C para extração, em um banho-maria com agitação por 30 minutos. Para interromper a extração, os frascos foram resfriados em imersão com água gelada.

As suspensões ácidas resultantes foram divididas em dois lotes. O primeiro lote de amostras foi submetido ao processo de filtração a vácuo convencional, através de tecido sintético em funil de *Buchner*, para separação da pectina solubilizada do material sólido ligno-celulósico. O segundo lote foi submetido à filtração a vácuo em cadinhos filtrantes de *Gooch* com uma camada de cerca de 1 cm de celulose microcristalina por duas vezes (Figura 3).

**Figura 3 - Filtração com celulose microcristalina**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Posteriormente, nas amostras de ambos os lotes, com a pectina solubilizada, foram adicionados, sob agitação, dois volumes de etanol 96 °GL e, após isso, se formou um gel de pectina (Figura 4).

**Figura 4 - Gel de pectina após adição do etanol**



Fonte: Aatoria própria (2023)

O gel permaneceu em repouso até acumular-se completamente na parte superior do béquer e passar por outra filtração através de tecido sintético. A pectina foi parcialmente desidratada por imersão na acetona, prensada em tecido sintético (Figura 5) e conduzida à estufa de secagem, por cerca de 24 horas a 50 °C, até massa constante.

Figura 5 - Pectina antes de ir para estufa



Fonte: Aatoria própria (2023)

#### 4.3.1 Rendimento da extração de pectina

O percentual gravimétrico da pectina extraída por cada método de extração foi calculado a partir da razão entre a massa da pectina desidratada em pó e a massa da farinha de bagaço de maçã desidratada utilizada como matéria-prima, ambas em base seca.

#### 4.4 Grau de esterificação (DE) das amostras de pectina

O grau de esterificação (DE) foi determinado por titulação pelo método proposto por Bocek, Zabivalova e Petropavlosvskii (2001), com modificações. Amostras de pectina seca (0,05 g) foram solubilizadas em 50 mL de solução salina em estufa a 50 °C até que não fossem mais observados grumos (cerca de 24 a 48 h). Antes do início da titulometria das amostras de pectina, 10 mL de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> foram pipetados volumetricamente e titulados contra HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>, inserido na bureta (V<sub>HCl</sub>), para verificar o volume necessário de ácido para neutralização da base. As dispersões

coloidais de pectina foram tituladas com solução de NaOH 0,05 mol L<sup>-1</sup> até mudança da cor da fenolftaleína, sendo o volume gasto registrado como inicial (V<sub>1</sub>). Em seguida, o processo de saponificação foi realizado pela adição de 10 mL de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> por trinta minutos a 30 °C em estufa. A dispersão saponificada foi posteriormente neutralizada pela adição do volume de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> definido no antes do início das titulações com concentração exatamente equivalente para neutralização (V<sub>HCl</sub>). O excesso de HCl foi titulado com NaOH 0,05 N e o resultado registrado como volume final (V<sub>2</sub>). O DE foi calculado por meio da seguinte equação:

$$\% DE = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

O pH das amostras de pectina solubilizadas em solução salina foi determinado em potenciômetro digital.

#### 4.5 Viscosidade Cinemática

Para a caracterização de um dos parâmetros reológicos das amostras de pectina, foram realizadas análises de viscosidade cinemática. As amostras de pectina (50 mg) foram solubilizadas em 25 mL de solução salina (1 mM de EDTA e 90 mM de NaCl) e mantidas em estufa a 50 °C até completa homogeneização sem presença de grumos visíveis. Posteriormente, as amostras foram diluídas 10 vezes e pipetadas com auxílio de uma pipeta *Pasteur* em um viscosímetro capilar *Schoot* (capilar n° 100, tipo 51310 *Cannon-Fenske*, constante k=0,015) imerso em banho preparado em béquer a 25 °C. O experimento foi feito em todas as amostras, sendo a contagem do tempo de escoamento realizada em triplicata para determinação do valor absoluto da viscosidade cinemática da solução, expressos pela Equação (2) em que (XYLEMANALYTICS, 2023):

$$v = K (t - \theta) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

v = viscosidade cinemática;

K = constante para o capilar n° 100;

t = tempo de escoamento em segundos

θ = correção de energia cinética conforme a tabela de correção de *Hagenbach Couette* (Anexo 1).

Para efeitos de comparação, as pectinas comerciais *Classic CU 201* com grau de esterificação aproximado de 70%, e *Classic CU 701* com grau de esterificação aproximado de 50%, gentilmente cedidas pela *Herbstreith & Fox KG®*, foram analisadas quanto ao pH, grau de esterificação e viscosidade cinemática.

#### **4.6 Análise de dados**

Para comparação das médias das características específicas das amostras de pectina foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com intervalo de 95% de confiança. Para avaliação dos foi utilizado o software *SASM-Agri* (CANTERI *et al.*, 2001). Os resultados foram apresentados na forma de média e desvio padrão acompanhados da letra correspondente ao tratamento estatístico.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos selecionados apresentavam tamanho e coloração similares. A massa dos frutos frescos de maçã e de suas partes foi determinada para calcular um percentual aproximado do resíduo gerado no processamento para produção de suco.

A utilização do bagaço de maçã foi feita em duas etapas: extração dos compostos solúveis em água – o que inclui pectinas – até cerca de 2 °BRIX residuais (NOGUEIRA *et al.*, 2005) e desidratação por processo térmico em estufa de ar forçado. Através disso, considerando que a matéria-prima inicial foi de 5 kg, foi calculada a perda de massa (Tabela 2).

**Tabela 2 - Balanço de massa e rendimento da maçã**

	Rendimento (kg)	Rendimento (%)
<b>Massa triturada e centrifugada</b>	1755	19,37
<b>Massa final desidratada</b>	0,340	6,8
<b>Perda de massa no processo</b>	4660	92
<b>Maçã inteira</b>	5	6,80

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Calculado o processo a partir da maçã inteira utilizando casca e sementes, foi obtido um rendimento de 6,80% de farinha de bagaço de maçã e, se calculado o processo a partir do bagaço já seco o rendimento foi de 19,37% conforme tabela 2.

O açúcar e outros solúveis parecidos tem atuação na solubilidade da pectina, pois tendem a desidratar as moléculas de pectina em solução. Quanto mais sólidos tiver, menos água será disponível para agir como solvente para a pectina e a propensão em cristalizar ou gelificar será favorecida (ADITIVOS INGREDIENTES, 2023).

A centrifugação do bagaço foi realizada duas vezes. Utilizando-se um refratômetro (Milwaukee), foram obtidos os valores de sólidos solúveis (°Brix) das duas etapas (Tabela 3):

**Tabela 3 - Teor em sólidos solúveis do líquido obtido na primeira e segunda centrifugação**

Etapa	Valor do BRIX (°Bx)
<b>Centrifugação 1</b>	11,3
<b>Centrifugação 2</b>	1,2

Um grau Brix (1 °Bx) é igual a 1 grama de açúcar por 100 gramas de solução ou 1% de açúcar.

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Na primeira centrifugação, o resultado do °Brix foi consideravelmente alto, porque corresponde ao suco extraído. Na segunda centrifugação, após o bagaço permanecer imerso em água, o valor de sólidos solúveis foi próximo à unidade mínima. A intenção era deixar o bagaço com o mínimo possível de sólidos solúveis e aumentar o teor de pectina. Para trabalhos futuros, pode ser feita a desidratação do bagaço sem a lavagem com água, visando verificar a qualidade da pectina extraída sem essa operação unitária.

Os resultados das análises de pH, rendimento, grau de esterificação e viscosidade realizadas nas amostras de pectina estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4- Resultados das análises realizadas**

Natureza da pectina		pH após extração	Rendimento de pectina %	Grau de esterificação	Viscosidade cinemática $\eta_{cin}$ (mm <sup>2</sup> /s)
<b>Bancada</b>	Convencional	1,4 ± 0,09 <sup>c</sup>	16,1 ± 1,41 <sup>a</sup>	54,1 ± 0,05 <sup>d</sup>	1,3 ± 0,05 <sup>a</sup>
	Filtração com CM	1,4 ± 0,06 <sup>c</sup>	17,2 ± 2,26 <sup>a</sup>	77,2 ± 0,36 <sup>a</sup>	1,3 ± 0,03 <sup>a</sup>
<b>Comercial</b>	Alta metoxilação	3,0 ± 0,03 <sup>b</sup>	n.d	74,2 ± 0,41 <sup>a</sup>	1,2 ± 0,02 <sup>b</sup>
	Baixa metoxilação	3,1 ± 0,07 <sup>a</sup>	n.d	64,3 ± 2,33 <sup>c</sup>	1,1 ± 0,06 <sup>c</sup>

Os valores no corpo da tabela representam a média das triplicatas ± desvio-padrão. Letras minúsculas sobrepostas diferentes em uma mesma indicam diferença estatisticamente significativa entre as extrações, por meio da ANOVA e teste de Tukey a 95 % de confiança. \* Comerciais- CU701 e CU201 cedidas pela empresa Herbstreith & Fox. CM- celulose microcristalina. 1 mm<sup>2</sup>/s= 1 cSt (centistokes). n.d.= não determinada com extração realizada na indústria.

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Com os resultados extraídos nesse trabalho com rendimento de pectina entre 16,1%, com tecido e 17,2%, com celulose microcristalina, é possível observar que a pectina com filtração através da celulose (tabela 4) não interferiu negativamente no rendimento, a diferença não foi significativa, porém com filtração microcristalina obteve-se uma média de rendimento ainda maior, sendo considerados resultados positivos. Marcon (2004), utilizando um planejamento experimental com extração ácida a (5 g/100 g) e temperatura (50-100 °C), extraiu pectina de farinha de maçã gala, obtendo rendimentos de 5,7 a 16,8%. Esses resultados foram compatíveis com os de Schemin (2003) que extraiu 20% de pectina de uma mistura de variedades de maçã com ácido cítrico (5 g/100 g) a 100 °C.

O grau de esterificação com a filtração microcristalina foi mais alto, tornando interessante para a indústria, porque fazem misturas de pectina de alta e de baixa metoxilação para vender. Pectinas de alto grau de esterificação apresentam maior

poder de gelatinização que as de baixa esterificação, produzindo géis mais resistentes em temperaturas mais altas (FOODS INGREDIENTS BRAZIL, 2014).

Com relação aos resultados de pH para pectinas comerciais obtemos valores entre 3 a 3,1, e para amostras de bancada valor de pH de 1,4; o pH também é um fator importante no processo de solubilização. A pectina é um ácido com valor pK (constante de ionização) de aproximadamente 3,5, aumentando a relação entre os grupos ácidos dissociados e grupos ácidos não dissociados. Assim, a tendência para formar géis aumenta fortemente diminuindo-se o pH do sistema (FOODS INGREDIENTS BRAZIL, 2014) o que torna os resultados de bancada melhores para formação de gel.

A filtração com celulose não influenciou a viscosidade (indiretamente associada à massa molar = tamanho da cadeia e peso molecular), onde se manteve uma boa qualidade de viscosidade se comparado com as outras e até mais alta que as pectinas comerciais, demonstrando ser mais resistente. Geralmente, pectinas apresentam baixas viscosidades, mas sua importância comercial está mais relacionada com a capacidade de geleificação. (MOORHOUSE, 2004).

A Tabela 5 indica os resultados do F calculado e do F tabelado para cada um dos parâmetros relativos às análises específicas da pectina. Os valores de F tabelado são diferentes, pois havia um número diferente de replicatas em cada ensaio. Quando o F calculado é maior que o F tabelado, existe diferença estatística entre os tratamentos e pode ser feito o teste de Tukey, para discriminar essas diferenças. Quando o F calculado é menor do que o F tabelado, não existe diferença significativa entre os tratamentos e não é necessário fazer o teste de Tukey.

**Tabela 5 - F calculado para análises específicas da pectina**

<b>Parâmetro avaliado</b>	<b>F calculado</b>	<b>F tabelado</b>
<b>pH</b>	897,50	3,86
<b>Rendimento</b>	0,67	6,60
<b>Grau de esterificação</b>	164,73	4,34
<b>Viscosidade cinemática</b>	37,34	2,90

**Fonte: Autoria própria (2023)**

## 6 CONCLUSÃO

Com duas filtrações foi possível produzir farinhas de bagaço de maçã com baixo teor residual de sólidos solúveis.

Verificou-se que é possível extrair pectina da farinha de maçã utilizando ou não a purificação e que possuem diferentes características; foi obtido bom rendimento, grau de esterificação e viscosidade cinemática utilizando os dois métodos, porém maiores valores com purificação.

Parâmetros como pH, grau de esterificação e viscosidade foram diferentes entre as amostras e tratamentos, permitindo observar que as pectinas extraídas apresentaram características diferenciadas das pectinas comerciais.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria realizar a desidratação do bagaço sem a lavagem com água, visando verificar a qualidade da pectina extraída sem essa operação unitária.

## REFERÊNCIAS

ADITIVOS INGREDIENTES. **Pectinas:** Propriedades funcionais e aplicações. Aditivos Ingredientes, 2019. Disponível em: <[https://aditivosingredientes.com/upload\\_arquivos/201907/2019070986386001562615243.pdf](https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/201907/2019070986386001562615243.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ADITIVOS INGREDIENTES. **Pectinas:** Origem, características e aplicação industrial. Aditivos Ingredientes, 2023. Disponível em: <<https://aditivoingredientes.com/artigos/todos/pectinas-origem-caracteristicas-e-aplicacao-industrial#:~:text=A%20pectina%20comercial%20%C3%A9%20obtida,uma%20grande%20variedade%20de%20polissacar%C3%ADdeos>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ARAÚJO, B.A.; FREITAS, L.S. DE; SARMENTO, K.K.F. et al. A aplicação de polímeros biodegradáveis como uma alternativa sustentável. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e49010918248, 2021.

ARSALAN, N. Extraction of pectine from sugar beet pulp and intrinsic viscosity molecular weight relationship of pectin solutions. **Journal of Food Science and Technology Mysore**, v. 32, n. 5, p. 381-385, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ. **Maçã brasileira:** conheça as diferentes entre Fuji e Gala. ABPM, 30 de outubro de 2022. Disponível em: <<https://www.abpm.org.br/maca-e-tudo-de-bom/maca-brasileira-conheca-as-diferencas-entre-fuji-e-gala>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2a. ed. Zaragoza: Acribia, 1997.

BHATTACHARYA, S.N. **Rheology:** fundamentals and measurements. Australia: Royal Melbourne Institute of Technology, 1997.

BIERHALZ, A.C.K. **Confecção e caracterização de biofilmes ativos à base de pectina BTM e pectina BTM/alginato reticulados com cálcio**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1995.

BOCHEK, A.M.; ZABIVALOVA, N.M.; PETROPAVLOSVSKII, G.A. Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid. **Russian Journal of Applied Chemistry**, v. 74, n. 05, p. 775-777, 2001.

BRANDÃO, E.M.; ANDRADE, C.T. Influência de fatores estruturais no processo de geleificação de pectinas de alto grau de metoxilação. **Polímeros**, v. 9, n. 3, p. 38-44, 1999.

BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville: American Society of Plants Physiologist, 2000.

CANTERI, M.H.G. **Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)**. 2010. 162 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Université d'Avignon, Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CANTERI, M.H.G.; ALTHAUS, R.A.; VIRGENS FILHO, J.S.; GIGLIOTI, E.A.; GODOY, C.V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CANTERI, M.H.G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; DE SCHEER, A.P. Pectin: From raw material to the final product. **Polimeros**, v. 22, n. 2, p. 149–157, 2012.

DEBIAGI, F.; IVANO, L.R.P.F.M.; NASCIMENTO, P.H.A.; MALI, S. Embalagens biodegradáveis de amido reforçadas com fibra lignocelulósicas provenientes de resíduos agroindustriais. **BBR - Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n. 2, p. 57-67, 2013.

FARIAS, M. G. **Elaboração de filmes comestíveis de amido adicionados de polpa de acerola**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

FERTONANI, H.C.R. Influência da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 27, n. 4, p. 599–612, 2006.

FILHO, E. **Estrutura dos frutos**. Blog Biologia, 2021. Disponível em: <<http://biologia-ederalvaldo.blogspot.com/2012/07/estrutura-dos-frutos.html>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Produção de maçãs em 2021**. FAO, 2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/brasil/pt/>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

FOODS INGREDIENTS BRAZIL. PECTINAS Propriedades e aplicações. **Foods Ingredients Brazil**, São Paulo, n. 29, 2014.

IGLESIAS, M.T.; LOZANO, J.E. Extraction and characterization of sunflower pectin. **Journal of Food Engineering**, v. 62, p. 215-223, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção de maçã no Brasil em 2020**. IBGE, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0?indicador=11980>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

LE BOURVELLEC, C.; GUYOT, S.; RENARD, C.M.G.C. Interactions between polyphenols and cell walls: modification of polysaccharide extractability. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 251–261, 2009.

LEWIS, M.J. **Propriedades físicas dos alimentos y de los sistemas de procesado**. 1 ed. Ed. Acribia: Zaragoza, 1993.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137, 2010.

MARCON, M.V. **Extração e caracterização de pectinas obtidas de farinha de bagaços de maçã**. 2004, 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. A comparative study of functional properties of beet and citrus pectins in foods systems. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 731-238, 2005.

MICHEL, F.; THIBAUT, J.F.; MERCIER, C. Extraction and characterization of pectins from sugar beet pulp. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1499-1502, 1985.

MOORHOUSE, R. Ubiquitous hydrocolloid. **The World of Food Ingredients**, p. 24-30, Set., 2004.

NOGUEIRA, A.; PAGANINI, C.; SILVA, N.C.C.; WOSIACKI, G. Aproveitamento de bagaço de maçã para a produção de álcool e obtenção de fibras alimentares. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.179-186, 2005.

NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C.; WOSIACKI, G. A Produção de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 1231–1238, 2006.

PENNA, A.L.B. Hidrocolóides: usos em alimentos. **Food Ingredients**, v. 17, p. 58-64, 2002.

PHATAK, L.; CHANG, K.C.; BROWN, G. Isolation and characterization of pectin in sugar-beet pulp. **Journal of Food Science**, n. 1614, 1988

RAMOS, A.C.S. **Elaboração De Biofilmes a Partir Da Pectina Extraída Do Mesocarpo Da Laranja Pera**. 2021. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

RODRIGUES, P. **Estrutura da Maçã**. Blog Paulo Rodrigues, 2015. Acesso em 2020 - Disponível em: <<https://paulobiorodrigues.blogspot.com/2015/06/frutos-e-sementes.html>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

ROMBOUTS, F.M.; THIBAUT, J.F. Feruloylated pectic substance from sugar-beet pulp. **Carbohydrate Research**, v. 154, n. 1, p. 177-187, 1986.

SCHEMIN, M.H.C. **Obtenção de pectina alimentícia a partir de bagaço de maçã**. 2003. 70f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2003

SCHIEBER, A.; HILT, P.; STREKER, P.; ENDRES, H.U. *et al.* A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 4, n. 1, p. 99-107, 2003.

SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J.; RIZVI, S.S.H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley-Interscience, 2000.

SILVA, C.O.; SANTOS, G.M.; SILVA, L.N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: Estudo de Caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 13, 2013.

SILVA, T. H. L.; SANTOS, L. A.; CAROLINNI ROBERTA DE MELO OLIVEIRA, C. R. M.; PORTO, T. S.; JUCÁ, J. F. T.; SANTOS, A. F. M. S. Determination of methane generation potential and evaluation of kinetic models in poultry wastes. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s.l], v. 32, p. 101936, 2021.

SOUSA, A.L.N.; RIBEIRO, A.C.B.; SANTOS, D.G. et al. Modificação química da pectina do melão caipira (*Cucumis melo* VAR. *acidulus*). **Química Nova**, v. 40, n. 5, p. 554–560, 2017.

STREETER, V.L. **Mecânica de fluidos**. México: McGraw Hill, 1996.

VORAGEN, G.J.; PILNIK, W.; THIBAUT, J.F.; AXELOS, M.A.V.; RENARD, C.M.G.C. **Food polysaccharides and their applications**. Nova York: Marcel Dekker Inc., 1995.

WASCHECK, R.D.E.C.; DUTRA, R.; GRANDSIRE, C. et al. Pectina: um carboidrato complexo e suas aplicações. **Estudos**, v. 35, n. 3, p. 343–355, 2008.

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

**ANEXO 1 - Tabela de correção de energia cinética (HC) para viscosímetro de rotina Cannon-Fenske (Hagenbach Couette Correction)**

Flow time [s]	Capillary no.				
	25	50	75	100	150
50	--	--	--	1.09	0.28
60	--	--	(2.10) <sup>2</sup>	0.76	0.19
70	--	--	(1.55) <sup>2</sup>	0.56	0.14
80	(4.71) <sup>2</sup>	(3.70) <sup>2</sup>	1.18	0.43	0.11
90	(3.72) <sup>2</sup>	(2.93) <sup>2</sup>	0.93	0.34	0.09
100	(3.01) <sup>2</sup>	(2.37) <sup>2</sup>	0.76	0.27	0.07
110	2.49	1.96	0.63	0.23	0.06
120	2.09	1.65	0.53	0.19	0.05
130	1.78	1.40	0.45	0.16	0.04
140	1.54	1.21	0.39	0.14	0.03
150	1.34	1.05	0.34	0.12	0.03
160	1.18	0.93	0.30	0.11	0.03
170	1.04	0.82	0.26	0.09	0.02
180	0.93	0.73	0.23	0.08	0.02
190	0.83	0.66	0.21	0.08	0.02
200	0.75	0.59	0.19	0.07	0.02
220	0.62	0.49	0.16	0.06	0.01
240	0.52	0.41	0.13	0.05	0.01
260	0.45	0.35	0.11	0.04	0.01
280	0.38	0.30	0.10	0.03	0.01
300	0.33	0.26	0.08	0.03	0.01
350	0.25	0.19	0.06	0.02	0.01
400	0.19	0.15	0.05	0.02	< 0.01
450	0.15	0.12	0.04	0.01	< 0.01
500	0.12	0.10	0.03	0.01	< 0.01

<sup>1</sup> The correction seconds given are based on the particular theoretical constant.

<sup>2</sup> For precision measurements, the correction seconds in the brackets should not be used. If necessary, a viscometer with a narrower capillary is to be used.

**FONTE: Xylem Analytics (2023)**