

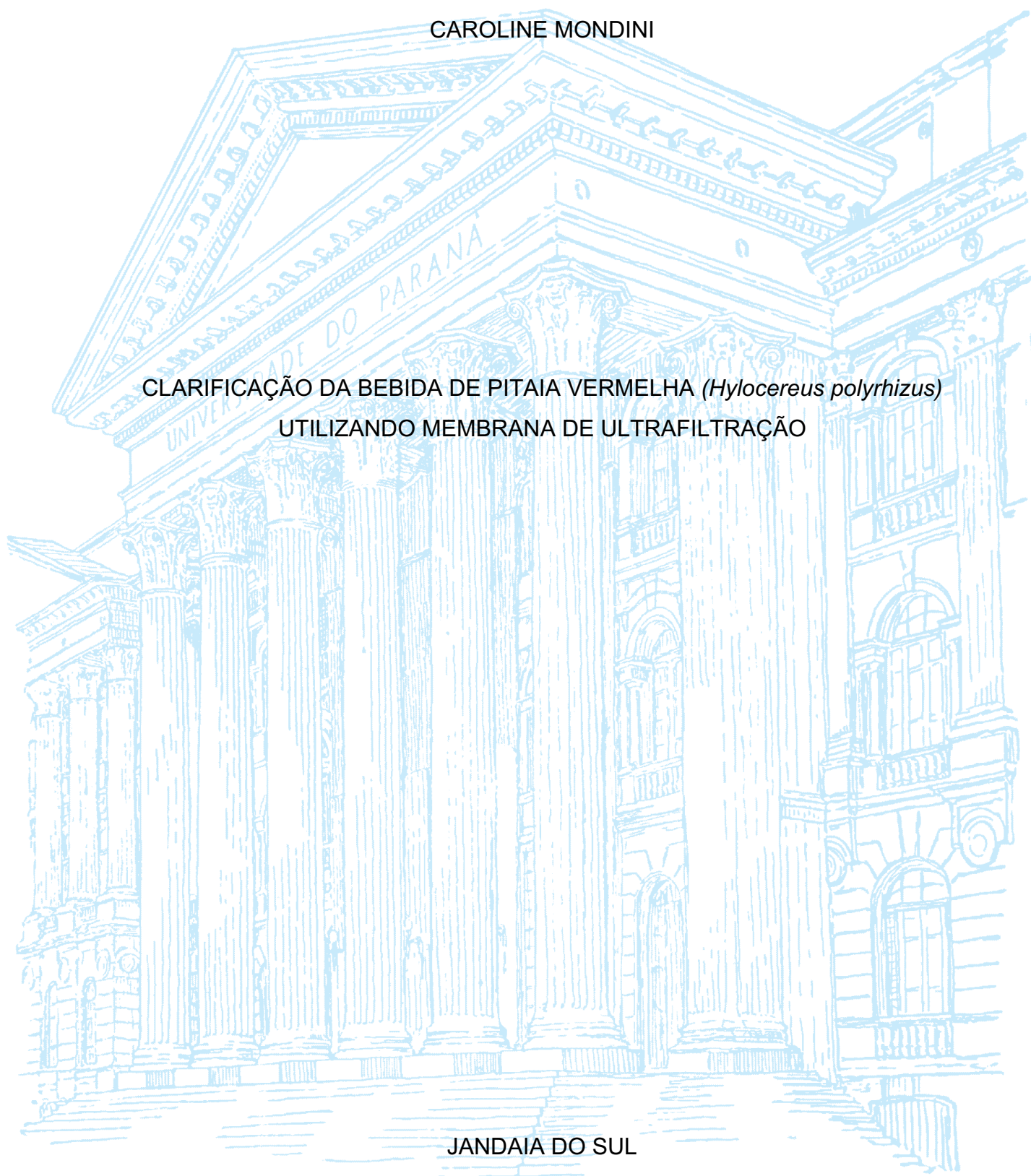
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINE MONDINI

CLARIFICAÇÃO DA BEBIDA DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus polyrhizus*)
UTILIZANDO MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO

JANDAIA DO SUL

2021



CAROLINE MONDINI

CLARIFICAÇÃO DA BEBIDA DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus polyrhizus*)
UTILIZANDO MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos, Campus Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Luana Carolina Bosmuler Züge

JANDAIA DO SUL

2021

Mondini, Caroline
M741c Clarificação da bebida de pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*)
utilizando membrana de ultrafiltração. / Caroline Mondini. – Jandaia do Sul,
2021.
33 f.

Orientadora: Profa. Dra. Luana Carolina Bosmuler Züge
Trabalho de Conclusão do Curso (graduação) – Universidade Federal
do Paraná. Campus Jandaia do Sul. Graduação em Engenharia de
Alimentos.

1. Fruta do dragão. 2. Fluxo de permeado. 3. Resistência. 4. Turbidez.
I. Züge, Luana Carolina Bosmuler. II. Título. III. Universidade Federal do
Paraná.

CDD: 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 10/2021/UFPR/R/JA
PROCESSO Nº 23075.038658/2021-59
INTERESSADO: UFPR/R/JA/CCEAL - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS - JANDAIA

TERMO DE APROVAÇÃO

CAROLINE MONDINI

CLARIFICAÇÃO DA BEBIDA DE PITAIA VERMELHA (*Hylocereus polyrhizus*) UTILIZANDO MEMBRANA DE ULTRAFILTRAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos no curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, aprovado pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Profa. Dra. Luana Carolina Bosmuler Züge
Curso de Engenharia de Alimentos, UFPR

Profa. Dra. Leomara Floriano Ribeiro
Curso de Engenharia de Alimentos, UFPR

Prof. Dr. Daniel Angelo Longhi
Curso de Engenharia de Alimentos, UFPR

Jandaia do Sul, 04 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **LEOMARA FLORIANO RIBEIRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2021, às 18:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **DANIEL ANGELO LONGHI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2021, às 18:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LUANA CAROLINA BOSMULER ZUGE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2021, às 18:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3699422** e o código CRC **63783E2F**.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus que sempre guia e guiou meus passos até aqui, me capacitando e dando forças para prosseguir com a caminhada no dia a dia.

A uma das pessoas mais importantes da minha vida que me ensinou o verdadeiro amor, minha guerreira e doce mãe (in memoriam) por todo carinho, apoio, paciência e dedicação comigo durante toda minha vida e boa parte da graduação, sem ela nada disso seria possível.

À minha querida irmã que sempre permaneceu ao meu lado.

Ao meu amado Geovandro que também possui grande importância e significado durante toda minha trajetória, pela paciência e carinho que tem comigo, sempre me dando forças para continuar seguindo diante de todos os obstáculos e dificuldades encontradas.

A minha grande amiga de longos anos Ana Paula e sua mãe, que deixaram seus compromissos de lado e me ajudaram no dia da matrícula a ingressar no curso, pois sem vocês com certeza eu não teria tido êxito.

Aos professores por todo o ensinamento adquirido durante esses anos, em especial à minha querida Prof^a Dr^a Luana Carolina Bosmuler Züge, por toda ajuda, ensinamento, dedicação e paciência com que me orientou todos esses anos.

Aos técnicos de laboratório, Cássia, Rosângela, entre outros por sempre me auxiliar quando mais precisei.

As amigadas e pessoas incríveis que conheci durante a graduação em especial, Carol, Oks, Isa, Thais, Daiane, Bruna, Wesley, aos quais sempre levarei comigo no coração os bons momentos que passamos.

À Família Costa por ceder as pitaias para a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente de alguma maneira.

Meu Muito obrigado!

“Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo”. (BÍBLIA, Salmos, 23, 4).

Clarificação da bebida de pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) utilizando membrana de ultrafiltração

Caroline Mondini; Luana Carolina Bosmuler Züge

RESUMO

A pitaia pertence à família Cactaceae, sendo encontrada em diversas regiões do mundo, possui grande variedade de espécies. Seu cultivo no Brasil ainda é recente, podendo ser consumida *in natura* ou utilizada para o processamento de vários produtos como sucos, iogurtes, doces, geleias. Também é utilizada na indústria farmacêutica e cosmética. Alguns métodos de conservação empregados na fabricação dos produtos degradam substâncias nutritivas importantes presentes nas polpas da fruta, alteram características sensoriais e elevam o tempo de produção, sendo um desafio para a indústria produzir este tipo de bebida sem que isso ocorra. Uma alternativa para isso são as membranas de ultrafiltração. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de produção de bebida a base da pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) clarificada por membrana de ultrafiltração nas pressões de 6 e 10 psi e temperaturas de 20 e 30 °C, onde as frações obtidas do produto (alimentação, permeado e retentado) foram submetidas a análises físicas e químicas (pH, turbidez, sólidos totais, sólidos solúveis, açúcares totais, redutores e não-redutores, acidez total titulável e compostos fenólicos) bem como foram avaliados os efeitos pressão e temperatura no fluxo de permeado e nas resistências apresentadas pela membrana. O processo de ultrafiltração por membranas se apresentou eficiente na redução da turbidez e sólidos totais. Algumas análises apresentaram resultados semelhantes entre as diferentes correntes (pH, sólidos solúveis, açúcares, acidez, compostos fenólicos) indicando que o permeado apresenta características em vários casos similares à alimentação. Na análise de açúcares foram obtidos valores maiores de açúcares redutores e menores para não-redutor. O fluxo de permeado final apresentou valores entre 15,96 e 26,27 kg h⁻¹ m⁻². O efeito resistivo das membranas apresentou pouca variação com uma média de 2,42 m⁻¹. A maior resistência encontrada foi pelo efeito do *fouling* na pressão de 10 psi e temperatura 30 °C. Já a resistência total se apresentou menor em menores pressões. O modelo da renovação da superfície foi adequado no ajuste dos dados experimentais. Desta forma conclui-se que o processo de ultrafiltração é interessante para a produção de bebida clarificada de pitaia.

Palavras-chave: Fruta do dragão. Fluxo de Permeado. Resistência. Turbidez.

Clarification of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) drink using ultrafiltration

Caroline Mondini; Luana Carolina Bosmuler Züge

ABSTRACT

The pitaya belongs to the Cactaceae family, being found in several regions of the world. It has a great variety of species. Its cultivation in Brazil is still recent, and it can be consumed *in natura* or used for the processing of various products such as juices, yogurts, sweets, jellies. It is also used in the pharmaceutical and cosmetic industry. Some conservation methods used in the manufacture of products degrade important nutritional substances present in the fruit pulp, alter sensory characteristics and increase production time, making it a challenge for the industry to produce this type of drink without this happening. An alternative to this is ultrafiltration membranes process. Thus, the objective of this work was to evaluate the production process of a beverage based on red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) clarified by an ultrafiltration membrane at pressures of 6 and 10 psi and temperatures of 20 and 30 °C, where the fractions obtained from the product (feed, permeate and retentate) were subjected to physical and chemical analyzes (pH, turbidity, total solids, soluble solids, total sugars, reducing and non-reducing, total titratable acidity and phenolic compounds) as well as the effects of pressure and temperature on the permeate flow and in the resistances presented by the membrane. The membrane ultrafiltration process was efficient in reducing turbidity and total solids. Some analyzes showed similar results between the different streams (pH, soluble solids, sugars, acidity, phenolic compounds) indicating that the permeate presents characteristics in many cases similar to the feed. In the analysis of sugars, higher values for reducing sugars and lower values for non-reducing sugars were obtained. The final permeate flux showed values between 15.96 and 26.27 kg h⁻¹ m⁻². The resistive effect of the membranes showed little variation with an average of 2.42 m⁻¹. The greatest resistance found was due to the effect of the fouling at a pressure of 10 psi and a temperature of 30 °C. The total resistance was lower at lower pressures. The surface renewal model fit properly to the experimental data. Thus, it is concluded that the ultrafiltration process is interesting for the production of clarified drink from pitaya pulp.

Keywords: Dragon fruit. Permeate flow. Resistance. Turbidity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO	13
FIGURA 2 – FRAÇÕES OBTIDAS NO PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO	20
FIGURA 3 – CURVAS DE FLUXO DE PERMEADO (J) DO REFRESCO DE PITAIA OBTIDO EM CADA ENSAIO SUBMETIDO A DIFERENTES CONDIÇÕES DE PRESSÃO E TEMPERATURA.....	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PARÂMETROS DE PRESSÃO E TEMPERATURA UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA BEBIDA DE PITAIA VERMELHA	13
TABELA 2 – RESULTADOS DAS MEDIDAS DE pH	21
TABELA 3 – RESULTADOS DAS MEDIDAS DE TURBIDEZ OBTIDOS EM CADA ENSAIO.....	21
TABELA 4 – RESULTADOS REFERENTE AS ANÁLISES DE SÓLIDOS TOTAIS...	22
TABELA 5 – RESULTADOS DAS MEDIDAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS.....	22
TABELA 6 – RESULTADO REFERENTE AS ANÁLISES DE AÇÚCARES TOTAIS.	23
TABELA 7 – RESULTADO REFERENTE AS ANÁLISES DE AÇÚCARES REDUTORES.....	24
TABELA 8 – RESULTADO REFERENTE AS ANÁLISES DE AÇÚCARES NÃO-REDUTORES.....	24
TABELA 9 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL.....	25
TABELA 10 – RESULTADOS REFERENTE AS ANÁLISES DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS OBTIDOS EM CADA ENSAIO.....	25
TABELA 11 – VALORES DE FLUXO DE PERMEADO INICIAL E FLUXO FINAL PONTUAL DE PERMEADO.....	27
TABELA 12 – VALORES DE RESISTÊNCIA OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO DE RESISTÊNCIAS EM SÉRIE.....	28
TABELA 13 - λ E R^2 OBTIDOS PELO MODELO DE RENOVAÇÃO DE SUPERFÍCIE.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	12
2.2 ULTRAFILTRAÇÃO	12
2.2.1 Determinação Do Fluxo Do Permeado.....	14
2.2.2 Determinação Das Resistências	14
2.2.3 Modelagem Dos Dados Experimentais Do Fluxo De Permeado.....	16
2.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	17
2.3.1 Análise Do pH.....	17
2.3.2 Análise da Turbidez.....	17
2.3.3 Determinação Dos Sólidos Totais	17
2.3.4 Determinação Dos Sólidos Solúveis	18
2.3.5 Determinação De Açúcares Totais, Redutores E Não-Redutores	18
2.3.6 Determinação Da Acidez Total Titulável	18
2.3.7 Determinação Dos Compostos Fenólicos Totais	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO REFRESCO DE PITAIA.....	20
3.2 PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO	26
4 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A pitaita é uma fruta originária das Américas Central e do Sul, sendo atualmente encontrada em diversos lugares do mundo (DUARTE, 2013). Pertence à família *Cactacea* e possui grande variabilidade de espécies, que se diferem em relação ao seu tamanho e sua coloração (ARRUDA; MELO-DE-PINNA; ALVES, 2005).

Esta fruta está sendo cultivada no Brasil há um pouco mais de 15 anos, destacando-se os estados de São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Paraná e Goiás como os maiores produtores (SILVA, 2016). De acordo com Costa (2012) ela pode ser consumida tanto *in natura* ou como fonte de matéria-prima na fabricação de sucos, sorvetes, iogurtes, doces e geleias. Sua aplicação se estende ainda na indústria farmacêutica e cosmética. Schneid (2021) afirma que devido a esta versatilidade, tendo em vista seu sabor discreto, alto teor de açúcar (12 e 16) °Brix e suas características nutricionais e funcionais, é despertado um interesse cada vez maior na sua exploração.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (ABIR), entre 2010 e 2015 houve um aumento na produção de bebidas de frutas como sucos, néctares e refrescos, com um crescimento maior que 17% durante o período. Um dos fatores responsáveis foi a mudança estrutural no mix de bebidas que são produzidas pela indústria, em grande parte devido às mudanças e tendências do mercado consumidor.

Os sucos de frutas possuem boa aceitação pelos consumidores devido suas questões sensoriais e por serem fontes naturais de carboidratos, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes provenientes das frutas. Porém, alguns processos de conservação utilizados na fabricação dos sucos, como os tratamentos térmicos, podem degradar substâncias importantes presentes na polpa da fruta, como compostos responsáveis pelo aroma e sabor (KASTER, 2009). Uma alternativa para que seja evitado este problema é o uso de membranas que além de reduzir perdas sensoriais, funcionais e nutricionais, otimiza o tempo e reduz o consumo de energia (MONTEIRO, 2011; FERREIRA, 2011).

A ultrafiltração é um dos processos de filtração em que se emprega membranas para a separação física, onde utiliza-se o gradiente de pressão como força motriz e separa-se partículas na faixa de tamanho de 0,001 à 0,02 µm. Partículas com baixa

massa molecular percolam através da membrana (permeado) e as moléculas que são maiores ficam retidas na membrana, onde são recuperadas concentrando a solução (retentado) (CHERYAN, 1998).

Alguns exemplos de sucos clarificados através do uso de membranas encontrados na literatura, podemos citar o suco de acerola e abacaxi (BARROS, 2002), de laranja (GOMES, 2006) e de maçã (ONSEKIZOGLU, 2010), não sendo encontrado trabalhos que realizaram a clarificação do suco de pitáia por ultrafiltração.

De acordo com o Decreto do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), N° 6871, de 04 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n° 8918, de 14 de julho de 1994, Art. 22.: “Refresco ou bebida de fruta ou de vegetal é a bebida não fermentada, obtida pela diluição, em água potável, do suco de fruta, polpa ou extrato vegetal de sua origem, com ou sem adição de açúcares.”

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de clarificação de uma bebida formulada a base de pitáia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) por ultrafiltração, submetendo o produto obtido a análises físicas e químicas para verificação da qualidade final.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

As pitaias foram obtidas de produtores da cidade de Jandaia do Sul – PR, vendidas *in natura*. As frutas e os materiais utilizados para a preparação da bebida foram sanitizados com solução de cloro ativo 200 ppm. A frutas foram despulpadas e foi realizada a separação da polpa da semente por meio de peneiras.

Dessa forma, para a preparação da amostra (bebida de pitaias), a polpa foi diluída em água na concentração de 30 % (m/v), onde permaneceram sob refrigeração até o início do processo de clarificação por ultrafiltração.

2.2 ULTRAFILTRAÇÃO

A FIGURA 1 apresenta o sistema de ultrafiltração utilizado para produção da bebida de pitaias. O equipamento de ultrafiltração foi produzido pela PALL Corporation, modelo SLP-1053, com membrana de Polissulfona (PS) de fibra oca, área de superfície 0,12 m² e retenção nominal de 10 kDa (tamanho dos poros). O equipamento (Figura 1) possui um tanque de alimentação de 1 L, do qual a alimentação é bombeada e parte passa pelos poros da membrana ocorrendo a clarificação para obtenção do permeado (bebida clarificada). A outra parte que não permeia a membrana, ou seja, o retentado (concentrado), recircula sendo encaminhado novamente ao tanque de alimentação. O processo ocorre devido a um gradiente de pressão transmembrana.

FIGURA 1 – SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO



FONTE: A autora (2021).

A ultrafiltração foi realizada de acordo com um delineamento experimental 2^2 nas condições de pressão e temperatura apresentadas TABELA 1. Todos os ensaios foram realizados em duplicatas.

TABELA 1 – PARÂMETROS DE PRESSÃO E TEMPERATURA UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA BEBIDA DE PITAIA VERMELHA

Ensaio	Pressão transmembrana (psi)	Temperatura (°C)
1	$6,0 \pm 0,5$	$20,0 \pm 1,0$
2	$10 \pm 0,5$	$20,0 \pm 1,0$
3	$6,0 \pm 0,5$	$30,0 \pm 1,0$
4	$10 \pm 0,5$	$30,0 \pm 1,0$

FONTE: A autora (2021).

Após o uso, a membrana passou por um procedimento de limpeza e sanitização, com o intuito de evitar a formação do *fouling*, melhorando o desempenho do processo e restaurando as características iniciais. Assim o procedimento para limpeza da membrana foi baseado nas especificações do fabricante, realizado da seguinte forma:

- Limpeza com água destilada (3 vezes), adicionando 1 L na alimentação e descartando o concentrado e o permeado;
- Circulação de solução de hipoclorito de sódio (500 ppm) deixada em repouso por 1 hora;
- Enxágue com água destilada;
- Alimentação com solução de hidróxido de sódio (0,01 M) deixado em repouso por 7 horas e enxágue com água destilada novamente;
- Por último preenchimento do sistema com solução de hipoclorito de sódio (300 ppm) e repouso por 1 hora, seguido de um enxágue final.

2.2.1 Determinação do fluxo do permeado

Para avaliar o fluxo do permeado foram realizadas leituras da massa no tempo de 0 a 14 minutos, em intervalos de 20 em 20 segundos com auxílio de uma balança e de um cronômetro. O cálculo do fluxo foi realizado por meio da Equação 1 descrita por Ushikubo, Watanabe e Viotto (2006a). Foi obtida a curva do fluxo permeado *versus* tempo, para cada ensaio realizado.

$$J = \frac{m_p}{t A_p} \quad (1)$$

Onde:

J : fluxo do permeado ($\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}$)

m_p : massa de permeado obtida num determinado tempo (kg)

t : tempo em que a massa foi recolhida (h)

A_p : área da membrana filtrante (m^2)

Pode ser considerado os valores de viscosidade da solução próximos do da água já que o refresco em si apresenta diluição de 30%(m/v), sendo a maior parte da solução correspondida em água.

2.2.2 Determinação das Resistências

Para resistência da membrana (RM) limpa o cálculo se deu por meio da Equação 2 (JIRARATANANON, CHANACHAI, 1996).

$$J_w = \frac{\Delta P}{\mu_w R_M} \quad (2)$$

Onde:

J_w : Fluxo de água limpa ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

ΔP : Pressão transmembrana realizada em cada ensaio (Pa)

μ_w : Viscosidade da água (0,00103 Pa s)

R_M : Resistência da membrana limpa

No cálculo da Resistência Total, utilizou a Equação 3:

$$J = \frac{\Delta P}{\mu R_T}$$

(3)

Onde:

J : fluxo do permeado do refresco ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

ΔP : Pressão transmembrana realizada em cada ensaio (Pa)

μ : Viscosidade da solução (0,00103 Pa s) foi considerado próximo da água já que o refresco em si apresenta diluição de 30%(m/v), sendo a maior parte da solução correspondida em água.

R_T : Resistência total do fluxo do permeado (m^{-1})

Para cálculo da resistência pelo *fouling*, utilizou-se Equação 4:

$$R_F + R_M = \frac{\Delta P}{\mu_w J_w}$$

(4)

Onde:

R_F : Resistência ocasionada pelo *fouling* do fluxo de permeado da água percolada na membrana após processamento do refresco (m^{-1})

R_M : Resistência da membrana limpa (m^{-1})

ΔP : Pressão transmembrana realizada em cada ensaio (Pa)

μ_w : Viscosidade da água (0,00103 Pa s)

J''_W : Fluxo água após limpeza (kg/ (m².s))

Por último, o cálculo da resistência devido à polarização por concentração e à camada polarizada foi calculado por meio do modelo em série, definida pela Equação 5, proposta por Ushikubo, Watanabe e Viotto (2006b):

$$R_T = R_M + R_{PC} + R_F \quad (5)$$

Onde:

R_M : Resistência da membrana limpa (m⁻¹)

R_T : Resistência total do fluxo do permeado (m⁻¹)

R_{PC} : Resistência devido à polarização por concentração e à camada polarizada (m⁻¹)

R_F : Resistência ocasionada pelo *fouling* do fluxo de permeado da água percolada na membrana após processamento do refresco (m⁻¹)

A permeabilidade da membrana é definida como a facilidade que a mesma oferece à passagem de um solvente, podendo apresentar forte dependência com as condições de operação do sistema e com as propriedades da membrana. O contrário da permeabilidade é a Resistência (R), designada como a forma que ocorre o transporte.

2.2.3 Modelagem dos dados experimentais do fluxo de permeado

A Equação 6 foi utilizada como um modelo baseado na teoria de renovação de superfície para descrever o fluxo de permeado citado por Koltuniewicz (1992):

$$J = J_F + (J_O - J_F)exp^{-\lambda t} \quad (6)$$

Onde:

J : Fluxo do permeado

J_F : Fluxo do permeado após estabilização (considerando médias dos 3 últimos fluxos de permeado final)

J_O : Fluxo do permeado inicial

λ : Taxa de declínio do fluxo de permeado

t : tempo

O programa utilizado para determinação do parâmetro λ e para estimativa do coeficiente de determinação (R^2) foi o Statistica 10.

2.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

As análises efetuadas tanto para a alimentação, quanto para o retentado e para o permeado após a ultrafiltração da bebida de pitaia foram: pH, turbidez, sólidos totais (ST), sólidos solúveis, açúcares totais, redutores e não-redutores, acidez total titulável e compostos fenólicos totais (CFT), todas em duplicata.

2.3.1 Análise do pH

O pH das amostras foi determinado utilizando um medidor de pH de bancada (mPA-210, Tecnopon), previamente calibrado com soluções tampão.

2.3.2 Análise da Turbidez

As medidas de turbidez das amostras foram realizadas em turbidímetro da marca DEL LAB e modelo DLI-2500. As leituras foram expressas em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

2.3.3 Determinação dos Sólidos Totais

A determinação dos sólidos totais foi realizada por meio da secagem das amostras da bebida em uma estufa a 105 °C até peso constante, conforme técnicas da AOAC (CUNNIFF, 1995). A concentração de sólidos totais foi calculada utilizando a Equação 7:

$$\text{Sólidos totais (\% m/m)} = \frac{ms}{mt} 100 \quad (7)$$

Onde:

ms: massa depois da secagem

mt: massa total inicial

2.3.4 Determinação dos Sólidos Solúveis

A concentração dos sólidos solúveis (°Brix) foi determinada utilizando refratômetro de bancada, marca Edutec, conforme procedimentos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3.5 Determinação de Açúcares Totais, Redutores e Não-Redutores

As análises dos açúcares totais, redutores e não-redutores para as amostras foram realizadas pelo método de DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), conforme normas descritas em Rocha Filho e Vitolo (2017), adaptada da metodologia de DNS (MALDONADE; CARVALHO; FERREIRA, 2013).

2.3.6 Determinação da Acidez Total Titulável

A determinação da acidez total foi realizada pelo método titulométrico, utilizando NaOH 0,1N, o ponto de viragem foi determinado com medição do pH, conforme procedimentos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3.7 Determinação dos Compostos Fenólicos Totais

Para a determinação da concentração de compostos fenólicos totais das amostras foi utilizada a metodologia descrita por Swain e Hills (1959) modificada. Foi diluído 1 mL de cada amostra em um balão de 25 mL e foi homogeneizado. Pipetou-se 0,5 mL de cada amostra e 0,5 mL do reagente Folin Ciocalteau (Merck) dentro dos tubos de ensaios e após 3 minutos adicionaram-se 1mL de NaCO₃ 15% e 8 mL de água destilada. A solução foi homogeneizada e deixada em repouso por 60 minutos. Após o repouso, foram realizadas as leituras em triplicata das absorbâncias em espectrofotômetro UV-visível (Drawell) a 720 nm. Para construção da curva de

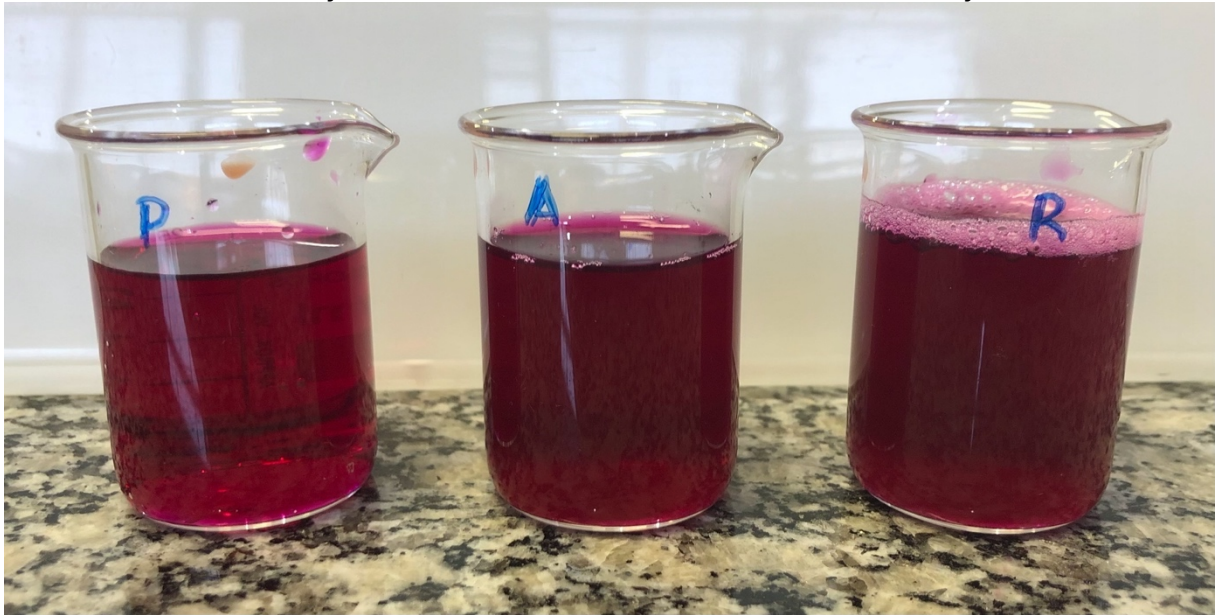
calibração foi utilizado o ácido gálico, nas concentrações de 5, 10, 30, 50, 100 e 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$. A partir da reta obtida, realizou-se o cálculo da concentração de fenólicos totais, expresso em mg de equivalente em ácido gálico 100 mL^{-1} de amostra úmida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO REFRESCO DE PITAIA

Na FIGURA 2 consta as frações obtidas em cada etapa no processo de clarificação onde é possível notar que o permeado apresentou elevada limpidez em comparação com a alimentação e o retentado (concentrado).

FIGURA 2 – FRAÇÕES OBTIDAS NO PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO



FONTE: A autora (2021).

Nota: P – Permeado; A – Alimentação; R – Retentado.

Ao realizar uma análise referente aos valores de pH, conforme TABELA 2, é possível verificar que os resultados permaneceram semelhantes entre si variando de (4,56 à 4,82) para todas as frações, próximos aos encontrados por Cristofoli et al. (2014), de $4,63 \pm 0,03$, ao estudar a caracterização física e química da espécie de pitáia *Hylocereus costaricensis in natura*. É possível observar também que não houve diferença significativa entre as correntes para as diferentes condições, com exceção do ensaio 4.

TABELA 2 – RESULTADOS DAS MEDIDAS DE pH

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	pH Alimentação	pH Permeado	pH Retentado
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	4,56 ± 0,06 ^A	4,57 ± 0,06 ^A	4,61 ± 0,08 ^A
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	4,75 ± 0,04 ^A	4,73 ± 0,03 ^A	4,76 ± 0,05 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	4,69 ± 0,04 ^A	4,69 ± 0,02 ^A	4,71 ± 0,03 ^A
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	4,76 ± 0,03 ^B	4,78 ± 0,01 ^B	4,82 ± 0,01 ^A

FONTE: A autora (2021).

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Nota-se ainda que a diluição em 30% (m/m) no presente estudo para a fabricação da bebida não interferiu no valor do pH. Esse comportamento entre as correntes é esperado, uma vez que as principais moléculas que conferem características ácidas ao refresco, como os ácidos orgânicos, possuem tamanho de partícula capaz de permear a membrana, não ocorrendo assim a sua separação no concentrado.

A TABELA 3 apresenta os resultados obtidos para medidas de turbidez, para as diferentes correntes.

TABELA 3 – RESULTADOS DAS MEDIDAS DE TURBIDEZ OBTIDOS EM CADA ENSAIO

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Turbidez Alimentação (NTU)	Turbidez Permeado (NTU)	Turbidez Retentado (NTU)
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	57,50 ± 2,91 ^B	0,07 ± 0,02 ^C	168,50 ± 1,73 ^A
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	177,75 ± 1,71 ^B	0,18 ± 0,06 ^C	339,00 ± 1,41 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	111,75 ± 2,36 ^B	0,08 ± 0,01 ^C	289,75 ± 1,71 ^A
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	99,50 ± 1,00 ^B	0,07 ± 0,04 ^C	162,00 ± 2,83 ^A

FONTE: A autora (2021)

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Para as medidas de turbidez presentes na TABELA 3, observa-se que os valores encontrados para a o permeado obtiveram um percentual de diminuição acima de 99,8 % quando comparados a alimentação. Isto se deve ao fato de que no processo de clarificação, as substâncias insolúveis como fragmentos celulares presentes na polpa, pectinas, amidos ou outros compostos não dissolvidos, que são responsáveis pela turbidez do suco, são removidas pela membrana (BARROS, 2002). Esse resultado indica que com o processo de ultrafiltração é possível obter um produto com

uma alta limpidez, o que torna seu uso interessante na indústria de alimentos para várias finalidades.

Na TABELA 4 são expressos os resultados obtidos para análises de sólidos totais nas diferentes correntes para as diferentes condições testadas.

TABELA 4 – RESULTADOS REFERENTE AS ANÁLISES DE SÓLIDOS TOTAIS

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Sólidos Totais (%) Alimentação	Sólidos Totais (%) Permeado	Sólidos Totais (%) Retentado
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	2,68 ± 0,27 ^A	2,01 ± 0,23 ^A	2,02 ± 0,06 ^A
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,60 ± 0,03 ^A	0,32 ± 0,05 ^B	0,48 ± 0,13 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,76 ± 0,22 ^B	2,47 ± 0,13 ^{AB}	2,32 ± 0,23 ^B
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,23 ± 0,37 ^A	1,48 ± 0,36 ^B	2,12 ± 0,21 ^A

FONTE: A autora (2021)

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Nota-se que a quantidade de sólidos totais que foram identificados na bebida de pitáia conforme TABELA 4 considerando a polpa da pitáia sem diluição variaram entre a faixa de 1,5 a 9,2%, um resultado baixo comparado com outros produtos alimentícios. Houve uma taxa de redução de 15 a 46% dos sólidos na clarificação da bebida. Essa diminuição ocorre provavelmente pela remoção dos sólidos que causam a turbidez, conforme discutido anteriormente. Os ensaios 1 e 3, que foram realizados a 6 psi, não apresentaram diferença significativa da alimentação com o permeado.

Na TABELA 5 são apresentados os valores de sólidos solúveis obtidos nos diferentes ensaios, para as diferentes correntes.

TABELA 5 – RESULTADOS DAS MEDIDAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Sólidos Solúveis Alimentação (°Brix)	Sólidos Solúveis Permeado (°Brix)	Sólidos Solúveis Retentado (°Brix)
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	3,60 ± 0,12 ^A	3,04 ± 0,05 ^B	3,18 ± 0,05 ^B
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	1,28 ± 0,02 ^A	1,13 ± 0,05 ^B	1,24 ± 0,06 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,38 ± 0,31 ^A	1,66 ± 0,17 ^B	2,00 ± 0,20 ^{AB}
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	1,95 ± 0,41 ^A	1,18 ± 0,16 ^B	1,61 ± 0,39 ^{AB}

FONTE: A autora (2021)

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras, das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Como apresentado na TABELA 5, os valores obtidos para sólidos solúveis apresentaram um percentual de variação na faixa de 1,13 à 3,60 °Brix, bem menor que o valor médio 13,14 °Brix encontrado em Cordeiro et al. (2015), ao estudar polpa da pitáia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e os valores encontrado por Cristofoli et al. (2014) que foram de $11,53 \pm 0,06$, o que ocorre em função da diluição realizada no presente estudo. A diferença entre os resultados encontrados em cada ensaio pode ser devido ao fato de que o teor de sólidos solúveis pode variar em porções da polpa do mesmo fruto. Em todos os casos houve uma diminuição significativa nos valores da alimentação para o permeado, no entanto o mesmo ainda apresentou sólidos solúveis presentes, como alguns açúcares que passam para esta corrente. Outros sólidos solúveis podem ter ficados retidos na membrana devido ao *fouling*, ou seja, o acúmulo de material que ocorre em sua superfície.

Nas TABELAS 6, 7 e 8 estão os valores obtidos de açúcares totais, redutores e não redutores, em cada ensaio, respectivamente.

Os açúcares totais apresentaram comportamento semelhante, apenas não apresentando diferença significativa para o experimento realizado a 30°C e 10 psi.

TABELA 6 – RESULTADO REFERENTE AS ANÁLISES DE AÇÚCARES TOTAIS

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Açúcares Totais Alimentação (g/100mL)	Açúcares Totais Permeado (g/100mL)	Açúcares Totais Retentado (g/100mL)
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	2,94 ± 0,42 ^A	2,25 ± 0,02 ^B	2,25 ± 0,04 ^B
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	3,55 ± 0,25 ^A	2,86 ± 0,33 ^B	2,78 ± 0,22 ^B
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,72 ± 0,20 ^A	2,58 ± 0,03 ^B	2,38 ± 0,02 ^{AB}
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,29 ± 0,26 ^A	2,04 ± 0,07 ^A	2,11 ± 0,05 ^A

FONTE: A autora (2021)

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Segundo Cordeiro et al. (2015) a maior parte dos açúcares são sólidos solúveis e se encontram sob a forma de glicose, frutose e sacarose. Ainda de acordo com Le Bellec (2006) e Wall; Khan (2008) os açúcares redutores (glicose e frutose) estão presentes na polpa de pitáia e o não-redutor (sacarose) também, porém em menor quantidade.

TABELA 7 – RESULTADO REFERENTE AS ANÁLISES DE AÇÚCARES REDUTORES

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Açúcares Redutores Alimentação (g/100mL)	Açúcares Redutores Permeado (g/100mL)	Açúcares Redutores Retentado (g/100mL)
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	2,53 ± 0,05 ^A	2,05 ± 0,08 ^B	2,10 ± 0,07 ^B
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	2,99 ± 0,39 ^A	2,73 ± 0,33 ^A	2,57 ± 0,20 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,63 ± 0,16 ^A	2,28 ± 0,03 ^B	2,06 ± 0,03 ^C
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	1,93 ± 0,09 ^A	1,84 ± 0,10 ^A	1,98 ± 0,13 ^A

FONTE: A autora (2021)

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Tendo em vista, no presente estudo da bebida de pitaita, para o permeado foram obtidos resultados para açúcares redutores na faixa de 1,84 a 2,73 g 100 mL⁻¹ e não-redutor na faixa de 0,13 a 0,30 g 100 mL⁻¹, o que corrobora com o encontrado na literatura. Os açúcares redutores apresentam em geral uma diminuição estatisticamente significativa na concentração da alimentação em comparação com o permeado e com o retentado, para os experimentos realizados com pressão transmembrana de 10 psi. Isso pode ter ocorrido pela sua retenção na própria membrana durante o processo de ultrafiltração, ou seja, devido ao *fouling*.

TABELA 8 – RESULTADO REFERENTE AS ANÁLISES DE AÇÚCARES NÃO-REDUTORES

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Açúcares Não-redutores Alimentação (g/100mL)	Açúcares Não-redutores Permeado (g/100mL)	Açúcares Não-redutores Retentado (g/100mL)
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,40 ± 0,24 ^A	0,20 ± 0,06 ^A	0,15 ± 0,06 ^A
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,56 ± 0,27 ^A	0,13 ± 0,10 ^B	0,21 ± 0,07 ^B
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	0,08 ± 0,00 ^B	0,30 ± 0,05 ^A	0,31 ± 0,03 ^A
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	0,36 ± 0,17 ^A	0,20 ± 0,05 ^A	0,13 ± 0,15 ^A

FONTE: A autora (2021)

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

Os açúcares tanto redutores, como não redutores, devido ao tamanho das moléculas, permeiam a membrana de ultrafiltração, o que pode explicar os resultados obtidos.

Considerando a TABELA 9, os valores obtidos de acidez total titulável (0,1 à 0,33 mg de ácido málico 100⁻¹ mL) para todas as frações (alimentação, permeado e

retentado, quando considerado a polpa *in natura*) se mostraram próximos aos valores encontrados por Cordeiro et al. (2015), que ao estudar a caracterização física, química e nutricional da pitaiia-rosa de polpa vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) *in natura*, obteve valores de acidez de 0,29 mg de ácido málico 100⁻¹ mL.

TABELA 9 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	Acidez Alimentação (g ácido málico/100 mL)	Acidez Permeado (g ácido málico/100 mL)	Acidez Retentado (g ácido málico/100 mL)
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,10 ± 0,00 ^A	0,08 ± 0,00 ^C	0,08 ± 0,00 ^B
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,04 ± 0,00 ^A	0,03 ± 0,00 ^B	0,03 ± 0,00 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	0,10 ± 0,00 ^A	0,08 ± 0,00 ^B	0,09 ± 0,01 ^A
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	0,09 ± 0,02 ^A	0,06 ± 0,02 ^A	0,07 ± 0,03 ^A

FONTE: A autora (2021).

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras, das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 4$.

A bebida de pitaiia possui baixa acidez em comparação com outros diversos sucos de frutas como uva, laranja, maracujá, morango maçã, pêssego, entre outras (LOSSO et al., 2008). Os valores entre as frações, apesar de apresentarem diferença significativa em alguns casos, são muito baixos, e, portanto, esta diferença não alterará o produto final obtido pelo processo de ultrafiltração.

A TABELA 10 apresenta os resultados de compostos fenólicos totais nos diferentes ensaios para as diferentes correntes.

TABELA 10 – RESULTADOS REFERENTES AS ANÁLISES DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	CFT (mg _{EAG} /100mL) Alimentação	CFT (mg/100mL) Permeado	CFT (mg _{EAG} /100mL) Retentado
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	297,27±9,99 ^A	223,99±32,99 ^B	300,86±15,42 ^A
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	171,55±9,83 ^A	110,49±14,79 ^B	149,28±28,26 ^A
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	46,75±8,75 ^A	29,24±4,61 ^B	43,64±3,17 ^A
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	40,25±8,06 ^A	32,34±6,08 ^{AB}	26,98±1,38 ^B

FONTE: A autora (2021).

Nota: Letras maiúsculas iguais em uma mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras, das correntes de alimentação, permeado e retentado. Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), $n = 6$.

A pitaiia é uma fruta rica em compostos bioativos. Nos seres humanos esses compostos desempenham um papel importante, eles atuam como agentes oxidantes,

inibindo ou retardando a oxidação de vários substratos (LI-CHEN et al., 2006). Os compostos fenólicos fazem parte deste grupo. Os resultados obtidos para este estudo se encontram na TABELA 10, onde é possível avaliar que na maioria dos ensaios a quantidade de fenólicos encontradas foram menores no retentado do que na alimentação, o que indica a passagem desses componentes pela membrana, ou mesmo sua retenção devido ao *fouling* e à polarização por concentração.

O valor entre os ensaios variou significativamente. Isso pode ter ocorrido pelo tempo de armazenamento da bebida antes da realização da análise, de problemas na homogeneização da amostra analisada, entre outro. Sarmiento (2017) afirma ainda que diferenças nos resultados encontrados de fenólicos pode ter relação com a variação ambiental, ou grau de maturação do fruto.

A indústria alimentícia está sempre em constante evolução e com isso novos produtos, que possuem como base principal os sucos clarificados, estão sendo lançados no mercado. Como exemplos destes produtos estão o licor de acerola (NOGUEIRA; VENTURINI FILHO, 2005), chás frios, águas aromatizadas, gelatinas, entre outros (VAILLANT et al., 2001). Tendo em vista que os estudos sobre a pitaia ainda são escassos na literatura, os exemplos acima poderiam ser algumas sugestões em novas pesquisas sobre desenvolvimento de produtos tendo o suco da pitaia como base, sendo a clarificação por ultrafiltração uma etapa importante no processamento, visto que mantém as propriedades do suco, porém retirando de maneira significativa sua turbidez.

3.2 PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO

Os valores do fluxo de permeado inicial e do fluxo final estão descritos na TABELA 11. As curvas de fluxo de permeado estão apresentadas na FIGURA 3.

TABELA 11 – VALORES DE FLUXO DE PERMEADO INICIAL E FLUXO FINAL PONTUAL DE PERMEADO

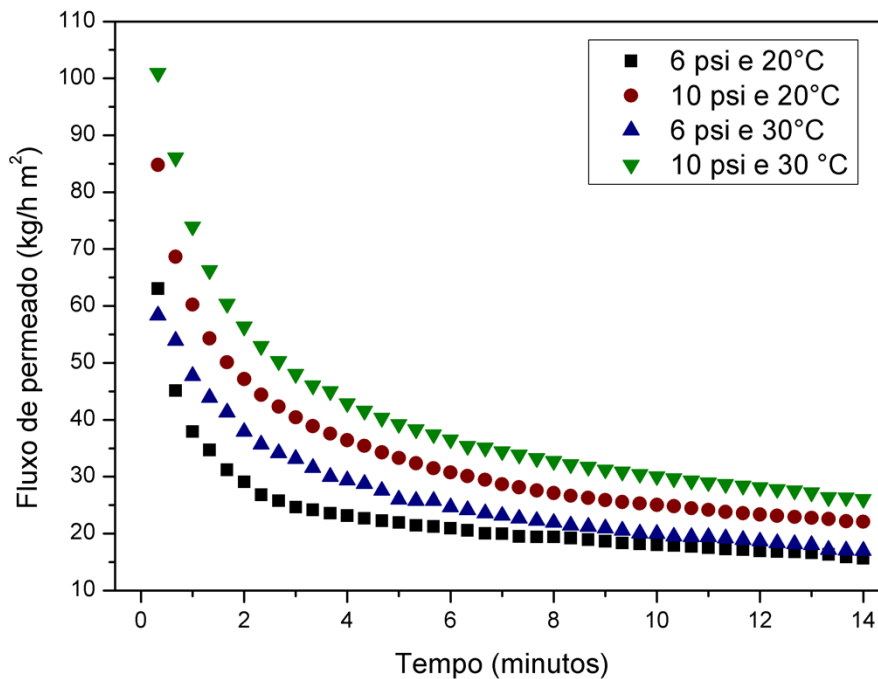
Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	J_o (kg /h m ²) ¹	J_p (kg /h m ²) ²
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	27,94	15,96
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	45,79	22,27
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	36,80	17,09
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	54,65	26,27

FONTE: A autora (2021)

¹ J_o : Fluxo de Permeado Inicial: calculado pela massa de permeado recolhida no intervalo entre os dois primeiros intervalos de tempo a partir de 2 minutos de processo.

² J_p : Fluxo Final Pontual de Permeado: calculado pela média da massa de permeado recolhida no intervalo entre os três últimos intervalos de tempo.

FIGURA 3 – CURVAS DE FLUXO DE PERMEADO (J) DO REFRESCO DE PITAIA SUBMETIDOS AO PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE PRESSÃO E TEMPERATURA



FONTE: A autora (2021).

Os fluxos de permeado sofreram redução no decorrer do tempo, como pode ser observado na FIGURA 3 e começaram estabilizar após 10 minutos. Conforme consta na TABELA 11, os valores encontrados das médias dos fluxos finais de permeado (J_p) variaram de 15,96 a 26,27 kg h⁻¹ m⁻², sendo o maior valor de fluxo

correspondendo ao ensaio 4 na condição de pressão transmembrana de 10 psi e temperatura de 30°C, e o menor valor na condição de pressão transmembrana de 6 psi e temperatura de 20°C.

De uma forma geral, para os fluxos de cada ensaio, conforme aumentou a temperatura e a pressão transmembrana, o fluxo de permeado também aumentou. Verificou-se que o aumento da pressão resultou em um aumento mais pronunciado no fluxo que o aumento da temperatura. Um aumento do fluxo quando a temperatura aumenta é esperado, pois a viscosidade da alimentação diminui, bem como algumas partículas são solubilizadas em temperaturas mais elevadas. O aumento da pressão também resulta em um aumento do fluxo, uma vez que esta é a força motriz do processo, ou seja, ela é responsável para que ocorra a permeação da solução. No entanto, muitas vezes a membrana é obstruída pelo *fouling*, que é o entupimento dos poros da membrana devido ao acúmulo de material em sua superfície, e com isso não ocorre um aumento significativo no fluxo.

Na TABELA 12 são apresentados os valores, para cada ensaio, das resistências para membrana de água limpa (R_M), resistência devido ao *fouling* (R_F), resistência devido à polarização por concentração e à camada polarizada (R_P) e resistência total (R_T), calculada de acordo com o modelo das resistências em série.

TABELA 12 – VALORES DE RESISTÊNCIA OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO DE RESISTÊNCIAS EM SÉRIE

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	R_M (10^9 m^{-1})	R_F (10^9 m^{-1})	R_P (10^9 m^{-1})	R_T (10^9 m^{-1})
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	2,20	7,98	1,07	11,25
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	2,67	9,42	0,58	12,67
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,30	7,12	1,34	10,76
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	2,52	10,50	0,03	13,05

FONTE: A autora (2021)

A resistência devido ao *fouling* foi o maior valor encontrado seguida da resistência por membrana e por fim da resistência por polarização. De forma geral, verifica-se que as resistências da membrana e devido ao *fouling* aumentam com o aumento da pressão, para uma mesma temperatura. A resistência devido à polarização por concentração apresenta um comportamento distinto, diminuindo com o aumento da pressão.

A TABELA 13 apresenta os dados do parâmetro λ , taxa de declínio de fluxo do permeado, e o coeficiente de determinação, para o modelo de renovação de superfície, o qual descreve o fluxo do permeado em relação ao tempo.

TABELA 13 – λ E R^2 OBTIDOS PELO MODELO DE RENOVAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Ensaio	Pressão (psi)	Temperatura (°C)	λ	R^2
1	6,0 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,552815	0,9092
2	10 ± 0,5	20,0 ± 1,0	0,386326	0,9663
3	6,0 ± 0,5	30,0 ± 1,0	0,293787	0,9869
4	10 ± 0,5	30,0 ± 1,0	0,376728	0,9639

FONTE: A autora (2021)

Entre as diferentes condições percebe-se que a maior taxa de declínio foi apresentada na temperatura de 20°C e pressão transmembrana de 6 psi. O menor declínio foi apresentado na temperatura de 30°C e pressão transmembrana de 6 psi. Em todos os casos foi possível perceber que o modelo apresentou um ajuste adequado aos dados, com um R^2 superior a 0,90 em todos os casos.

4 CONCLUSÃO

O processo de ultrafiltração foi eficiente para a clarificação da bebida de pitaia, diminuindo a turbidez, apresentando um declínio acima de 99,8%, e também para concentração de sólidos totais, reduzindo de 15 à 46%. Algumas análises apresentaram valores próximos entre alimentação, permeado e retentado, indicando que várias características desejáveis no suco da pitaia são mantidas mesmo após o processo de ultrafiltração, porém outros apresentaram uma diminuição devido ao *fouling*, os seja, retendo alguns compostos na própria membrana.

Os fluxos de permeado foram influenciados pela temperatura e pressão, sendo que o maior fluxo após estabilização foi para os maiores valores de pressão transmembrana e temperatura. Pode-se considerar melhor ensaio estudado para a clarificação da bebida foi utilizando a pressão transmembrana de 10 psi e a temperatura de 30°C, uma vez que mesmo com o aumento no fluxo de permeado, algo de grande interesse para a indústria, a redução da turbidez e de sólidos totais foi significativa. Em relação a resistência total, a maior apresentada foi pelos efeitos do *fouling*. O modelo de renovação e superfície apresentou bom ajuste aos dados de fluxo apresentados para a clarificação da bebida de pitaia.

Desta forma, pode-se concluir que a ultrafiltração é uma operação interessante no processamento de bebida clarificada de pitaia, a qual pode ser utilizada também como matéria-prima para produção de outras bebidas.

REFERÊNCIAS

- ABIR - **Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas**. Disponível em: < <https://abir.org.br/o-setor/bebidas/refresco/>>. Acesso em: 07 jul. 2021.
- ARRUDA, E.; MELO-DE-PINNA, G. F.; ALVES, M. Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 589-601, jun. 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa. Decreto N° 6871, de 04 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n° 8918, de 14 de julho de 1994, dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.
- BARROS, Sueli Teresa Davantel de. **Clarificação dos sucos de acerola e abacaxi por ultrafiltração: modelagem e simulação do fluxo de permeado e determinação dos mecanismos de Fouling**. 2002. 239p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/267392>>. Acesso em: 07 jul. 2021.
- CHERYAN, M. **Ultrafiltration and microfiltration handbook**. 2nd ed. Lancaster: CRC Press, 1998.
- CORDEIRO, M. H. M. et al. Caracterização física, química e nutricional da pitaiá rosa de polpa vermelha. **Rev. Bras. Frutic, Jaboticabal**, v. 37, n. 1, p. 020-026, mar. 2015.
- COSTA, A.C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaiá vermelha**. 2012. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/450>>. Acesso em: 07 jul. 2021.
- CRISTOFOLI, N. L. et al. Pitaiá (*H. costaricensis*): um fruto com características atrativas para a indústria de processamento. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis, 2014.
- CUNNIFF, P. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16th Edition, AOAC International, Arlington, 1995.
- FERREIRA, J.E.M. **Estabilidade de carotenoides, flavonoides e vitamina C em alimentos submetidos às tecnologias emergentes de processamento**. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- GOMES, Marina da Silveira. **Estudo da Pasteurização de Suco de Laranja utilizando Ultrafiltração**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL. 2008.

JIRARATANANON, R.; CHANACHAI, A. A study of fouling in the ultrafiltration of passion fruit juice. **Journal of Membrane Science**, v. 111, n. 1, p. 39-48, 1996.

KASTER, B. **Efeitos das condições operacionais na microfiltração do suco de maçã**. 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

KOLTUNIEWICZ, A. Predicting permeate flux in ultrafiltration on the basis of surface renewal concept. **Journal of Membrane Science**, v. 68, p. 107-118, 1992

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.

LI-CHEN, W. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**. v.95, p.319-327, 2006.

LOSSO, E. M.; da SILVA, J. Y. B.; BRANCHER, J. A. Análise do pH, acidez e açúcares totais de sucos de frutas industrializados. **Arquivos em Odontologia**. v. 44, n. 3, p. 37-41, 2008.

MALDONADE, Iriani R. et al. **Protocolo para determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson**. An polis: Embrapa, 2013.

MALDONADE, Iriani R.; CARVALHO, Patrícia G. B.; FERREIRA, Nathalie A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. An polis: Embrapa, 2013

MONTEIRO, F.S. **Obtenção de suco de amora-preta (*Rubus* spp.) concentrado em antocianinas utilizando processos de separação por membranas**. 2011. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NOGUEIRA, A. M. P.; Venturini Filho, W. G. Ultra e microfiltração de licor de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, p.305-311, 2005

ONSEKIZOGLU, P., BAHCECIB, K. S., ACARA, M. J., Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment, **Journal of Membrane Science** 352 (2010) 160–165.

ROCHA FILHO, Jose Alves; VITOLO, Miclele. Guia para aulas práticas de biotecnologia de enzimas e fermentação. S o Paulo: Bluncher, 2017. 168 p.

SARMENTO, J. D. A. **Qualidade, compostos bioativos e conservação da pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) no semiárido brasileiro**. 2017. 145 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró. 2017.

SCHNEID. Luciara. **Pitaya, uma fruta com produção e consumo em alta no sul do país**. *Jornal tradição Regional*, 2021. Disponível em: <<https://www.jornaltradicao.com.br/arroio-grande/rural/pitaya-uma-fruta-com-producao-e-consumo-em-alta-no-sul-do-pais/>><https://abir.org.br/o-setor/bebidas/refresco/>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

SILVA. Adriana de Castro Correia. **Portal Toda Fruta**, 2016. Disponível em:< <https://www.todafruta.com.br/entrevista-dra-adriana-de-castro-correia-da-silva-explica-como-cultivar-pitaya/>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

SWAIN, T.; HILLS, W. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.: the quantitative analysis of phenolic constituent. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 19, n. 1, p. 63-68, 1959.

USHIKUBO, F. Y.; WATANABE, A. P.; VIOTTO, L. A. Microfiltration of umbu (*Spondiastuberosa* Arr. Cam.) juice using polypropylene membrane, **Desalination**, v. 200, n. 1, p. 549-551, 2006a.

USHIKUBO, F. Y.; WATANABE, A. P.; VIOTTO, L. A. Effects of operating conditions and enzyme treatment on fouling and polarized layer formation during umbu (*Spondiastuberosa* Arr. Cam.) juice microfiltration. **Desalination**, v. 200, n. 1, p. 546-548, 2006b.

VAILLANT, F.; MILLAN, A.; DORNIER, M.; DECLoux, M.; REYNES, M. Strategy for economical optimization of clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v.48, p.83-90, 2001.

WALL, M. M.; KHAN, S. A. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) after X-ray irradiation quarantine treatment. **HortScience**, Alexandria, v. 43, p. 2115-2119, 2008.