

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

BIANCA AZEVEDO SOARES

**CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE POLPA DE PÊSSEGO  
CRIOCONCENTRADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2017

BIANCA AZEVEDO SOARES

**CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE POLPA DE PÊSSEGO  
CRIOCONCENTRADA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, do Departamento Acadêmico de Alimentos – DALIM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Bogdan Demczuk  
Junior

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos  
Engenharia de Alimentos



---

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DE POLPA DE PÊSSEGO CRIOCONCENTRADA

por

BIANCA AZEVEDO SOARES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado dia 05 de Dezembro de 2017 às 16h como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ângela Maria Gozzo

---

Prof<sup>a</sup>. Isabela Maria Reck

---

**Nota:** O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre em primeiro lugar. Obrigada, Senhor, pela chance de chegar até aqui e concretizar mais esta etapa da minha vida.

Desejo primeiramente agradecer à minha família. Minha mãe Minéia, meu pai Carlos, meu irmão João Pedro e meu namorado Fernando, pelo apoio dado desde o início a seguir meus anseios. Sem vocês não seria possível eu chegar aonde cheguei.

À minha segunda família, Tereza, João, Juliana Bianchini que me acolheram por praticamente toda a faculdade e além de sogros e cunhada foram uma das bases da minha caminhada.

Aos meus amigos Juliana Arantes, Natália Volpe, Isabella Santos, Lisa Naomi, Ricardo Macedo, Gabrielly Garcia, Beatriz Proença, Carla Roana e Gabriela Reinz que sempre tiveram ao meu lado em todas as dificuldades e alegrias dentro e fora da vida acadêmica.

À aluna do mestrado, Valquiria Maeda Rojas, por toda paciência e dedicação, sempre auxiliando de boa vontade no estudo da reologia.

À Empresa Junior Cyclus Consultoria que me acolheu durante dois anos, os quais foram de muito aprendizado tanto na vida acadêmica quanto no pessoal.

Ao professor e orientador Bogdan Demczuk Jr. pela presença e participação crucial no desenvolvimento do trabalho aqui apresentado. Também pela sua paciência com os empecilhos encontrados, sempre indicando os caminhos a seguir sem nenhuma pressão.

Aos membros da banca examinadora, Professora Ângela Maria Gozzo e Professora Isabela Maria Reck, pela atenção, correções e indispensáveis contribuições para este trabalho. Prof<sup>a</sup> Roberta, agradeço imensamente por ter cedido sua centrífuga para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço ao campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão e todos seus docentes, que muito ajudaram e ajudam os discentes atingirem seus objetivos e todos os que fizeram parte dessa conquista em alguma parte dela.

Obrigada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

## RESUMO

SOARES, Bianca Azevedo. **Caracterização reológica de polpa de pêssego crioconcentrada**. 2017. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

A polpa de fruta congelada é um produto não fermentado, não diluído que conserva as características da fruta in natura, no caso o pêssego, permitindo seu consumo na entressafra. O método da crioconcentração mantém a qualidade nutricional do produto, aumentando o teor de sólidos solúveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da crioconcentração nas propriedades reológicas polpa de pêssego. A polpa de pêssego foi crioconcentrada por centrifugação. As amostras foram caracterizadas em termos de volume e teor de sólidos ( $^{\circ}$ Brix) e submetidas a caracterização reológica em reômetro Brookfield modelo LVDV III, utilizando rotor (spindle) SC4-34. Os dados obtidos foram viscosidade aparente ( $\eta_{ap}$ ), tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ) e o modelo utilizado para representação dos dados experimentais foi o de Herschel-Bulkley. Foi observado que três etapas de crioconcentração elevaram o teor de sólidos solúveis de 7,47  $^{\circ}$ Brix para 24,31  $^{\circ}$ Brix, o que representa 3,25 vezes o valor inicial, mostrando a eficiência na concentração do produto. Analisando os dados obtidos pelo software Rheocalc, as curvas de escoamento demonstraram comportamento pseudoplástico para a polpa de pêssego crioconcentrada, com ajuste praticamente perfeito do modelo de Herschel-Bulkley. A viscosidade aparente aumentou durante as etapas de crioconcentração e diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento aplicada.

**Palavras-chave:** polpa de fruta; crioconcentração; reologia.

## ABSTRACT

SOARES, Bianca Azevedo. **Rheological characterization of cryoconcentrated peach pulp**. 2017. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

The frozen fruit pulp is a non-fermented, undiluted product that preserves the characteristics of the fruit in natura, in this case the peach, allowing its consumption in the off season. The cryoconcentration method maintains the nutritional quality of the product, increasing the soluble solids content. The objective of this work was to evaluate the influence of cryoconcentration on the rheological properties of peach pulp. The peach pulp was cryoconcentrated by centrifugation. The samples were characterized in terms of volume and solids content ( $^{\circ}$  Brix) and submitted to rheological characterization in Brookfield rheometer model LVDV III, using spindle SC4 - 34. The data obtained were apparent viscosity ( $\eta_{ap}$ ), shear stress ( $\tau$ ) and shear rate ( $\dot{\gamma}$ ) and the model used to represent the experimental data was Herschel-Bulkley. It was observed that three cryoconcentration steps raised the soluble solids content from  $7.47^{\circ}$  Brix to  $24.31^{\circ}$  Brix, which represents 3.25 times the initial value, showing the efficiency in product concentration. Analyzing the data obtained by the Rheocalc software, the flow curves showed pseudolrastic behavior for the crioconcentrated peach pulp, with practically perfect adjustment of the Herschel-Bulkley model. The apparent viscosity increased during the cryoconcentration steps and decreased with increasing shear rate applied.

**Keywords:** fruit pulp; cryoconcentration; rheology.

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 –	Curvas de fluxo para diferentes tipos de fluidos.....	17
FIGURA 2 –	Polpa de pêsego extraída da centrífuga (A), gelo retido na centrífuga na primeira crioconcentração (B), gelo retido na centrífuga na terceira crioconcentração (C).....	23
FIGURA 3 –	Relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento para polpa de pêsego criconcentrada.....	25
FIGURA 4 –	Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação de polpa de pêsego criconcentrada.....	25

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Valores médios obtidos na crioconcentração da Polpa de Pêssego.....	22
TABELA 2 – Fator de Concentração e Eficiência do Processo.....	23
TABELA 3 – Parâmetros reológicos para o modelo de Herschel-Bulkley.....	24

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
3.1 PÊSSEGO.....	13
3.2 POLPA DE FRUTA CONGELADA.....	14
3.3 CRIOCONCENTRAÇÃO.....	15
<b>4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>19</b>
4.1 MATÉRIA-PRIMA.....	19
4.2 MÉTODO DA CRIOCONCENTRAÇÃO .....	19
4.3 ANÁLISE REOLÓGICA .....	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>22</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>28</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Polpa de fruta é o produto não-fermentado, não-concentrado e não-diluído, com teor mínimo de sólidos totais, provenientes da parte comestível da fruta, obtido de frutas polposas, por processo tecnológico adequado. A polpa pode ser simples, quando originada de uma única espécie de fruta, ou mista, de duas ou mais espécies (MATTA *et al.*, 2005).

As frutas destinadas à fabricação de polpa devem ser sadias e maduras, sem apresentar qualquer tipo de sujeira na casca nem ter sofrido ataques de insetos ou parasitas. É recomendável uniformidade na maturação, cor atraente, sabor e aroma característicos. As polpas não devem conter resíduos de cascas ou de sementes (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

O congelamento de polpa de fruta é um método de conservação que preserva as características da fruta e permite seu consumo nos períodos de entressafra, como a possibilidade de utilização de frutas pouco conhecidas. Esse processo possibilita ao produtor uma alternativa para a utilização de frutas que não atendam ao padrão de comercialização do produto *in natura*, ou cujos preços não sejam compensadores (MATTA *et al.*, 2005).

Segundo a Instrução Normativa 01/2000, do MAPA, a polpa de fruta destinada à industrialização de bebidas e não destinada ao consumo direto poderá ser adicionada de aditivos químicos previstos para a bebida a que se destina. À polpa de acerola, por exemplo, é facultada a adição de corantes naturais para correção da cor. De forma geral, é estabelecido que na polpa de fruta poderão ser utilizados acidulantes como reguladores de acidez, conservadores químicos e corantes naturais nos mesmos limites estabelecidos para sucos de frutas, ressalvando os casos específicos (TOLENTINO *et al.*, 2009)

A indústria de polpas congeladas de frutas tem se expandido nos últimos anos, notadamente no Nordeste brasileiro. Na maioria são pequenos produtores, onde grande parte deles utilizam processos artesanais, sem a observar as técnicas adequadas de processamento (SILVA *et al.*, 2012).

A polpa congelada, por apresentar características de praticidade, vem ganhando grande popularidade, não só entre as donas de casa, mas também em

restaurantes, hotéis, lanchonetes, hospitais, onde é utilizada, principalmente, na elaboração de sucos (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

O processamento térmico é usado na indústria de alimentos para prolongar a vida de prateleira dos alimentos, principalmente na industrialização de produtos de frutas, visando diminuir a quantidade de água, facilitando o transporte e minimizando as reações deteriorativas. No entanto, este processo pode apresentar resultados indesejados, como a degradação de nutrientes e alterações na coloração dos alimentos (PATRAS *et al.*, 2010; VAN BOEKEL *et al.*, 2010; SUI *et al.*, 2016). Por isso, uma variedade de técnicas de concentração têm sido desenvolvidas para a remoção eficiente da água (GEA Process Engineering, 2012).

A crioconcentração é uma possível técnica de concentração que tem vantagem de manter a qualidade nutricional e os compostos voláteis do produto por não empregar baixa pressão nem altas temperaturas. Neste processo, a solução é congelada e durante o descongelamento a solução concentrada é separada da massa de gelo por gravitação forçada. O bloco de gelo formado torna-se uma carcaça pela qual a solução concentrada passa, ficando apenas uma pequena quantidade de soluto retida entre os seus cristais (AIDER *et al.*, 2009).

Durante o processamento, armazenamento, comercialização e consumo, alimentos fluidos em diferentes concentrações, estão sujeitos a diversas temperaturas. O conhecimento do comportamento reológico de sucos de frutas obtidos por processos inovadores ou mesmo tradicionais, concentrados ou não, é fundamental em engenharia de processos e equipamentos. O estudo da reologia também pode explicar as alterações que os alimentos sofrem durante as etapas da cadeia produtiva. Ainda, a definição de modelos adequados à descrição do escoamento é necessária ao projeto de tubulações e de bombas e aos sistemas de agitação e de mistura (VIDAL; GASPARETTO; GRADIN, 2005; HAMINIUK *et al.*, 2009; MCCLEMENTS, 2007).

E apesar de existirem vários trabalhos em literatura discutindo o efeito da concentração nas propriedades reológicas de diversos tipos de polpas de sucos de fruta, Chin *et al.* (2009) afirmam que a maioria deles investigou teores de sólidos relativamente baixos. Desta forma, a presente pesquisa objetivou avaliar a influência da crioconcentração da polpa de pêssigo nas suas propriedades reológicas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Avaliar a influência da crioconcentração no comportamento reológico da polpa de pêssego.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crioconcentrar as polpas de pêssego três vezes e analisar o teor de sólidos da polpa;
- Analisar os parâmetros do processo de crioconcentração das polpas de pêssego;
- Avaliar as propriedades reológicas da polpa de pêssego crioconcentrada em diferentes teores de sólidos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PÊSSEGO

O pêsego, *Prunus persica*, é originário da China, sendo uma das primeiras frutas introduzidas pelos portugueses no Brasil, cultivada comercialmente apenas no século 20, com a obtenção e introdução de variedades adaptadas. Atualmente, é produzido nos estados de São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, o maior produtor nacional. A indústria consome até 43% da produção e o mercado ao natural, outros 57% em média. É uma das frutas de clima temperado mais importantes no país. O pêsego comercializado é de muitas variedades, com alta qualidade e alguns com boa conservação pós-colheita. Sua fruta, do tipo drupa, tem um caroço, ou semente, variando sua forma, tamanho e cor, além do tipo, ou seja, para indústria ou consumo ao natural. A época de produção das variedades nacionais vai de setembro a fevereiro. A polpa é tenra em algumas variedades, com sabor e aroma típicos, sendo mais firme nas variedades importadas. O Brasil ainda importa pêsego para suprir a falta da fruta durante o período sem produção nacional (TODA FRUTA, 2016).

A produção destina-se tanto para a indústria como para o consumo *in natura*, sendo o sul do Rio Grande do Sul um produtor de frutos para a industrialização (PROTAS e MADAIL, 2003).

O pêsego é um fruto climatérico, de alta perecibilidade, com curto período de conservação. Por esses motivos, a produção de pêsegos necessita ser escoada rapidamente (BARRETO *et al.*, 2016).

Os pêsegos quando armazenados em ambiente refrigerado, possuem vida útil de aproximadamente vinte dias de armazenamento. Após esse período, ocorrem elevadas perdas de massa e firmeza, e aumenta a suscetibilidade a podridões (SEIBERT *et al.*, 2010). Além dessas perdas, ocorrem também a redução dos teores de fitoquímicos na polpa dos frutos. As variações nos teores de compostos do metabolismo especializado são importantes de serem avaliados, principalmente em pêsegos de polpa amarela que possuem elevado potencial antioxidante (Santos *et al.*, 2013).

A disponibilização de matérias-primas sazonais, a exemplo do pêsego, para utilização industrial, tem sido tradicionalmente realizada através da manutenção sob

congelamento da fruta inteira ou pré-processada, como polpas submetidas a tratamento térmico ou químico, ou envasadas (ARAÚJO *et al.*, 2008).

### 3.2 POLPA DE FRUTA CONGELADA

Segundo a ANVISA, resolução nº 12 de 1978, polpa de fruta é o produto obtido por esmagamento das partes comestíveis de frutas carnosas por processos tecnológicos adequados.

O processamento de polpas e sucos de fruta é uma atividade agroindustrial importante na medida em que agrega valor econômico à fruta, evitando desperdícios e minimizando perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*, além de possibilitar ao produtor uma alternativa na utilização das frutas (MORAES, 2006).

A polpa de fruta tem grande importância como matéria-prima, podendo ser produzida nas épocas de safra, armazenadas e processadas nos períodos mais propícios ou segundo a demanda do mercado consumidor, como doces em massa, geleias, gelados comestíveis ou néctares (PARIZ, 2011).

Esse produto não exige uma seleção e classificação das frutas tão rigorosa quanto a necessária para produzir fruta ou doce de fruta em calda, principalmente com relação a aspecto e uniformidade, uma vez que a matéria-prima será triturada ou desintegrada e despulpada. Depois de pasteurizada, a polpa pode ser preservada por tratamento térmico adicional, enlatamento asséptico, congelamento ou aditivos químicos (MORAES, 2006).

De acordo com Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, as características físicas, químicas e sensoriais deverão ser as provenientes do fruto de sua origem, observando-se os limites mínimos e máximos fixados para cada polpa de fruta, previstos nas normas específicas.

As polpas de frutas apresentam como características gerais: elevada atividade de água, potencial de óxido-redução positivo e baixo pH. Destes fatores, a elevada acidez restringe a microbiota deterioradora, que se limita principalmente a bolores e leveduras, sendo principalmente estes os mais importantes agentes de deterioração de polpas e sucos de frutas (PARIZ, 2011).

### 3.3 CRIOCONCENTRAÇÃO

O processo de crioconcentração, que é um caso particular do processo de cristalização, onde se cristaliza a água de uma mistura que a contém e os cristais de gelo formados são separados da fase líquida concentrada. Este processo, aplicado a sistemas aquosos como sucos de frutas, que figuram entre os principais alimentos concentrados, desperta interesse na indústria de alimentos, por excluir plenamente perdas de aroma por evaporação e não modificar negativamente a cor e o valor nutricional do alimento, resultando em um produto de melhor qualidade (SILVA, 2003). Quando comparada com tecnologias de evaporação, a alternativa da crioconcentração também apresenta vantagem da eficiência operacional e economia (AHMED, 2004).

Os produtos obtidos nesse processamento são de alta qualidade, porque não sofrem influência do calor (SPOTO, 2006) e não é necessário utilizar baixas pressões (AIDER; HALLEUX, 2009). A retirada parcial de água é um processo empregado para aumentar a estabilidade do alimento ao reduzir sua atividade de água e o volume e massa do alimento. Como resultado, há economia de energia e custos em demais operações como armazenamento, transporte e distribuição (MCLELLAN; PADILLA-ZAKOUR, 2004; FELLOWS, 2006). O emprego de calor, embora apresente maior eficiência de retirada de água, leva a uma perda de compostos mais voláteis, alterando as características sensoriais do produto (FELLOWS, 2006).

Porém, para alimentos mais concentrados, a remoção dos cristais de gelo torna-se mais difícil, a menos que seja possível a lavagem dos mesmos para evitar perdas de produto. É importante considerar a temperatura em que a água do produto congela, e assim, a concentração deverá ser feita em temperatura superior a esta (DEGÁSPARI *et al.*, 2002).

Esta técnica é possível pois durante o congelamento, a água transforma-se em gelo puro, aumentando a concentração dos solutos na fase líquida devido a quantidade decrescente de água disponível como solvente (HORVÁTHKERKAI, 2006; REID; FENNEMA, 2010). Devido a essa característica, os alimentos não congelam a uma temperatura fixa e sim em uma faixa de temperatura. A maioria dos alimentos começa a congelar a temperatura de -1 °C a -3 °C, sendo que a maior mudança de

fase ocorre na faixa de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . É considerado o congelamento completo dos alimentos somente em temperaturas abaixo de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (SINGH; SARKAR, 2005).

Aider e Halleux (2008) utilizaram a técnica de crioconcentração para concentrar os sucos de cereja e de damasco. Foi observado no estudo destes autores que a técnica pode ser utilizada repetidamente para aumentar gradativamente o teor de sólidos totais do suco e que as temperaturas de congelamento ( $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) não influenciaram na eficiência do processo. O uso da crioconcentração em produtos alimentícios, tem sido objeto de diversos estudos, tal como Canella (2016) que crioconcentrou soro de leite e empregou na elaboração de uma bebida láctea fermentada simbiótica. Jabade e Rane (2005), usaram em soluções de cana-de-açúcar, Hernandez et al. (2009) em sucos de maçã e pêra e Adorno (2016), em suco de morango.

### 3.7 COMPORTAMENTO REOLÓGICO

O termo reologia foi criado como derivação do termo grego “rheos” (fluir) e “logos” (estudo). Reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais, ou seja, o modo como os materiais respondem à aplicação de uma tensão ou deformação (STEFFE, 1996). E tem por finalidade prever a força necessária para causar uma deformação ou escoamento em um corpo ou, reciprocamente, prever a deformação ou o escoamento resultante da aplicação de um dado sistema de forças em um corpo. Essas forças podem ser de compressão, tração ou cisalhamento (TATTERSALL; BANFILL, 1983).

A reologia abrange diferentes propriedades associadas à deformação da matéria (VRIESMANN, 2008). A viscosidade é a principal propriedade física de um líquido de resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento). Ela é dependente da natureza físico-química da substância, da temperatura, da pressão, da taxa de cisalhamento e do tempo e para definir a viscosidade em função de um desses fatores os outros devem ser mantidos constantes e bem definidos (TATTERSALL; BANFILL, 1983).

O comportamento de um alimento durante o seu processo pode variar significativamente, pois a consistência e a composição do material pode ser alterada devido a etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração,

fermentação, cristalização, contribuindo, portanto, na modificação da viscosidade (BHATTACHARYA, 1997).

O comportamento dos fluidos está dividido em newtonianos e não newtonianos. Os newtonianos são caracterizados por uma relação linear entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento aplicada, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido (STEFFE, 1996). O fluido newtoniano é o fluido cuja viscosidade é invariável quando a temperatura é constante (HAMINIUK et al., 2009).

Já fluidos não-newtonianos têm uma viscosidade que pode variar com a mudança da taxa de cisalhamento ou a tensão de cisalhamento para as diversas formas de fluidos (TATTERSALL; BANFILL, 1983).

A correlação entre tensão e taxa de cisalhamento define o comportamento de fluxo de um fluido (Figura 1).

**Figura 1** - Curvas de fluxo para diferentes tipos de fluidos. Onde:  $\tau$  = Tensão de cisalhamento (Pa) e  $\gamma$  = Taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ ).



Fonte: SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000.

No comportamento pseudoplástico, está incluída a grande maioria dos fluidos estudados. Para estes fluidos, a viscosidade aparente depende da taxa de cisalhamento, mas não da duração do cisalhamento. É caracterizado pela diminuição da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento, ou seja, a tangente em cada ponto da curva de escoamento (viscosidade aparente) diminui com o aumento a taxa de cisalhamento (RAO, 1977). Segundo Holdsworth (1971), a explicação para este fenômeno é que o aumento da taxa de cisalhamento modifica a

estrutura das moléculas de cadeias longas, alinhando-as paralelamente às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento, pois, para as altas taxas de cisalhamento, o fluido apresenta um comportamento próximo ao Newtoniano. Essa classe é representada por produtos como polpas e sucos concentrados de frutas, caldos de fermentação, melão de cana e soluções de pectina (CHARM, 1963; HOLDSWORTH, 1971; VITALI; ROIG; RAO, 1974). Os estudos da reologia em polpa de frutas, têm sido publicados por diversos autores, como Haminiuk *et al.* (2009) que avaliaram o comportamento de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas, Sousa *et al.* (2014) que analisaram o comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações e Vendrúsculo (2005) estudou a reologia e a estabilidade física de polpa de carambola.

## 4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

### 4.1 MATÉRIA-PRIMA

A polpa comercial de pêssego foi cedida pela Cooperativa Agroindustrial de Produtores de Corumbataí do Sul - PR (COAPROCOR). As amostras foram identificadas e armazenadas congeladas até o momento da utilização.

### 4.2 MÉTODO DA CRIOCONCENTRAÇÃO

O processo de crioconcentração foi realizado em triplicata, de acordo com o trabalho de Wiecheteck et al., (2005). Inicialmente utilizou-se um volume médio de 2600 mL de polpa de pêssego descongelada, do qual foi determinado o teor de sólidos solúveis com o auxílio de um refratômetro de bancada RL3 (Polskie Zakłady Optyczne).

Em seguida, a polpa foi dividida em formas retangulares (10,5 cm por 24,2 cm) de alumínio (250 mL cada), para facilitar o congelamento através da exposição da superfície de contato. As formas, cobertas individualmente por filme de PVC, foram mantidas por aproximadamente 24 h em congelador à -20 °C. Após esse período, a polpa congelada foi quebrada manualmente até obterem-se placas menores e acondicionada em um saco de poliéster. O saco foi colocado no interior de uma centrífuga (Wanke Inova II) e submetido à uma centrifugação (1800 rpm) até cessar a saída de polpa (aproximadamente 4 minutos).

No saco ficou retida a água congelada, que foi acondicionada em um béquer para o descongelamento a fim de determinar seu volume e a concentração. O líquido concentrado foi recuperado e submetido à determinação do seu teor de sólidos solúveis (°Brix) e volume (mL) com o auxílio de uma proveta graduada.

A polpa concentrada foi novamente disposta em formas de alumínio e congelada, repetindo as etapas anteriores. Foram realizados três testes e para cada um deles o processo de crioconcentração foi repetido também por três vezes. Em cada etapa de crioconcentração, foi retirada uma amostra de 15 mL, para as análises reológicas.

#### 4.2.1 Avaliação do processo de crioconcentração

A cada estágio de crioconcentração, foi calculado o fator de concentração, de acordo com a equação proposta por Aider e Ounis (2012). O fator de concentração (FC, em %) leva em conta o aumento da concentração em relação ao teor de sólidos inicial, conforme a Equação 1, onde  $SS_n$  é o teor de sólidos solúveis (°Brix) do concentrado em cada etapa, e  $SS_0$  é o teor de sólidos solúveis (°Brix) inicial.

$$FC = \frac{SS_n}{SS_0} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

A eficiência do processo (EP, em %) de crioconcentração foi determinada com base no aumento dos sólidos totais (ST) no concentrado ( $SC_n$ ) (°Brix) em relação aos sólidos totais (ST) remanescentes no gelo ( $G_n$ ) (°Brix) de cada estágio de crioconcentração, como descrito na Equação 2 (BOAVENTURA, 2015)

$$EP (\%) = \frac{ST_{SC_n} - ST_{G_n}}{ST_{SC_n}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

#### 4.3 ANÁLISE REOLÓGICA

A determinação do comportamento reológico das polpas de pêsego seguiu a metodologia proposta por Karwowski *et al.* (2013), com algumas modificações. Amostras de 15 mL de polpa de pêsego sem crioconcentrar e das obtidas por crioconcentração tiveram suas características reológicas avaliadas na temperatura de 25 °C. As medidas foram realizadas em reômetro Brookfield modelo LVDV III (Brookfield Engineering Laboratories, Massachussets, EUA) utilizando rotor (spindle) SC4-34. Um banho termostático Tecnal T-184 (Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) foi utilizado para manter a temperatura das amostras na faixa de estudo. Os dados de viscosidade aparente ( $\eta_{ap}$ ), tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ), foram obtidos utilizando o software Rheocalc (versão V3.1-1, Brookfield Engineering Laboratories, EUA). Para cada corrida experimental, as curvas ascendente e descendente foram obtidas através de 25 pontos de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação, dos quais foi calculado o valor médio da tensão de cisalhamento

para cada taxa de deformação. Duas corridas experimentais foram feitas para cada amostra e a tensão de cisalhamento resultante foi a média de dois valores experimentais. Para o ajuste dos dados obtidos pelo software Rheocalc, foi utilizado o modelo de Herschel-Bulkley (Equação 3) (MATHIAS *et al.*, 2013).

$$\tau = \tau_0 + K_b \cdot (\dot{\gamma})^{n_h} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$\tau$  = Tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$  = Taxa de deformação ( $s^{-1}$ );

$\tau_0$  = Tensão de cisalhamento inicial (Pa);

$K_b$  = Índice de consistência ( $Pa \cdot s^n$ ), para Herschel-Bulkley;

$n_h$  = Índice de comportamento do fluido (adimensional).

O melhor ajuste aos dados experimentais foi considerado levando em conta o parâmetro  $R^2$  (proporção da variação total da média explicada pela regressão). Quanto menor o valor de  $R^2$  maior a distância dos pontos experimentais ao modelo ajustado. Portanto, se o modelo se ajusta bem aos dados, ele possui altos valores de  $R^2$  (próximo de 1) (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 CRIOCONCENTRAÇÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de volume (mL) e teor de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de pêssego ao longo dos três processos de crioconcentração.

**Tabela 1** – Valores médios obtidos na crioconcentração da Polpa de Pêssego

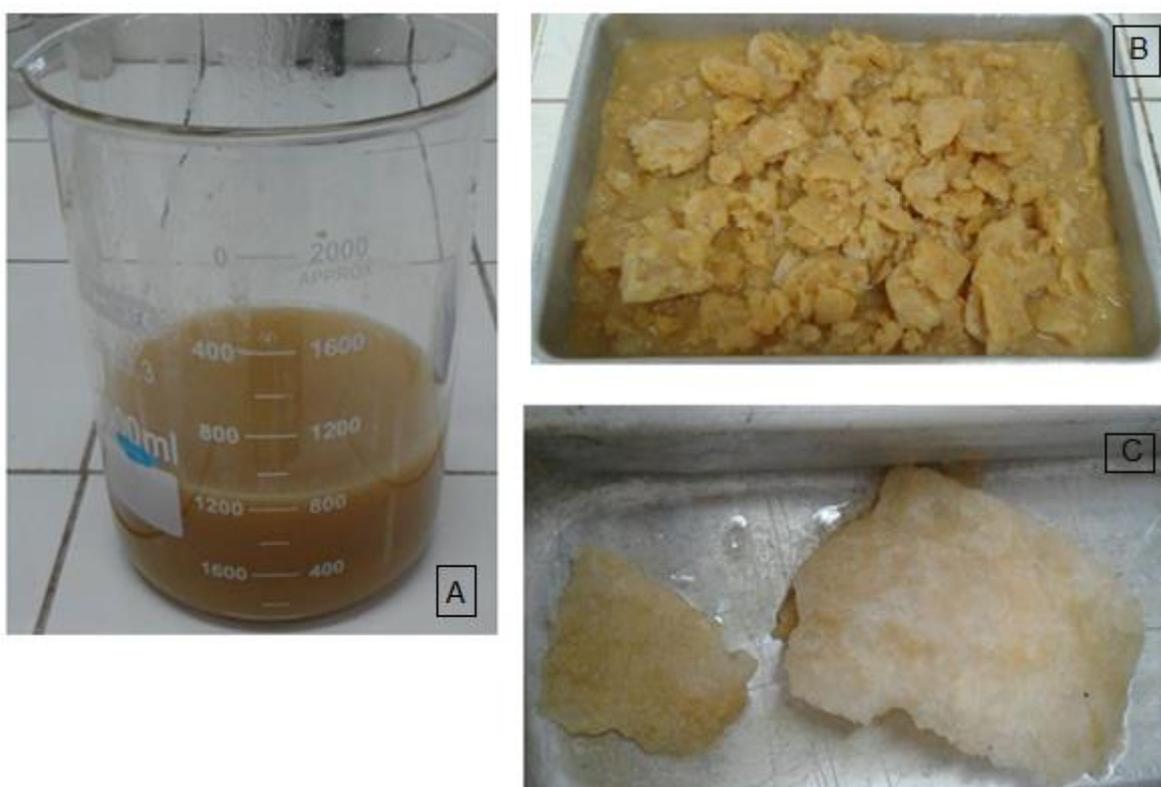
Etapas	Volume de polpa (mL)	Teor de Sólidos Solúveis (°Brix)	Volume do gelo (mL)	Teor de Sólidos Solúveis do Gelo (°Brix)
Inicial	2656,00 ± 438,35	7,47 ± 0,10	-	-
1	1201,67 ± 402,81	11,03 ± 1,29	1060,00 ± 425,79	3,64 ± 1,10
2	581,33 ± 431,93	16,43 ± 3,86	431,67 ± 219,22	2,58 ± 0,35
3	303,33 ± 352,75	24,31 ± 0,59	152,33 ± 114,43	2,29 ± 0,65

A polpa de pêssego apresentou um teor de sólidos inicial 7,47 °Brix. Após a primeira etapa de crioconcentração, o teor de sólidos foi aumentando consideravelmente até a etapa final, quando atingiu 24,31 °Brix. Já o volume do gelo diminuiu à cada estágio da concentração e o teor de sólidos solúveis no gelo diminuiu.

Adorno (2016), aplicou crioconcentração no suco de morango e observou um aumento de 330% de teor de sólidos solúveis após quatro etapas de crioconcentração. Wiecheteck *et al.* (2005) estudaram a crioconcentração do suco de maçã e observaram que o teor de sólidos solúveis aumentou de 13,50 °Brix para 22,50 °Brix após 2 etapas de crioconcentração, porém o aumento não foi expressivo após o terceiro ciclo. Canella (2016), aplicou crioconcentração no soro do leite sendo o maior resultado encontrado no primeiro estágio de crioconcentração seguida de uma redução gradual para o segundo e terceiro estágio. Watanabe (2013) crioconcentrou suco de yacon e avaliou um aumento de 7,00 °Brix para 18,00 °Brix no teor de sólidos totais após o terceiro ciclo, não apresentando aumento significativo no quarto ciclo. Piccoli (2015), analisou o método da crioconcentração em suco de uva verde e tinto, avaliando um aumento de 18,5°Brix para 45°Brix e 16,5°Brix para 44,5°Brix, respectivamente.

A partir da Figura 2, pode-se observar a polpa de pêssgo extraída da etapa de centrifugação e o gelo retido após a centrifugação. Assim como foi descrito por Aider e Halleux (2008), uma carcaça de gelo ficou retida no saco no interior da centrífuga durante o processo de crioconcentração, enquanto que o suco concentrado escoou através da carcaça.

**Figura 2** - Polpa de pêssgo extraída da centrífuga (A), gelo retido na centrífuga na primeira crioconcentração (B), gelo retido na centrífuga na terceira crioconcentração (C).



**Tabela 2** - Fator de Concentração e Eficiência do Processo

	Fator de Concentração	Eficiência
1ª Etapa	147.77%	2.03%
2ª Etapa	220.07%	5.37%
3ª Etapa	325.28%	9.62%

O fator de concentração aumentou em todos os estágios da crioconcentração em comparação com o extrato inicial, aumentando de 147,77% para 325,58%. O

mesmo ocorreu no trabalho de Adorno (2016), que aplicou a crioconcentração no suco de morango e obteve um aumento do fator de crioconcentração em todas as etapas comparado com ao suco inicial. Boaventura (2015), verificou um aumento de 122,83% da primeira para 813,76% até a quinta etapa de crioconcentração de extrato de erva-mate. Já Canella (2016), verificou um aumento de 2,00% da primeira etapa até 4,00% no terceiro estágio da crioconcentração de soro de leite.

A eficiência do processo teve um comportamento crescente, de 2,03% à 9,62%. O aumento da eficiência do processo foi diretamente dependente do teor de sólidos na fração de gelo, que diminuir de 3,64 °Brix para 2,29 °Brix. Comportamento inverso foi observado por Canella (2016), que levando em conta o teor de sólidos totais ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) retidos em soro de leite, obteve valores de eficiência de 93,36% até 55,36% na terceira etapa. E Boaventura (2015), tomando como base o teor de compostos fenólicos retidos em cada fração, calculou os valores de eficiência que variaram de 89,37% a 73,93% na quinta etapa de concentração.

## 5.2 ANÁLISE REOLÓGICA

Com os dados de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento obtidos experimentalmente, foram realizados os ajustes ao modelo reológico de Herschel-Bulkley. Foram obtidos os parâmetros matemáticos com a finalidade de descrever o comportamento reológico da polpa de pêssgo crioconcentrada (Tabela 2). A polpa crioconcentrada apresentou comportamento não newtoniano pseudoplástico ( $n < 1$ ) em todas as etapas do processo. Através da tabela 2 também pode ser verificado o bom ajuste do modelo de Herschel-Bulkley aos dados experimentais, com os valores de coeficiente de determinação acima de 0,998.

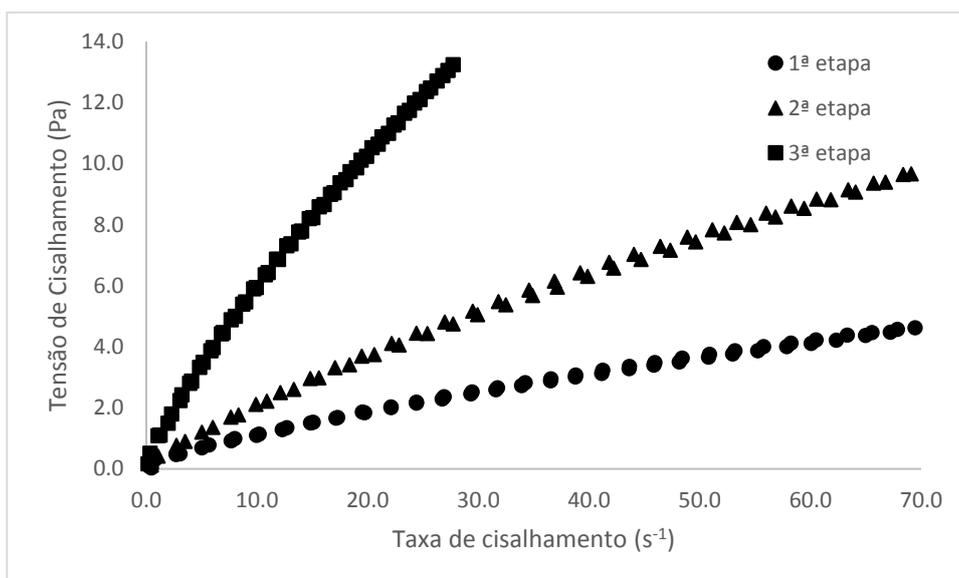
**Tabela 3** – Parâmetros reológicos para o modelo de Herschel-Bulkley

Parâmetros				
Etapas	$\tau_0$ (Pa)	$K_b$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$n_h$	R <sup>2</sup>
1	0,01	0,213	0,730	0,999
2	0,11	0,2102	0,66	0,998
3	0,02	0,1561	0,72	0,999

Na Figura 3 pode ser verificada a relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para a polpa de pêssgo crioconcentrada em três etapas. Pode-se verificar o comportamento pseudoplástico das amostras e o aumento da viscosidade

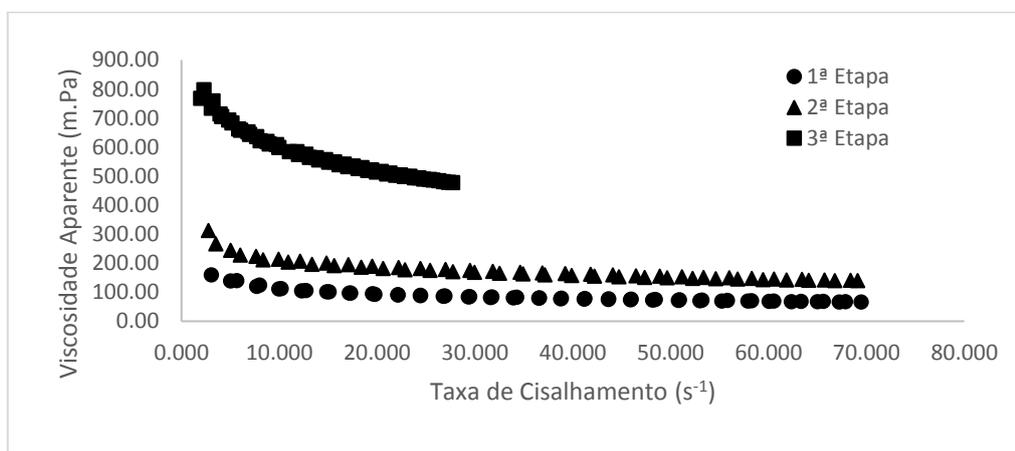
entre as etapas do processo. Também é possível observar que as amostras apresentaram um comportamento independente do tempo (nas taxas de deformação estudadas), não possuindo histerese entre as curvas de escoamento.

**Figura 3** – Relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento para polpa de pêsego criconcentrada.



A viscosidade aparente decresceu com o aumento da taxa de deformação em todas as etapas estudadas (Figura 4). Tal comportamento é característico de fluidos pseudoplásticos. Quanto menor a viscosidade de um fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, diminuindo custos de potência com bombeamento e custos energéticos em geral (BEZERRA *et al.*, 2009).

**Figura 4** – Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação de polpa de pêsego criconcentrada.



Sousa *et al.* (2014), estudou o comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações aonde ajustou para os modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, com melhores resultados de ajuste para o modelo de Mizrahi-Berk. A polpa concentrada apresentou comportamento pseudoplástico e os valores de viscosidade aparente apresentaram tendência de aumento com o aumento dos sólidos solúveis totais.

Já o estudo de Vendruscolo (2005), analisou o comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola a qual apresentou comportamento newtoniano.

Pelegrine *et al.* (2000) estudaram a viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola) e verificaram que todas as polpas apresentaram comportamento pseudoplástico, sendo a pseudoplasticidade maior para as polpas integrais.

## 6. CONCLUSÃO

O processo de crioconcentração apresentou influência no comportamento reológico da polpa de pêssego.

Através das três etapas de crioconcentração, considerando os volumes iniciais e finais de polpa de pêssego, não foi possível atingir um teor de sólidos constante. Entretanto, os parâmetros do processo mostraram que ocorreu um aumento no fator de concentração, até 325,58% até a última etapa. O teor de sólidos das amostras aumentou de 7,47 °Brix para 24,31 °Brix e a eficiência do processo aumentou progressivamente durante as etapas.

Na caracterização reológica a polpa de pêssego crioconcentrada apresentou comportamento pseudoplástico, a partir do ajuste ao modelo de Herschel-Bulkley. Foi verificado que a viscosidade aparente aumentou durante as etapas de crioconcentração e diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento aplicada.

## 7. REFERÊNCIAS

ADORNO, W. T. Obtenção de suco de morango com alto teor de antioxidantes por crioconcentração. **Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos)**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

AHMED, J. Rheological behaviour and colour changes of ginger paste during storage. **Interntional Journal of Food Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 325- 330, 2004.

AIDER, M. HALLEUX, D. Production of concentrated cherry and apricot juices by cryoconcentration technology. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p. 1768-1775, 2008.

AIDER, M.; HALLEUX, D.; MELNIKOVA, I. Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p.334-341, 2009.

AIDER, M.; HALLEUX, D; AKBACHE, A. Whey cryoconcentration and impact on its composition. **Journal of Food Engineering**, v. 1, n. 82, p. 92-102, 2009.

AIDER, M.; OUNIS, W.B. Skim milk cryoconcentration as affected by the thawing mode: gravitational vs. microwave-assisted. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 195–202, 2012.

**Anvisa. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Disponível em:<  
[http://www.anvisa.gov.br/anvisa legis/resol/12\\_78\\_polpa.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa legis/resol/12_78_polpa.htm)>. Acesso em: 11 nov. 2017.

ARAÚJO, P. F.; RODRIGUES, R. S.; DUARTE, A. P. Qualidade da Polpa de Pêssegos Preservada por Métodos Combinados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 01, n. 02: p. 8 – 16. Campus Ponta Grossa, 2009.

BARRETO, C. F.; SILVA, P. S.; KIRINUS, M. B. M.; SCHIAVON, C. R.; MALGARIM, M. B. M.; FACHINELLO, J. C. Armazenamento refrigerado de pêssegos 'maciel' de plantas conduzidas em diferentes porta-enxertos. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**. v. 17, n. 2, p. 254-261, 2016

BEZERRA, J. R. M. V; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V.; DEMCZUK JR., B. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). **Ambiência**, v. 5, n. 1, p. 37-47, 2009.

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

CANELLA, M. H. M. Potencial da crioconcentração do soro de leite e seu emprego na elaboração de uma bebida láctea fermentada simbiótica. **Dissertação (Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos)**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

CHARM, S. E. The direct determination of shear stress-shear rate behavior of foods in the presence of yield stress. **Journal of Food Science**, Massachusetts, v. 28, n. 1, p. 107-117, 1963.

CHIN, N. L.; CHAN, S. M.; YUSOF, Y. A.; CHUAH, T. G.; TALIB, R. A. Modelling of rheological behavior of pummelo juice concentrates using master-curve. **Journal of Food Engineering**. n. 93, p. 134-140, 2009.

DEGÁSPARI, C. H.; LEITE, B. Z.; D'ANDREA, B. I.; GUERRA, A. S. Obtenção de extrato de carqueja (*Baccharis articulata* (Lam.) Pers.) por diferentes processos de concentração. **Tuiuti: Ciência e cultura**, n.29, FACET 04, p. 119- 130, abr. 2002.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

**GEA Process Engineering**. Freeze Concentration of Citrus and other Fruit Juices. (GEA Messo PT). Holanda, 2012. Disponível em:

<[http://www.gea.com/en/binaries/TSF02-042013-H-citrus\\_tcm11-21899.pdf](http://www.gea.com/en/binaries/TSF02-042013-H-citrus_tcm11-21899.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2017.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; IZIDORO, D. R.; MACIEL, G. M.; SCHEER, A. P.; MASSON, M. L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 225-231, 2009.

HERNANDEZ, E.; RAVENTOS, M.; AULEDA, J. M.; IBARZ, A. Concentration of apple and pear juices in a multi-plate freeze concentrator. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.10, p. 348–355, 2009.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971.

HORVÁTH-KERKAI, E. Manufacturing fruit beverages. In: HUI, Y. H; BARTA, J; CANO, M. P; GUSEK, T; SIDHU, J. S; SINHA, N. **Handbook of Fruits and Fruit Processing**. Ames: Blackwell Publishing, 2006.

**Instrução Normativa n. 01 de 07 de janeiro de 2000.** Aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta.

JABADE, S. K.; RANE, M. V. Freeze concentration of sugarcane juice in a jaggery making process. **Applied Thermal Engineering**, v. 25, p. 2122-2137, 2005.

KARWOWSKI, M. S. M.; MASSON, M. L.; LENZI, M. L.; SCHEER, A. P.; HAMINIUK, C. W. I.; Characterization of tropical fruit: rheology, stability and phenolic compounds. **Acta Alimentaria**, v. 42, n. 4, p. 586–598, 2013.

MATTA, V. M.; JUNIOR, M. F.; CABRAL, L. M. C.; FURTADO, A. A. L. Polpa de Fruta Congelada. **Embrapa - Informação Tecnológica Brasília, DF.** 2005.

MATHIAS, T. R. S.; ANDRADE, K. C. S.; ROSA, C. L. S.; SILVA, B. A. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, 2013.

MCCLEMENTS, J. Impact of electrostatic interactions on formation and stability of emulsions containing oil droplets coated by  $\beta$ -lactoglobulin-pectin complexes. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 475-485, 2007.

MCLELLAN, M. R.; PADILLA-ZAKOUR, O. I. Juice processing. In **Processing Fruits: Science and Technology**, 2nd edition, Chapter 4. BARRETT, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (Eds.). CRC Press. Boca Raton, FL. p.73-97, 2004.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** CALADO, V. (Trad.), 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 461p., 2003.

MORAES, I. V. M. Produção de Polpa de Fruta Congelada e Suco de Frutas. **Dossiê Técnico.** Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro – REDETEC. 2006.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; GORMELY, T. R.; BUTLER, F. Impact of high pressure processing on antioxidant activity, ascorbic acid, anthocyanins and instrumental colour of blackberry and strawberry puree. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 3, p. 308-313, 2009.

PARIZ, K. L. Avaliação da qualidade microbiológica de polpas de frutas. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Bento Gonçalves. 2011.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, 2000.

PICCOLI, K. R. Influência da crioconcentração nas propriedades reológicas de sucos de uva. **Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Campo Mourão, 2015.

PROTAS, J. F. S.; MADAIL, J. C. M. Características econômicas e sociais da produção de pêssego no Rio Grande do Sul. Pelotas: **Embrapa - CFACT**; 2003.

RAO, M. A. Rheology of liquid foods – a review. **Journal of Texture Studies**, New York, v.8, n.2, p.135-168, 1977.

REID, D. S.; FENNEMA, O. R. Água e gelo. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

SANTOS, C. M.; ABREU, C. M. P.; FREIRE, J. M.; CORREA, A. D. Atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 339-344, 2013.

SEIBERT, E.; LEÃO, M. L.; RIETH, S.; BENDER, R. J. Efeitos do condicionamento na qualidade de pêssegos Maciel. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 477-483, 2010.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley-Interscience. 348p., 2000.

SILVA, J. M. F. Aperfeiçoamento tecnológico do processo de crioconcentração: modelagem e simulação. Campinas, 187p. **Tese (Doutorado)**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, 2003.

SILVA, A. V. C.; SILVA, A. C. M. S. **Qualidade da Polpa Congelada de Mangaba Comercializada em Aracaju**. Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. Disponível em:< [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2012/bp70.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/bp70.pdf)>. Acesso em 13 nov. 2017. SINGH, R. P.; SARKAR, A. 2005. Thermal properties of frozen food. In: **Engineering Properties of Foods**, Edited by RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H.; DATTA, A. K. Chapter 5, pp. 175-207.

SOUSA, E. P.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LEMOS, D. M. Comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 17, n. 3, p. 226-235, jul./set. 2014.

SPOTO, M. H. F. Conservação de frutas e hortaliças pelo calor, in: OETTERER, M.; REGITANO-D ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo: Manole, 2006.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Freeman Press, 412p., 1996.

SUI, X.; BARY, S.; ZHOU, W. Changes in the color, chemical stability and antioxidant capacity of thermally treated anthocyanin aqueous solution over storage. **Food Chemistry**, v. 192, p. 516–524. 2016.

TATTERSALL, G. H.; BANFILL, P. F. G. **The rheology of fresh concrete**. London: Pitman, 347p. 1983.

TODA FRUTA. **Pêssego**. Disponível em: < <http://www.todafruta.com.br/pessego/>>. Acesso em 13 nov. 2017.

TOLENTINO, V. R., GOMES, A. Processamento de Vegetais – Frutas/Polpa Congelada. **Manual Técnico**, 12. Niterói - RJ, 2009.

VAN BOEKEL, M.; FOGLIANO, V.; PELLEGRINI, N.; STANTON, C.; SCHOLZ, G.; LALLJIE, S.; SOMOZA, V.; KNORR, D.; JASTI, P. R.; EISENBRAND, G. A review on the beneficial aspects of food processing. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 54, n. 9, p. 1215–1247. 2010.

VENDRÚSCOLO, A. T. Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola L.*). **Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos)**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.1, n.2, p.69-76, 2005.

VRIESMANN, L. C. Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu). 118f. *Dissertação (Mestrado em Bioquímica)* - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

WIECHETECK, F. V. B.; NOGUEIRA, A.; DRILLEAU, J.F.; WOSIACKI, G. Efeito da crioconcentração sobre o teor de compostos fenólicos em mostos industriais de maçã. **UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 27-34, 2005.

WATANABE, F. M. F. Estudo da viabilidade de *bifidobacterium animalis ssp. lactis* em suco de yacon. **Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.