

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS  
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARIA GABRIELA LAVAGNINI

**OBTENÇÃO DE PECTINA DO SUB-PRODUTO DA INDÚSTRIA  
DE SUCO DA *CITRUS SINENSIS* L.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA  
2018

MARIA GABRIELA LAVAGNINI

**OBTENÇÃO DE PECTINA DO SUB-PRODUTO DA INDÚSTRIA  
DE SUCO DA *CITRUS SINENSIS* L.**

Trabalho de conclusão de curso da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR), Câmpus Medianeira,  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Dias  
Ferreira

Co-orientador: Prof. Dr. Ilton José  
Baraldi

MEDIANEIRA  
2018



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Medianeira  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação Engenharia de Alimentos

---

**Maria Gabriela Lavignini**

**Obtenção de pectina do sub-produto da indústria de suco da *Citrus sinensis* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado às 13:50 horas do dia 08 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) de Alimentos, do Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Flávio Dias Ferreira  
Orientador

---

Prof. Dr. Ilton José Baraldi  
Co-orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daiane Cristina Lenhard  
Membro da Banca

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gláucia Cristina Moreira  
Membro da Banca

---

Maria Gabriela Lavignini  
Aluno

Medianeira, 08 de junho de 2018.

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

Dedico este trabalho aos meus irmãos, Neto,  
Rafael e Sávio, pois tão grande é meu amor  
por vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à Deus, por ter cuidado de cada detalhe de minha vida até aqui.

Aos meus pais e toda minha família, por todo apoio e cuidado durante minha jornada acadêmica e pessoal.

Ao meu namorado, Mateus, por toda paciência e por toda ajuda, não só neste trabalho, mas ao longo de minha caminhada universitária.

Aos amigos que durante todo o trajeto para realizar este trabalho de conclusão de curso se dispuseram a me ajudar e estiveram ao meu lado.

Aos irmãos de caminhada, por cada oração que lembraram de colocar este trabalho como intenção.

Aos meus orientadores, Flávio e Ilton, por toda a paciência, disponibilidade, transferência de conhecimento e dedicação. A vocês, além de meus agradecimentos, minha admiração.

Aos demais professores que sempre me auxiliaram e me apoiaram de alguma forma em minha caminhada.

Muito obrigada.

LAVAGNINI, M. G. **Obtenção de pectina do sub-produto da indústria de suco da *Citrus sinensis* L.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Medianeira.

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranjas e o maior exportador de suco deste fruto. Devido a esta alta produtividade de sucos, e tendo em vista que cerca de 50% de toda a matéria prima é transformada em subproduto do processamento as indústrias brasileiras geram milhões de toneladas destes anualmente. Dentre os subprodutos do suco de laranja a pectina ganha destaque devido apresentar-se em grande quantidade e pela alta versatilidade de uso. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar a influência da temperatura (70, 80 e 90 °C), tempo de extração (80, 120 e 160 minutos) e logaritmo da concentração do ácido de extração (0,176, 1,176 e 2,176 mol.L<sup>-1</sup>) no rendimento de pectina utilizando ácido cítrico para a extração por hidrólise ácida dos subprodutos da indústria de suco da *Citrus sinensis* L. Os resultados indicam que o rendimento de pectina variou de 5,91% a 34,36%. A otimização de extração de pectina mostrou que a condição ótima foi temperatura de 70 °C, tempo de extração de 80 minutos e logaritmo da concentração de ácido de 2,176 mol.L<sup>-1</sup>. A única variável que apresentou influência nas condições analisadas foi o logaritmo da concentração de ácido, demonstrando que o rendimento de pectina é diretamente proporcional a concentração de ácido na solução de extração.

**Palavras-chave:** Frutas Cítricas-Cultivo, Extração por solvente, Pectina, Ácido Cítrico.

LAVAGNINI, M. G. **Obtaining pectin from the by-product of the *Citrus sinensis* L. juice industry**. Undergraduate thesis. Course Food Engineering. Federal Technological University of Paraná Câmpus Medianeira.

#### ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of oranges and the largest juice exporter of this fruit. Due to this high productivity of juices, and considering that about 50% of all the raw material is transformed into a by-product of the processing, the Brazilian industries generate millions of tons of these annually. Among the byproducts of orange juice pectin is highlighted due to its large quantity and huge versatility of use. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of temperature (70, 80 and 90 ° C), extraction time (80, 120 and 160 minutes) and logarithm of extraction acid concentration (0.176, 1.176 and 2.176 mol.L<sup>-1</sup>) in pectin yield using citric acid for the acid hydrolysis extraction of byproducts from the juice industry of *Citrus sinensis* L. The results indicate that pectin yield ranged from 5.91% to 34.36%. In the pectin extraction conditions studied, the optimum condition was a temperature of 70 ° C, extraction time of 80 minutes and a logarithm of the acid concentration of 2,176 mol L<sup>-1</sup>. The only variable that showed influence in the conditions analyzed was the logarithm of the acid concentration (p <0,05), demonstrating that the pectin yield is directly proportional to the acid concentration in the extraction solution.

**Keywords:** Citric Fruit-Cultivation, Solvent Extraction, Pectin, Citric Acid.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

### **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 - Estrutura física da laranja .....	14
--	----

### **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - Fontes de pectina.....	16
TABELA 2 - Condições de extração por hidrólise ácida da pectina do albedo da laranja.	19
TABELA 3 - Níveis das variáveis reais e codificadas a serem estudadas no PFC 2 <sup>3</sup> .....	21
TABELA 4 - Resultados da execução do planejamento de experimentos.....	22
TABELA 5 - Efeito das variáveis independentes no rendimento.....	23



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1 CITRICULTURA NO BRASIL .....	13
3.2 LARANJA .....	13
3.3 SUB-PRODUTOS DA INDÚSTRIA CÍTRICA .....	15
3.4 PECTINA.....	15
3.4.1 Aplicações da Pectina.....	16
3.4.2 Métodos de Extração da Pectina .....	17
3.4.3 Extração da Pectina por Hidrólise Ácida do Albedo da Laranja.....	19
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	20
4.1 OBTENÇÃO E LIOFILIZAÇÃO do SUBPRODUTO DA LARANJA.....	20
4.2 EXTRAÇÃO DE PECTINA DO SUBPRODUTO DA LARANJA .....	20
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	21
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a citricultura apresenta grande importância social devido sua expressiva contribuição econômica no país. Além disso, de acordo com Torquato et al. (2017) o Brasil é o maior produtor mundial de laranjas, atingindo 50% da produção, e o maior exportador de suco deste fruto, detendo 85% de participação no mercado mundial. Devido a esta alta produtividade de sucos, e tendo em vista que cerca de 50% de toda a matéria prima é transformada em subproduto do processamento (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2009), as indústrias brasileiras geram milhões de toneladas destes anualmente.

De forma geral, estes subprodutos são comumente usados em ração animal, o que acaba sendo de grande desperdício visto que possuem grande quantidade de fibra e agentes bioativos (DJILAS; CANADANOVIC-BRUNET; CETKOVIC, 2009; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2009; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2004). Neste sentido, o reaproveitamento destes para outros fins tem despertado a atenção da comunidade científica como observado no estudo de Sharma et al. (2017). Estes materiais podem ser fonte de matéria orgânica, proteínas, enzimas e óleos essenciais e consequentemente apresentam diversas aplicações derivado de suas propriedades funcionais, tecnológicas e nutricionais. Além disso, reduz danos ao meio ambiente e aumenta a rentabilidade financeira da indústria (SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001).

Dentre os subprodutos do suco de laranja a pectina ganha destaque devido apresentar-se em grande quantidade e pela versatilidade de uso, apresentando propriedades geleificante, espessante e estabilizante além de efeitos positivos sobre a saúde humana e múltiplos usos biomédicos. A pectina é estrutural e funcionalmente o polissacarídeo mais complexo nas paredes celulares das plantas e apresenta funções no crescimento, morfologia, desenvolvimento e defesa (QUEIROZ; MENEZES, 2005).

Devido à grande aplicabilidade da pectina nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, diversos métodos de extração foram descritos na literatura. Puri, Sharma e Barrow (2012) e Wikiera, Mika e Grabacka (2015) realizaram extração enzimática, Bagherian et al. (2011) e Wang et al. (2015) utilizaram a extração de pectina por hidrólise ácida acompanhada por ultrassom. Entretanto, o método que prevalece na literatura científica é a extração convencional através de água aquecida associado ao pH ácido (CASAS-OROZCO et al., 2015; BAGHERIAN et al., 2011 e WANG et al. 2015).

Tendo em vista o baixo rendimento além do tempo gasto para a extração no método convencional (extração por hidrólise ácida), como citado por Wang et al. (2015), o presente trabalho objetivou otimizar a extração da pectina do subproduto da indústria de suco da *Citrus sinensis* L. avaliando a influência das variáveis tempo, temperatura e logaritmo da concentração do ácido com intuito de obter e conhecer as condições ótimas de extração.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Extrair pectina do subproduto da indústria de suco da *Citrus sinensis* L. analisando a influência das variáveis tempo, temperatura e logaritmo da concentração de ácido cítrico na extração pelo método de hidrólise ácida.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aquisição do subproduto da indústria de suco da *Citrus sinensis* L.;
- Extração por hidrólise ácida da pectina do subproduto da indústria de suco de laranja;
- Avaliar as variáveis tempo, temperatura e logaritmo da concentração do ácido cítrico na extração de pectina através do planejamento fatorial completo;
- Avaliar o rendimento de pectina.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CITRICULTURA NO BRASIL

A consolidação da indústria cítrica brasileira ocorreu após as geadas consecutivas que atingiram a Flórida (EUA) até o ano de 1989. O estado americano era, até então, o maior produtor mundial de laranja e de suco, o ocorrido causou perdas na produção de laranja e a morte de milhares de árvores produtoras da fruta. Com isso, a indústria brasileira teve grande expansão e as exportações de suco brasileiro se firmaram, gerando 230 mil empregos diretos e indiretos e rendendo uma massa salarial anual de R\$ 676 milhões (NEVES et al., 2010).

As frutas cítricas apresentam uma produção de 117 milhões de toneladas, dentre estas, a laranja se destaca, pois, representa 82% da produção mundial de cítricos (FERREIRA-LEITÃO et al., 2010).

O Brasil é atualmente o maior produtor de laranja do mundo (TORQUATO et al., 2017) com produção de 17,5 e 16,4 milhões de toneladas nos anos de 2013 e 2014, respectivamente (FAO, 2013; TORQUATO et al., 2017). O país é também o maior exportador internacional de suco de laranja. O estado de São Paulo se destaca com 74% da produção brasileira de laranja (CARRER; SOUZA FILHO; BATALHA, 2017).

#### 3.2 LARANJA

A laranja doce é uma das frutas mais conhecidas e cultivadas em todo o mundo, produzida pela laranjeira (*Citrus sinensis* L.), árvore da família Rutaceae que apresenta porte médio e copa densa, arredondada e resistente. Dentre as variedades de laranja que são comumente comercializadas no Brasil destacam-se Bahia, Natal, Pêra, Valência, Hamlin, Westin e Rubi (CITRUSBR, 2017).

### 3.2.1 Morfologia e Composição

A laranja é um fruto cítrico caracterizada como baga. É composta por epicarpo, mesocarpo, endocarpo, columela e sementes conforme demonstrado na Figura 1. No epicarpo, estão presentes os carotenoides, que conferem aos frutos maduros a coloração alaranjada, estão presentes também limoneno e óleos essenciais que proporcionam o aroma e sabor característicos do fruto. O mesocarpo (ou albedo) é uma camada branca com aspecto esponjoso. No albedo são encontrados flavonoides, que são responsáveis por um sabor amargo, pectina e fibras (QUEIROZ; MENEZES, 2005). Ainda, possui a columela, parte central da fruta de coloração branca, onde são encontrados o núcleo central e sementes (MACEDO, 2002).

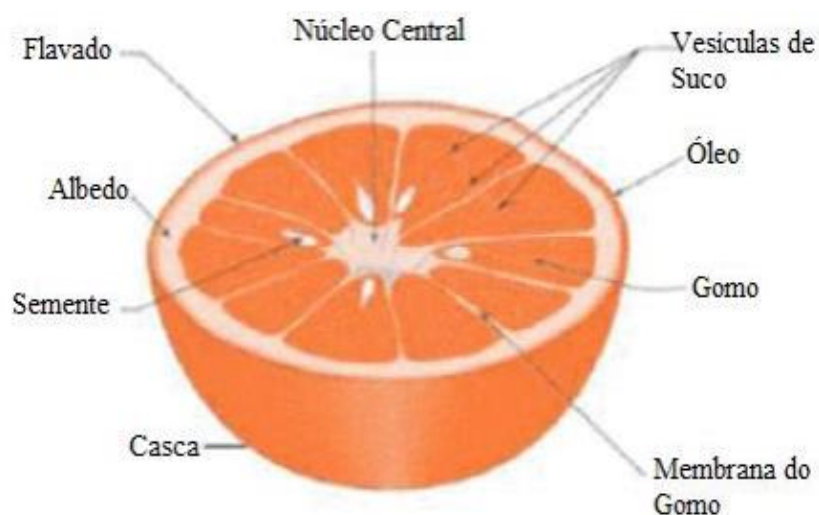


Figura 1 – Estrutura física da laranja  
 Fonte: Redd, Hendrix e Hendrix (1986)

Existe uma diversidade de espécies cítricas, que apresentam características gerais semelhantes, porém podem se diferir de acordo com a cor, quantidade de açúcar, acidez, entre outros. Entretanto, as laranjas (*Citrus sinensis* L.) representam a classe mais importante de citros do mundo. Uma parcela considerável da safra mundial de laranja é usada na produção de suco da fruta, tal produto tem características agradáveis de sabor e cor, além de ser rico em nutrientes e compostos ativos, como vitamina C e aminoácidos (NIU et al., 2008).

### 3.3 SUB-PRODUTOS DA INDÚSTRIA CÍTRICA

A indústria de sucos cítricos gera um grande volume de subprodutos do processamento, tais como casca, semente e bagaço da fruta. Se forem descartados, esses subprodutos acabam por ser um grave problema ambiental (BERK, 2016).

Aproximadamente 50% da massa total da matéria prima representa subproduto da indústria cítrica, esse material chega a ser estimado em 40 milhões de toneladas em todo o mundo. Os subprodutos de citrinos contam com um grande potencial econômico visto que são constituídos de flavonoides, carotenoides, polifenóis, óleos essenciais e altos níveis de açúcares adequados para fermentação e produção de bioetanol (SHARMA et al., 2017).

Se processado, este material pode ser transformado em produto comercializável e gerar renda adicional. Um subproduto relevante da indústria de processamento de cítricos é a pectina. Em todo o mundo, aproximadamente 80% da obtenção da pectina provém da casca de citrinos (BERK, 2016).

### 3.4 PECTINA

A pectina é um polissacarídeo responsável pela estrutura do fruto, localizada na parede celular dos vegetais e sua molécula é formada basicamente por ácido D-galacturônico unidos por ligação alfa-1,4. Pectinas de diferentes plantas apresentam estrutura química comum, porém, durante a maturação podem ocorrer diferenças em sua composição e estrutura (MUNHOZ, 2008). Normalmente é dividida em dois grupos de acordo com seu grau de esterificação (DE): alto grau de metoxilação e baixo grau de metoxilação. Na pectina de baixa metoxilação, a esterificação de grupos ácidos é inferior a 50%, enquanto que é mais de 50% na pectina alta metoxilada (LIEW; CHIN; YUSOF, 2014).

Estes polissacarídeos são largamente utilizados na tecnologia de alimentos, principalmente pelas propriedades reológicas de suas soluções; sendo compostos de alto peso molecular, formam soluções coloidais em que cada molécula do polissacarídeo liga

grande quantidade de água, graças ao alto número de grupos hidroxilas presentes em sua molécula (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

Em geral as pectinas são comumente extraídas de subprodutos da indústria de suco de frutas, principalmente do bagaço da maçã e casca de citrinos (PETKOWICZ; VRIESMANN; WILLIAMS, 2017). Entretanto, existe uma diversidade de matérias-primas para a extração da pectina citadas na literatura. Algumas fontes estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Fontes de Pectina

<b>Fonte de Pectina</b>	<b>Concentração</b>	<b>Referência</b>
Bagaço da maçã	9%	Ramos-Aguilar et al. (2017)
Bagaço da uva	32,30%	Minjares-Fuentes et al. (2014)
Bagaço de kiwi	3,6% a 4,5%	Yuliarti et al. (2015)
Casca de banana	5,2% a 12,2%	Oliveira et al. (2016)
Casca de laranja	17,95%	Hosseini, Khodaiyan e Yarmand (2016)
Casca de maracujá	18,20%	Seixas et al. (2014)
Casca de melancia	14,2% a 19,3%	Petkowicz, Vriesmann e Williams (2017)

Fonte: Autoria própria

### 3.4.1 Aplicações da Pectina

Conforme Noreen et al. (2017) e Evans, Ratcliffe e Williams (2013) a pectina pode ser amplamente utilizada no uso tecnológico em alimentos, farmacêuticos e cosméticos devido as suas características gelificante, emulsionante e estabilizante, além de não apresentar toxicidade conhecida e serem biocompatível e biodegradável.

Além das características apresentadas acima, diversos relatos científicos têm demonstrado benefícios na saúde com a utilização da pectina. Coimbra et al. (2011) e Munarin, Tanzi e Petrini (2012) relataram atividades anti-inflamatória, antineoplásica e cicatrizante. Ainda, Chomto e Nunthanid (2017) estudaram a aplicação da pectina em comprimidos farmacêuticos, onde, a gelificação da pectina diminui a penetração de água favorecendo o controle na dosagem do fármaco em diversas formulações farmacêuticas.



### 3.4.2 Métodos de Extração da Pectina

Diversos métodos de extração da pectina são descritos na literatura científica, neste sentido, serão apresentados a seguir alguns relatos.

Raji et al. (2017) extraíram pectina da casca de melão pelo método convencional utilizando o ácido cítrico. Neste trabalho foram avaliados os efeitos das variáveis temperatura, tempo de extração e pH. O rendimento variou de 2,87 % a 28,98 %. O maior rendimento obtido foi de  $29,48 \pm 1,7$  % nas condições de temperatura a 95 °C, pH 1,0 e tempo de 200 min.

Huang, Li e Wang (2018) extraíram pectina da polpa da beterraba (*Beta vulgaris*) pelo método convencional de aquecimento ácido, utilizando-se ácido sulfúrico. Foram controladas as variáveis temperatura e tempo de extração e alterou-se o tamanho da partícula do material. Mantendo-se a temperatura de 90 °C por 2 horas, verificou-se que a diminuição do tamanho da partícula tem influência sobre o rendimento de pectina extraída. O rendimento variou de 15,81 % a 20,5 % ao diminuir o tamanho da partícula.

Chaharbaghi, Khodaiyan e Hosseini (2017) extraíram a pectina do pistache pelo método convencional utilizando ácido cítrico. O estudo demonstrou que o rendimento foi maior com a diminuição do pH, aumento da temperatura e aumento do tempo de extração. Para uma temperatura de 90 °C, pH de 0,5 e 30 minutos de extração, obteve-se o rendimento máximo de 23,42 %.

Vriesmann, Teófilo e Petkowicz (2012) extraíram pectina da casca do cacau pelo método convencional utilizando ácido cítrico. O rendimento de pectina variou de 3,7 % a 10,6 %. O maior rendimento foi observado nas condições de pH 1,0 e temperatura de 100 °C durante 60 min. Os autores concluíram que o aumento do rendimento foi devido ao aumento da temperatura e tempo de extração. O pH não teve efeito significativo no rendimento.

Andersen et al. (2017) extraíram pectina da casca de lima pelo método convencional utilizando ácido nítrico em diferentes valores de temperatura (60 °C, 70 °C e 80 °C) e pH (1,5, 2,3 e 3,1) durante 2 horas. Os autores concluíram que, ao manter o pH constante, o maior rendimento é obtido com a maior temperatura. Porém, ao extrair a pectina com a maior temperatura (80 °C) e o menor valor de pH (1,5) o rendimento diminuiu, concluindo-se então que nessas condições há degradação da pectina. Ainda, os

autores descrevem que os parâmetros pH e tempo de extração são os mais influentes para a obtenção da pectina.

Leão et al. (2018) extraíram pectina da casca de pequi utilizando aquecimento por micro-ondas. Durante a extração, modificaram-se as variáveis tempo de extração, potência do micro-ondas e temperatura. Para o processo de extração utilizou-se ácido cítrico. Os autores trazem como resultado o rendimento da pectina variando de 9,91 % a 20,79%. Como conclusão os autores obtiveram que a temperatura foi a variável mais influente na extração e que o aumento da potência do micro-ondas não melhora a extração, visto que uma potência muito alta degrada os polissacarídeos.

Swamy e Muthukumarappan (2017) utilizaram micro-ondas para extração da pectina da casca de banana e avaliaram a extração de forma contínua e intermitente. Foram variados os valores de potência do micro-ondas (300 W a 900 W), tempo (100 s a 300 s), razão de pulso (0,5 a 1) e pH (1,0 a 3,0) ajustado com ácido clorídrico. O rendimento de pectina para o método contínuo foi de 2,18 % e foi obtido nas condições de pH 3,0, potência de 900 W durante 100 s. Para o método intermitente, obtiveram rendimento de 2,58% a uma potência de 900 W, pH 3 e razão de pulso 0,5. Os autores concluíram que os parâmetros tempo, pH e os níveis de potência do micro-ondas influenciam o rendimento da pectina.

Bayar, Friji e Kammoun (2018) realizaram extração enzimática para obtenção de pectina a partir de *Opuntia ficus indica* (figueira da Índia). Foram realizadas extrações utilizando enzimas xilanase e celulase. Testes preliminares indicaram pH, temperatura e tempo de extração ideais para o processo, além da ordem de adição das enzimas. Com isso, no desenvolvimento do processo aplicou-se primeiro a enzima xilanase por 6 horas a um pH 5 e temperatura de 55 °C. A celulase foi então aplicada durante 6 horas a uma temperatura de 60 °C e pH 5,5. Os autores concluíram que a xilanase facilitou a ação da celulase para extração da pectina, visto que para essa última, o rendimento da extração foi melhorado.

Vasco-Correa e Zapata (2017) realizaram extração enzimática da pectina da casca do maracujá. As variáveis foram pH (3, 4 e 5) e temperatura (30 °C, 37 °C e 44 °C). Os autores concluíram que o maior rendimento foi de 26%, nas condições de pH 3 e temperatura de 37 °C. O rendimento mais baixo foi obtido na temperatura de 44 °C. Os autores concluíram que o rendimento foi 40 % maior que o obtido pelo método convencional.

Pasandide et al. (2017), através do método de extração aquosa, extraíram pectina da casca da cidra (*Citrus medica*). A extração foi feita sob diferentes valores de temperatura (70, 80 e 90 °C) e tempo de extração (90, 120 e 180 min). Os autores concluíram que o rendimento da extração da pectina aumenta com o aumento da temperatura e com o aumento do tempo de processo, visto que o maior rendimento (21,85%) foi obtido a uma temperatura de 90 °C durante 180 min.

Moorthy et al. (2017) utilizaram o método de ultrassom para extrair pectina da casca da jaca. As variáveis analisadas foram: pH, tempo de processo, temperatura e relação líquido-sólido. Como resultado, os autores definiram que a condição ideal para o maior rendimento da pectina (14,46%) foi a proporção L-S de 15,2, pH de 1,6, temperatura de 59,67 °C e 23,59 min.

### 3.4.3 Extração da Pectina por Hidrólise Ácida do Albedo da Laranja

Diversos autores relatam a extração da pectina do albedo da laranja pelo método convencional (hidrólise ácida), neste sentido, a Tabela 2 demonstra as melhores condições e rendimentos encontrados.

Tabela 2 - Condições de extração por hidrólise ácida da pectina do albedo da laranja

Ácido	pH	Temperatura (°C)	Tempo (min.)	Rendimento	Referência
Ácido Cítrico	1,5	85	120	17,1%	Casas-orozco et al. (2015)
Ácido Cítrico	2,5	70	120	38,21%	Zanella e Taranto (2015)
Ácido Clorídrico	1,7	90	120	21%-30%	El-nawawi e Shehata (1987)
Ácido Clorídrico	1,5	80-82	60	15,47%	Guo et al. (2012)
Ácido Clorídrico	2,0	80	60	5,1%	Baron et al. (2017)
Ácido Clorídrico	1,5	100	120	5%	Yeoh, Shi e Langrish (2008)

Fonte: Autoria própria

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 OBTENÇÃO E LIOFILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DA LARANJA

O subproduto (casca, semente e bagaço) da extração do suco de laranja Valencia (*Citrus sinensis* L.), também chamado de polpa cítrica foi coletado em janeiro de 2018 em uma indústria no interior do estado de São Paulo, Brasil. Posteriormente, foi congelado e liofilizado em pressão menor de 0,5 milibar até peso constante, mantendo as propriedades do produto até o momento da extração. O material foi armazenado congelado.

### 4.2 EXTRAÇÃO DE PECTINA DO SUBPRODUTO DA LARANJA

A extração da pectina foi realizada conforme descrito por Zanella e Taranto (2015) com adaptações. Para isto, foi preparada uma mistura do subproduto com água (soluto:solvente, 1:70) e a concentração de ácido foi ajustada utilizando a solução de ácido cítrico. Após, a mistura foi colocada sob agitação no agitador magnético com temperatura e velocidade de agitação constante. Posteriormente o extrato contendo pectina foi centrifugado durante 12 minutos a 9500 rpm. Em seguida foi adicionado etanol a 95% ao sobrenadante (2:1 v/v) ao final da centrifugação e deixou-se repousar por 1 hora permitindo a precipitação da pectina. Em seguida, o material foi filtrado com papel de filtro (Whatman® nº 4) previamente seco e pesado. O papel filtro foi lavado duas vezes com etanol a 95% e 70% e secou em forno a 50 °C até peso constante. Ao final, se realizou a pesagem do papel filtro e avaliou-se o rendimento da extração através da diferença entre os pesos.

Para avaliar as variáveis independentes, tempo de extração (minutos), temperatura de extração (°C) e logaritmo da concentração de ácido cítrico mol.L<sup>-1</sup> (Tabela 3) foi utilizado o Planejamento Fatorial Completo (PFC) com três repetições no ponto central. A variável resposta do planejamento foi o rendimento de extração de pectina (%).

Tabela 3 - Níveis das variáveis reais e codificadas a serem estudadas no PFC 2<sup>3</sup>

Variáveis/níveis	Tempo (minutos)	temperatura (°C)	log[ácido cítrico- mol.L <sup>-1</sup> ]
-1	80	70	0,176
0	120	80	1,176
+1	160	90	2,176

Fonte: Autoria própria

O ponto central foi escolhido tendo como base dados encontrados na literatura e os níveis superior e inferior foram escolhidos a partir deste.

#### 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O efeito das análises de variância foi analisado no programa estatístico Statistica 7.0 (Stat Soft Inc.). Foram consideradas significativas as comparações quando o p é menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O percentual de matéria seca do subproduto da indústria de suco de laranja foi de 20,70% obtido posteriormente ao processo de liofilização. A liofilização foi realizada no intuito de aumentar a conservação do produto sem perdas das características químicas e físicas semelhante ao trabalho realizado por Petkowicz, Vriesmann e Williams (2017) para obtenção de pectina da casca de melancia.

No delineamento proposto, o rendimento de pectina variou de 5,91% a 34,36% conforme demonstrado na Tabela 4. O maior rendimento encontrado neste trabalho corrobora com resultados obtidos por Zanella e Taranto (2015) que extraíram pectina a partir da laranja pera e Liew et al. (2018) que extraíram pectina a partir do pomelo, os autores obtiveram um rendimento de 38,21 e 39,57%, respectivamente. Tais extrações foram realizadas utilizando ácido cítrico.

Tabela 4 – Resultados da execução do planejamento de experimentos

Ensaio	Tempo (min.)	Temperatura (°C)	Log [ácido cítrico –mol.L <sup>-1</sup> ]	Rend.(%)
1	80	70	0,176	5,91
2	80	70	2,176	34,36
3	80	90	0,176	7,81
4	80	90	2,176	30,42
5	160	70	0,176	6,12
6	160	70	2,176	34,36
7	160	90	0,176	9,36
8	160	90	2,176	26,97
9 (C)	120	80	1,176	12,67
10 (C)	120	80	1,176	11,65
11 (C)	120	80	1,176	11,65

Fonte: Autoria própria

Conforme Raji et al. (2017) e Yang, Um e Ma (2018) o ácido utilizado para a obtenção de pectina é um fator importante visto que este afeta o rendimento da pectina extraída e além disso determina suas características químicas e funcionais, como peso

molecular médio, atividade emulsificante e força do gel. Neste trabalho, utilizou-se o ácido cítrico para extração convencional da pectina pois nos estudos realizados por Raji et al. (2017), Canteri-Schemin et al. (2005) e Kermani et al. (2014) este ácido obteve o maior rendimento de extração quando comparado a outros ácidos, tais autores extraíram pectina a partir da casca de melão, bagaço da maçã e casca de manga, respectivamente. Tal resultado pode também ser observado nos trabalhos de Kliemann et al. (2009) e Yang, Mu e Ma (2018) que utilizaram diferentes ácidos para extração da pectina da polpa da batata e da casca de maracujá. Além disso, o uso do ácido cítrico na obtenção da pectina é justificado devido ser um ácido orgânico utilizado como ingrediente alimentar natural seguro e por apresentar vantagens econômicas e ambientais (VRIESMANN, TEÓFILO E PETKOWICZ, 2012; RAJI et al., 2017). Ainda, Pereira et al. (2016) descreve que a utilização de ácidos minerais, como clorídrico, sulfúrico ou nítrico, tem por desvantagem a geração de efluentes, o que exigiria tratamento, além de serem tóxicos.

No presente estudo, avaliou-se o rendimento de pectina com três variáveis independentes, temperatura de extração (70, 80 e 90 °C), tempo de extração (80, 120 e 160 minutos) e log da concentração de ácido cítrico (0,176, 1,176 e 2,176 mol. L<sup>-1</sup>) no intuito de observar a influência destas na obtenção da pectina e chegar a uma condição ótima de extração. Observa-se que a variável influente na extração da pectina do albedo da laranja é a concentração de ácido cítrico na solução de extração, visto que as outras variáveis não foram significativas (Tabela 5). Isso pode ser notado também nos resultados apresentados por Chaharbaghi, Khodaiyan e Hosseini (2017), que extraiu pectina a partir do pistache verde e Liew, Chin e Yusof (2014), que extraiu pectina a partir da casca de maracujá, onde descrevem que o pH é um dos parâmetros mais cruciais para obtenção de pectina pois interferem na quantidade e nas propriedades da pectina extraída.

Tabela 5 – Efeito das variáveis independentes no rendimento

Fator	Efeito	Erro padrão	t(4)	p-valor
Média	17,38909	1,677431	10,36650	0,000489*
(x <sub>1</sub> ) tempo (min)	-0,42250	3,933925	-0,10740	0,919644
(x <sub>2</sub> ) temp. (°C)	-1,54750	3,933925	-0,39337	0,714110
(x <sub>3</sub> ) log [Ac. cítrico –mol.L <sup>-1</sup> ]	24,22750	3,933925	6,15861	0,003528*
(x <sub>1</sub> ) x (x <sub>2</sub> )	-0,52750	3,933925	-0,13409	0,899807
(x <sub>1</sub> ) x (x <sub>3</sub> )	-1,30250	3,933925	-0,33109	0,757192

(x <sub>2</sub> ) x (x <sub>3</sub> )	-4,11750	3,933925	-1,04666	0,354331
---------------------------------------	----------	----------	----------	----------

\* Efeito significativo ( $p < 0,05$ )

Fonte: Autoria própria

Yapo (2009) que investigou o rendimento da pectina da casca do maracujá-amarelo utilizando ácidos cítrico, nítrico e sulfúrico, observou que os resultados mostraram que as maiores quantidades de pectina foram obtidas no pH do solvente de extração mais baixo, independentemente do tipo de ácido. O mesmo resultado pode ser observado nos trabalhos de Raji et al. (2017), Jiang et al. (2012) e Torralbo et al. (2012) que observaram que o rendimento aumentou quando o pH do ácido utilizado na extração diminuiu. Tais autores extraíram pectina a partir de casca de melão, casca de melancia e fruta do lobo, respectivamente. Ma et al. (2013) relataram que esse aumento no rendimento com diminuição no valor de pH é provavelmente devido à ruptura das paredes celulares em condições fortemente ácidas e, assim, o aumento na liberação e dissolução da pectina na solução ácida. Outro possível mecanismo é citado por Liew et al. (2018), onde explicam que em menores níveis de pH ocorre diferença de concentração entre o meio de extração e a matriz vegetal, permitindo que o solvente de extração em contato com a pectina insolúvel incentive a hidrólise da pectina insolúvel em pectina solúvel.

Outra variável analisada foi o tempo de extração, onde, observa-se que o tempo de extração estudado não apresenta influência no rendimento de pectina. Resultados semelhantes foram encontrados por Kulkarni e Vijayanand (2010), que extraíram pectina a partir da casca de maracujá, Basanta et al. (2012), que extraíram pectina a partir de ameixa japonesa, Leão et al. (2018), ao extraírem pectina a partir da casca de pequi, Oliveira et al. (2016), ao extraírem pectina a partir da casca de banana e Morales-contreras et al. (2018), que extraíram pectina a partir da casca de tomate. Os autores concluíram que a agitação por tempos mais longos não leva a um maior rendimento na obtenção de pectina. Além disso, Liew, Chin e Yusof (2014) e Jafari et al. (2017), que extraíram pectina a partir do pomelo e bagaço da cenoura, respectivamente, relatam que longos tempos de extração pode ocorrer a diminuição do rendimento de pectina.

Ao avaliar a influência da temperatura na extração verificou-se que também não apresenta significância no rendimento da pectina. Resultados similares foram descritos pelos autores Chan e Choo (2013), onde ao extraírem pectina a partir da casca de cacau utilizando ácido cítrico relatam que variando a temperatura de 50 a 90 °C o resultado não foi significativo para o rendimento. Entretanto, Chang et al. (1994) e Assoi et al. (2014)



relatam que pode haver uma redução no rendimento de pectina ao extrair em altas temperaturas possivelmente devido a sensibilidade térmica. Apoiando isto, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o maior rendimento foi alcançado em uma temperatura menor quando comparado com os trabalhos de Oliveira et al. (2016), Yuliarti e Othman (2018) e Andersen et al. (2017) ao realizarem a extração de pectina a partir de casca de banana, kiwi e casca de lima.

Neste sentido, acredita-se que o rendimento da extração da pectina sofre influência da concentração de ácido presente na solução de extração. Além disso, ao avaliar as variáveis tempo de extração, temperatura de extração e concentração do ácido torna-se evidente as condições ótimas para obtenção da pectina por hidrólise ácida, a saber estas condições foram: temperatura de 70 °C, tempo de extração de 80 minutos e log da concentração de ácido cítrico de 2,176 mol.L<sup>-1</sup> obtendo um rendimento final de 34,36%.

Em tais condições ótimas, nota-se que o rendimento obtido na extração da pectina do subproduto foi maior que o rendimento alcançado por diversos autores que utilizaram apenas o albedo da laranja, a saber os autores Casas-orozco et al. (2015), Guo et al. (2012), Baron et al. (2017) e Yeoh, Shi e Langrish (2008) obtiveram um rendimento de 17,1, 15,47, 5,1 e 5%, respectivamente. Além disso, o rendimento foi maior que o encontrado por Raji et al. (2017) (29,48 ± 1,7 %) e Chaharbaghi, Khodaiyan e Hosseini (2017) (23,42%) que extraíram pectina do melão e pistache. Este rendimento ótimo também foi maior que aqueles alcançados por Vriesmann, Teófilo e Petkowicz (2011) (9,0 ± 0,4%) e Huang, Li e Wang (2018) (20,5%) ao extraírem pectina da casca de cacau, polpa da beterraba respectivamente.

Além disso, os autores Zanella e Taranto (2015) que extraíram pectina a partir da laranja pera e Liew et al. (2018) que extraíram pectina a partir do pomelo, obtiveram rendimentos de 38,21 e 39,57%, respectivamente, rendimentos estes muito próximos do obtido no presente trabalho, porém estes autores realizaram a separação do albedo para realizar a extração. Ressalta-se que no presente trabalho a extração de pectina foi realizada a partir do subproduto total da indústria de suco da *Citrus sinensis* L., onde pode ser encontrado casca, semente e bagaço da fruta, não havendo, portanto, a separação do albedo.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o rendimento variou de 5,91% a 34,36% e o rendimento máximo de pectina do subproduto da laranja (34,36 %) foi obtido nas seguintes condições ótimas: temperatura de 70 °C, tempo de extração de 80 minutos e logaritmo da concentração do ácido de 2,176 mol.L<sup>-1</sup>.

Ainda, notou-se que a concentração de ácido cítrico influencia a extração e o rendimento da pectina, além de que, pôde-se observar que o rendimento da pectina foi maior com a diminuição do pH, ou seja, o rendimento na extração de pectina é proporcional a concentração de ácido cítrico.

Tendo em vista os resultados supracitados, vale ressaltar que novos estudos devem ser realizados no intuito de comparar a extração de pectina utilizando outros métodos ou associação destes, bem como a avaliação da qualidade da pectina extraída.

## REFERÊNCIAS

ANDERSEN, N. M. et al. Dynamic modelling of pectin extraction describing yield and functional characteristics. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 192, p. 61-71, jan. 2017.

ASSOI, Sylvie et al. Functionality and yield of pectin extracted from Palmyra palm (*Borassus aethiopicum* Mart) fruit. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 58, n. 1, p.214-221, set. 2014. Elsevier BV

BAGHERIAN, Homa et al. Comparisons between conventional, microwave- and ultrasound-assisted methods for extraction of pectin from grapefruit. **Chemical Engineering And Processing: Process Intensification**, [s.l.], v. 50, n. 11-12, p.1237-1243, nov. 2011. Elsevier BV.

BARON, Ricardo Duran et al. Production and characterization of films based on blends of chitosan from blue crab (*Callinectes sapidus*) waste and pectin from Orange (*Citrus sinensis* Osbeck) peel. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 98, p.676-683, maio 2017. Elsevier BV.

BASANTA, María F. et al. Effect of extraction time and temperature on the characteristics of loosely bound pectins from Japanese plum. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 89, n. 1, p.230-235, jun. 2012. Elsevier BV.

BAYAR, Nadia; FRIJI, Marwa; KAMMOUN, Radhouane. Optimization of enzymatic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 241, p.127-134, fev. 2018. Elsevier BV.

BERK, Zeki. By-products of the citrus processing industry. In: BERK, Zeki. **Citrus Fruit Processing**. [s.l.]: Elsevier, 2016. Cap. 10. p. 219-233.

BOBBIO, Florinda O.; BOBBIO, Paulo A. **Manual de laboratório de Química de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2003. 63-64 p.

CANTERI-SCHEMIN, Maria Helene et al. Extraction of pectin from apple pomace. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, [s.l.], v. 48, n. 2, p.259-266, mar. 2005. FapUNIFESP (SciELO).

CARRER, Marcelo José; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de; BATALHA, Mário Otávio. Factors influencing the adoption of Farm Management Information Systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers. **Computers And Electronics In Agriculture**, [s.l.], v. 138, p.11-19, jun. 2017. Elsevier BV.

CASAS-OROZCO, Daniel et al. Process development and simulation of pectin extraction from orange peels. **Food And Bioproducts Processing**, [s.l.], v. 96, p.86-98, out. 2015. Elsevier BV.

CHAHARBAGHI, Elnaz; KHODAIYAN, Faramarz; HOSSEINI, Seyed Saeid. Optimization of pectin extraction from pistachio green hull as a new source. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 173, p.107-113, out. 2017. Elsevier BV.

CHAN, Siew-yin; CHOO, Wee-sim. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 141, n. 4, p.3752-3758, dez. 2013. Elsevier BV.

CHANG, K. C. et al. Sunflower Head Residue Pectin Extraction as Affected by Physical Conditions. **Journal Of Food Science**, [s.l.], v. 59, n. 6, p.1207-1210, nov. 1994. Wiley

CHOMTO, Parichat; NUNTHANID, Jurairat. Physicochemical and powder characteristics of various citrus pectins and their application for oral pharmaceutical tablets. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 174, p.25-31, out. 2017. Elsevier BV.

CITRUSBR. **A fruta**. Disponível em:  
<<http://www.citrusbr.com.br/laranjaesuco/?ins=20>>. Acesso em: 07 out. 2017.

COIMBRA, P. et al. Preparation and chemical and biological characterization of a pectin/chitosan polyelectrolyte complex scaffold for possible bone tissue engineering applications. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 48, n. 1, p.112-118, jan. 2011. Elsevier BV.

DJILAS, Sonja; CANADANOVIC-BRUNET, Jasna; CETKOVIC, Gordana. By-products of fruits processing as a source of phytochemicals. **Chemical Industry And Chemical Engineering Quarterly**, [s.l.], v. 15, n. 4, p.191-202, 2009. National Library of Serbia.

EL-NAWAWI, Sohair A.; SHEHATA, Fadia R.. Extraction of pectin from Egyptian orange peel. Factors affecting the extraction. **Biological Wastes**, [s.l.], v. 20, n. 4, p.281-290, jan. 1987. Elsevier BV.

EVANS, M.; RATCLIFFE, I.; WILLIAMS, P.a.. Emulsion stabilisation using polysaccharide-protein complexes. **Current Opinion In Colloid & Interface Science**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.272-282, ago. 2013. Elsevier BV.

FAO. Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT**. Disponível em <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em 14 set. 2017

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Application of functional citrus by-products to meat products. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 15, n. 3-4, p.176-185, mar. 2004. Elsevier BV.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Juana et al. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal Of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 44, n. 4, p.748-756, abr. 2009. Wiley-Blackwell.

FERREIRA-LEITÃO, Viridiana et al. Biomassa Residues in Brazil: Availability and Potential Uses. **Waste And Biomass Valorization**, Rio de Janeiro, v.1, p.65-76, mar. 2010

GUO, Xingfeng et al. Extraction of pectin from navel orange peel assisted by ultra-high pressure, microwave or traditional heating: A comparison. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 88, n. 2, p.441-448, abr. 2012. Elsevier BV.

HOSSEINI, Seyed Saeid; KHODAIYAN, Faramarz; YARMAND, Mohammad Saeid. Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 82, p.920-926, jan. 2016. Elsevier BV.

HUANG, Xin; LI, Dong; WANG, Li-jun. Effect of particle size of sugar beet pulp on the extraction and property of pectin. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 218, p.44-49, fev. 2018. Elsevier BV.

JAFARI, Faeghe et al. Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 157, p.1315-1322, fev. 2017. Elsevier BV.

JIANG, Li na et al. Comparisons of Microwave-Assisted and Conventional Heating Extraction of Pectin from Seed Watermelon Peel. **Advanced Materials Research**, [s.l.], v. 550-553, p.1801-1806, jul. 2012. Trans Tech Publications.

KERMANI, Zahra Jamsazzadeh et al. The impact of extraction with a chelating agent under acidic conditions on the cell wall polymers of mango peel. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 161, p.199-207, out. 2014. Elsevier BV.

KLIEMANN, Erika et al. Optimisation of pectin acid extraction from passion fruit peel (*Passiflora edulisflavicarpa*) using response surface methodology. **International Journal Of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 44, n. 3, p.476-483, mar. 2009. Wiley.

KULKARNI, S.g.; VIJAYANAND, P.. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa* L.). **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 43, n. 7, p.1026-1031, set. 2010. Elsevier BV.

LEÃO, Daniela P. et al. Potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 87, p.575-580, jan. 2018. Elsevier BV.

LIEW, Shan Qin; CHIN, Nyuk Ling; YUSOF, Yus Aniza. Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. **Agriculture And Agricultural Science Procedia**, [s.l.], v. 2, p.231-236, 2014. Elsevier BV.

LIEW, Shan Qin et al. Acid and Deep Eutectic Solvent (DES) extraction of pectin from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peels. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 13, p.1-11, jan. 2018. Elsevier BV.

MA, Sen et al. Extraction, characterization and spontaneous emulsifying properties of pectin from sugar beet pulp. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 98, n. 1, p.750-753, out. 2013. Elsevier BV.

MACEDO, Thais Regi. **Estágio supervisionado na Citrosuco**. 2002. 28 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química Tecnológica, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.

MINJARES-FUENTES, R. et al. Ultrasound assisted extraction of pectins from grape pomace using citric acid: A response surface methodology approach. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v.106, p.179-189, jun 2014. Elsevier BV.

MOORTHY, I. Ganesh et al. Ultrasound assisted extraction of pectin from waste *Artocarpus heterophyllus* fruit peel. **Ultrasonics Sonochemistry**, [s.l.], v. 34, p.525-530, jan. 2017. Elsevier BV.

MORALES-CONTRERAS, Blanca E. et al. Pectin from Husk Tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.): Rheological behavior at different extraction conditions. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 179, p.282-289, jan. 2018. Elsevier BV.

MUNHOZ, Cláudia Leite. **Efeito das condições de extração sobre o rendimento e característica da pectina obtida de diferentes frações de goiaba cv pedro sato**. 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

MUNARIN, F.; TANZI, M.c.; PETRINI, P.. Advances in biomedical applications of pectin gels. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 51, n. 4, p.681-689, nov. 2012. Elsevier BV.

NEVES, Marcos Fava et al. **O retrato da citricultura Brasileira. Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia**. FEA/USP Ribeirão Preto, 2010. Disponível em:  
<[http://www.citrusbr.com/download/Retrato\\_Citricultura\\_Brasileira\\_MarcosFava.pdf](http://www.citrusbr.com/download/Retrato_Citricultura_Brasileira_MarcosFava.pdf) >  
Acesso em 07 de set de 2017.

NIU, Li-ying et al. Physicochemical Characteristics of Orange Juice Samples From Seven Cultivars. **Agricultural Sciences In China**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.41-47, jan. 2008. Elsevier BV.

NOREEN, Aqdas et al. Pectins functionalized biomaterials; a new viable approach for biomedical applications: A review. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 101, p.254-272, ago. 2017. Elsevier BV.

OLIVEIRA, Túlio Ítalo S. et al. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 198, p.113-118, maio 2016. Elsevier BV.

PASANDIDE, Bahare et al. Optimization of aqueous pectin extraction from *Citrus medica* peel. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 178, p.27-33, dez. 2017. Elsevier BV.

PEREIRA, Paulo Henrique F. et al. Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 88, p.373-379, jul. 2016. Elsevier BV.

PETKOWICZ, C.I.o.; VRIESMANN, L.c.; WILLIAMS, P.a.. Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 65, p.57-67, abr. 2017. Elsevier BV.

PURI, Munish; SHARMA, Deepika; BARROW, Colin J.. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. **Trends In Biotechnology**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.37-44, jan. 2012. Elsevier BV.

QUEIROZ, C. E.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.) **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 221-254.

RAJI, Zarifeh et al. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 98, p.709-716, maio 2017. Elsevier BV.

RAMOS-AGUILAR, Ana L. et al. Physicochemical properties of apple juice during sequential steps of the industrial processing and functional properties of pectin fractions from the generated pomace. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 86, p.465-472, dez. 2017. Elsevier BV.

REDD, James Beverly; HENDRIX, Donald Lee; HENDRIX, Charles Marion. **Quality Control Manual for Citrus Processing Plants**. Flórida: Intercit, 1986. 250 p.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F.C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 12, n. 11, p.401-413, nov. 2001. Elsevier BV.

SEIXAS, Fernanda L. et al. Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) by microwave-induced heating. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 38, p.186-192, jul. 2014. Elsevier BV.

SHARMA, Kavita et al. Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmentally friendly approaches. **Nutrition**, [s.l.], v. 34, p.29-46, fev. 2017. Elsevier BV.

SWAMY, Gabriela John; MUTHUKUMARAPPAN, Kasiviswanathan. Optimization of continuous and intermittent microwave extraction of pectin from banana peels. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 220, p.108-114, abr. 2017. Elsevier BV.

TORQUATO, Lilian D.m. et al. Potential of biohydrogen production from effluents of citrus processing industry using anaerobic bacteria from sewage sludge. **Waste Management**, [s.l.], v. 59, p.181-193, jan. 2017. Elsevier BV.

TORRALBO, D.f. et al. Extraction and partial characterization of *Solanum lycocarpum* pectin. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 27, n. 2, p.378-383, jun. 2012. Elsevier BV.

VASCO-CORREA, Juliana; ZAPATA, Arley D. Zapata. Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) at laboratory and bench

scale. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 80, p.280-285, jul. 2017. Elsevier BV.

VRIESMANN, Lúcia Cristina; TEÓFILO, Reinaldo Francisco; PETKOWICZ, Carmen Lúcia de Oliveira. Optimization of nitric acid-mediated extraction of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) using response surface methodology. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 84, n. 4, p.1230-1236, abr. 2011. Elsevier BV.

VRIESMANN, Lúcia Cristina; TEÓFILO, Reinaldo Francisco; PETKOWICZ, Carmen Lúcia de Oliveira. Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 49, n. 1, p.108-116, nov. 2012. Elsevier BV.

WANG, Wenjun et al. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 178, p.106-114, jul. 2015. Elsevier BV.

WIKIERA, Agnieszka; MIKA, Magdalena; GRABACKA, Maja. Multicatalytic enzyme preparations as effective alternative to acid in pectin extraction. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 44, p.156-161, fev. 2015. Elsevier BV.

YANG, Jin-shu; MU, Tai-hua; MA, Meng-mei. Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 244, p.197-205, abr. 2018. Elsevier BV

YAPO, Beda M.. Biochemical Characteristics and Gelling Capacity of Pectin from Yellow Passion Fruit Rind as Affected by Acid Extractant Nature. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [s.l.], v. 57, n. 4, p.1572-1578, 25 fev. 2009. American Chemical Society (ACS).

YEOH, S.; SHI, J.; LANGRISH, T.a.g.. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. **Desalination**, [s.l.], v. 218, n. 1-3, p.229-237, jan. 2008. Elsevier BV.

YULIARTI, Oni et al. Extraction and characterisation of pomace pectin from gold kiwifruit (*Actinidia chinensis*). **Food Chemistry**, [s.l.], v. 187, p.290-296, nov. 2015. Elsevier BV..

YULIARTI, Oni; OTHMAN, Rasyiatul Mardiyah Binte. Temperature dependence of acid and calcium-induced low-methoxyl pectin gel extracted from *Cyclea barbata* Miers. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 81, p.300-311, ago. 2018. Elsevier BV.

ZANELLA, Karine; TARANTO, Osvaldir Pereira. Influence of the drying operating conditions on the chemical characteristics of the citric acid extracted pectins from 'pera' sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) albedo and flavedo. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 166, p.111-118, dez. 2015. Elsevier BV.