



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**CINTHIA REGINA DA SILVA REBOUÇAS**

**APLICAÇÃO DE CORANTE NATURAL OBTIDO DE EXTRATO EM PÓ DA CASCA**  
**DE PITAIA EM SORVETE**

**FORTALEZA**

**2019**

CINTHIA REGINA DA SILVA REBOUÇAS

APLICAÇÃO DE CORANTE NATURAL OBTIDO DE EXTRATO EM PÓ DA CASCA DE  
PITAIA EM SORVETE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Juliane Doering Gasparin Carvalho  
Coorientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Luciana de Siqueira Oliveira

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- R24a      Rebouças, Cinthia Regina da Silva.  
            Aplicação de corante natural obtido de extrato em pó da casca de pitaia em sorvete / Cinthia Regina da  
            Silva Rebouças. – 2019.  
            86 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
            Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2019.  
            Orientação: Prof. Dr. Juliane Doering Gasparin Carvalho.  
            Coorientação: Prof. Dr. Luciana de Siqueira Oliveira .
1. Betalainas. 2. Coprodutos. 3. Análise Sensorial. 4. Maltodextrina. 5. Inulina. I. Título.

CDD 664

---

CINTHIA REGINA DA SILVA REBOUÇAS

APLICAÇÃO DE CORANTE NATURAL OBTIDO DE EXTRATO EM PÓ DA CASCA DE  
PITAIA EM SORVETE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovado em: 01/08/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Juliane Doering Gasparin Carvalho (orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciana de Siqueira Oliveira (coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Pesquisadora Dr<sup>ª</sup>. Deborah dos Santos Garruti  
Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT

---

Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais Lúcio e Fátima.

A minha família.

Ao meu companheiro Diego.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e sabedoria e por me guiar nessa jornada.

A meus pais, que fazem cada esforço valer a pena e a meus irmãos que sempre acreditaram em mim, me apoiando e incentivando nas dificuldades.

Ao meu companheiro Diego, com quem eu compartilho meus sonhos, tornando meus dias mais felizes.

A Pardal Sorvetes, por tornar possível conciliar o mestrado com o trabalho, permitir a elaboração do sorvete, assim como as análises físico-químicas e microbiológicas do sorvete. Um agradecimento especial a toda equipe do laboratório, Adelly, Bianca e Ivete, pelo suporte nos momentos que eu precisei me ausentar e apoio nas análises.

A Prof. Dr<sup>a</sup>. Juliane Doering Gasparin Carvalho, pelo suporte no desenvolvimento deste trabalho, compreensão e oportunidades de desenvolvimento pessoal e intelectual desde o início do curso. Muito obrigada pelas constantes e produtivas orientações, cresci muito com os seus ensinamentos.

A Prof. Dr<sup>a</sup>. Luciana de Siqueira Oliveira, pela confiança e oportunidade de desenvolver este pó para aplicar no sorvete, além da dedicação e acolhida.

Aos membros participantes da banca examinadora Dr<sup>a</sup>. Deborah dos Santos Garruti, Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso e Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, pelo tempo e valiosas contribuições.

A professor Rinaldo do Laboratório de Química do IFCE, pelos testes preliminares realizados. Ao professor Marcos Afonso, pelo direcionamento nas secagens e pelo tempo concedido para retirar dúvidas.

A Lorena, Mateus, Amanda, pelo auxílio nas análises e elaboração dos extratos.

Ao Laboratório de Fisiologia da Pós-colheita do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará (UFC) por conceder espaço para elaboração do extrato.

A Embrapa, Agroindústria Tropical de Fortaleza, em especial, a Cláudia, que tornou possível a secagem das amostras pelo processo de liofilização.

A equipe do Laboratório de Laticínios da UFC, pelo suporte e confiança.

Ao Laboratório de Frutos e Hortaliças do Departamento de Engenharia de Alimentos/UFC e auxílio do Fernando e Liana pelas análises de cor do extrato e do sorvete.

Ao Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos/UFC por conceder o espaço para realização da análise sensorial.

Aos colegas da turma de mestrado, pelos momentos maravilhosos compartilhados, pelas dúvidas tiradas e torcida.

As minhas amigas que infância e aos amigos que fui adquirindo ao longo dessa existência, Poderosas, Cropa e Amigos dos Boards, que torceram e me acompanharam nessa jornada de pesquisa e dividiram comigo as alegrias e angústias de fazer pesquisa.

“A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro”.  
(Albert Einstein)



## RESUMO

Pigmentos naturais podem ser obtidos a partir de cascas de frutas e utilizados como corante alternativo na indústria de alimentos. Entre eles, as betalaínas, encontradas nas cascas de pitaia (*Hylocereus sp.*) podem ser utilizadas em sorvetes devido a sua boa estabilidade em baixas temperaturas. O objetivo deste trabalho foi obter o extrato a partir da casca da pitaia encapsulado por liofilização e comparar sua aplicação em sorvete com o corante artificial (vermelho amaranço) utilizado na indústria de gelados comestíveis. Para obtenção do extrato de betalaínas, cascas de pitaia em solução aquosa acidificada de pH 6,3 (1:10, m/v) foram submetidas a banho de ultrassom por 38 minutos a 30 °C e encapsuladas com maltodextrina e inulina por liofilização. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos do extrato líquido (pH, sólidos solúveis, cor, conteúdo de betalaínas e atividade de água) e do extrato liofilizado (cor, conteúdo de betalaínas, umidade, atividade de água, higroscopicidade, solubilidade e grau de caking). Três formulações de sorvetes sabor morango foram elaboradas: sem corante, com corante obtido da casca da pitaia e com corante artificial amaranço. Os sorvetes elaborados foram submetidos às análises microbiológicas (contagem de Estafilococos Coagulase Positiva (UFC/g), Coliformes termotolerantes a 45 °C e pesquisa de *Salmonella spp.* em 25 g); físico-químicas (pH, sólidos solúveis e cor); e sensoriais (aceitação - impressão global, cor, sabor, aroma e textura, preferência e intenção de compra). A estabilidade da cor do sorvete e do pó obtido foi avaliada a cada 30 dias durante 120 dias a partir da variação das coordenadas de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) obtidas para cada período. Dentre os resultados encontrados para caracterização do pó, a solubilidade foi de 97,92%, considerada alta em relação à literatura, assim como o grau de caking de 55,93%. Durante os 120 dias de armazenamento, o pó apresentou grande variação da coordenada de cor L, indicando seu escurecimento, provavelmente devido à umidade adquirida ao longo do armazenamento. Os resultados para impressão global, cor e intenção de compra do sorvete mostraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a sem adição de corante e as demais, demonstrando a importância da adição de corante para aceitação do produto. No teste de ordenação preferência, não houve diferença significativa entre as amostras que tiveram a adição dos corantes. O sorvete não apresentou variação de cor significativa ( $p < 0,05$ ) durante o armazenamento de 120 dias. Conclui-se que o extrato obtido da casca da pitaia possui potencial uso para indústria de sorvetes, podendo substituir com sucesso o corante artificial de coloração rosa.

**Palavras-chave:** Betalaínas. Coprodutos. Análise Sensorial. Maltodextrina. Inulina.

## ABSTRACT

Natural pigments can be obtained from fruit peels and used as an alternative dye in the food industry. Among them, the betalains, found in the pitaya (*Hylocereus* sp.) peel can be used in ice creams because of their good stability at low temperatures. The objective of this work was to compare the application of the natural dye extracted from the pitaya peel, encapsulated and freeze-dried with the artificial dye (amaranth red) used in the edible ice cream industry. After obtaining the aqueous betalain extract from pitaya peels and distilled water (1:10) using ultrasonic technology (38 minutes of extraction at 30 ° C), it was encapsulated with maltodextrin and inulin by freeze-drying. The physico-chemical parameters of the liquid extract (pH, soluble solids, color, betalain content and water activity) and freeze-dried extract (color, betalain content, moisture, water activity, hygroscopicity, solubility and degree of caking). Three formulations of strawberry flavored ice creams were prepared: without dye, with dye obtained from pitaya peel and with artificial amaranth dye. The processed ice creams were submitted to microbiological analysis (Staphylococcus Coagulase Positive (UFC / g), Thermotolerant Coliforms at 45 ° C and Salmonella spp. in 25 g); physical-chemical (pH, soluble solids and color); and sensory (acceptance - overall impression, color, taste, aroma and texture, preference and purchase intention). The color stability of the ice cream and the obtained powder was evaluated every 30 days for 120 days from the variation of the color coordinates (L \*, a \*, b \*) obtained for each period. Among the results found for characterization of the powder, solubility was 97.92%, considered high in relation to the literature, as well as the degree of caking of 55.93%. During the 120 days of storage, the powder presented a great variation of the color coordinate L, indicating its darkening, probably due to the humidity acquired along the storage. The results for the overall impression, color and purchase intention of the ice cream showed a significant difference (p <0.05) between sample without dye and the others, demonstrating the importance of the addition of color for product acceptance. In the preference ordering test, there was no significant difference between the samples with addition of the dyes. The ice cream had no significant color variation (p <0.05) during storage of 120 days. It is concluded that the extract obtained from the bark of the pitaya has potential use for the industry of ice cream, being able to replace with success the artificial dye of pink coloration.

**Keywords:** Betalains. Coproducts. Sensory Analyses. Maltodextrin. Inulin.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura química do amaranto.....	21
Figura 2 – Estrutura química das betalaínas e sua ressonância.....	23
Figura 3 – Estrutura química da Betacianina (A) e da Betaxantina (B).....	24
Figura 4 – Amadurecimento de pitaia ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> ) ao longo dos dias após antese (DAA) com diferentes tipos de sombreamento.....	26
Figura 5 – Partes do fruto da pitaia.....	27
Figura 6 – A - Pitaia-vermelha ( <i>Hylocereus monacanthus</i> ), B - Pitaia-amarela ( <i>Selenicereus megalanthus</i> ), C - Pitaia de polpa branca ( <i>Hylocereus undatus</i> ) e D - Pitaia-do-cerrado ( <i>Selenicereus setaceus</i> ) .....	28
Figura 7 – Diferença entre microcápsulas (A) e microesferas (B).....	30
Figura 8 – Fluxograma de produção de sorvetes.....	33
Figura 9 – Desenho esquemático do cilindro da produtora de sorvete.....	34
Figura 10 – Extrato da casca da pitaia adicionado dos materiais de parede após secagem por liofilização .....	49
Figura 11 – Extrato da casca de pitaia liofilizado após 120 dias de armazenamento.....	54
Figura 12 – Amostras de sorvete elaboradas sem adição de corante, adicionado de extrato liofilizado e corante artificial .....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de sorvetes no Brasil em milhões de litro/ano .....	32
Gráfico 2 – Variação total de cor ( $\Delta E$ ) do extrato da casca da pitaia liofilizado durante armazenamento.....	55
Gráfico 3 – Variação total de cor ( $\Delta E$ ) do sorvete elaborado com extrato da casca da pitaia liofilizado durante o armazenamento. ....	60
Gráfico 4 – Frequência de consumo de sorvetes à base de leite por 89 provadores.....	61
Gráfico 5 – Sabores de sorvetes apontados como os mais consumidos entre os 89 provadores .....	61
Gráfico 6 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação da impressão global dos sorvetes estudados.....	63
Gráfico 7 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação da cor dos sorvetes estudados.....	64
Gráfico 8 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação do aroma dos sorvetes estudados.....	65
Gráfico 9 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação do sabor dos sorvetes estudados.....	66
Gráfico 10 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação da textura dos sorvetes estudados .....	67
Gráfico 11 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na intenção de compra dos sorvetes estudados.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas de cor e características físico-químicas do extrato líquido da casca da pitaiá.....	46
Tabela 2 – Coordenadas de cor e características físico-químicas do extrato da casca da pitaiá adicionado dos materiais de parede e seco por liofilização.....	50
Tabela 3 – Coordenadas de cor do extrato liofilizado ao longo dos dias de armazenamento.....	54
Tabela 4 – Características microbiológicas dos sorvetes elaborados.....	56
Tabela 5 – Características físicas e físico-químicas dos sorvetes elaborados.....	57
Tabela 6 – Coordenadas de cor das amostras de sorvete elaborados.....	58
Tabela 7 – Caracterização de cor do sorvete adicionado de extrato da casca da pitaiá liofilizado ao longo do tempo.....	59
Tabela 8 – Médias hedônicas da avaliação de sorvetes.....	62
Tabela 9 – Somatório e diferença entre os totais de ordenação dos sorvetes elaborados...	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIS	Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes
ADSA	American Dairy Science Association
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
DE	Dextrose Equivalente
DPPH	1,1-difenil-2-picrilidrazil
EFSA	European Food Safety Authority
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FDA	Food Drug Administration
FRAP	Poder Antioxidante de Redução Férrica
IFT	Institute of Food Technologists
INS	International Numbering System
JECFA	Joint Expert Committee on Food Additives
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
OMS	Organização Mundial de Saúde
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFC	Unidade Formadora de Colônias
WHO	World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Cor do Alimentos e Corantes</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Aspectos legais sobre corantes</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Corantes sintéticos</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Corantes naturais</b> .....	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Betalainas</b> .....	<b>23</b>
<b>2.6</b>	<b>Pitaia</b> .....	<b>26</b>
<b>2.7</b>	<b>Extração de Betalainas</b> .....	<b>28</b>
<b>2.8</b>	<b>Encapsulação</b> .....	<b>30</b>
<b>2.9</b>	<b>Sorvetes</b> .....	<b>32</b>
<b>2.10</b>	<b>Análise Sensorial</b> .....	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Obtenção do extrato da casca da pitaia</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização do extrato líquido</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Cor</i> .....	<b>38</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Quantificação de betacianinas</i> .....	<b>39</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Sólidos solúveis</i> .....	<b>39</b>
<b>3.2.4</b>	<i>pH</i> .....	<b>39</b>
<b>3.2.5</b>	<i>Atividade de água</i> .....	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Encapsulação do extrato da casca da pitaia</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>Caracterização do extrato liofilizado</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Quantificação de betacianinas</i> .....	<b>40</b>
<b>3.4.2</b>	<i>Umidade</i> .....	<b>41</b>
<b>3.4.3</b>	<i>Higroscopicidade</i> .....	<b>41</b>
<b>3.4.4</b>	<i>Solubilidade</i> .....	<b>41</b>
<b>3.4.5</b>	<i>Grau de caking</i> .....	<b>42</b>
<b>3.4.6</b>	<i>Estabilidade da cor</i> .....	<b>42</b>
<b>3.5</b>	<b>Elaboração do sorvete</b> .....	<b>42</b>

3.6	Análises microbiológicas do sorvete .....	43
3.7	Análises físicas e físico-químicas do sorvete .....	43
3.8	Análise Sensorial do sorvete .....	44
3.9	Análises Estatísticas dos Resultados .....	44
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	46
4.1	Caracterização do extrato líquido da casca da pitaia .....	46
4.2	Caracterização do extrato liofilizado da casca da pitaia .....	48
4.3	Estabilidade da cor do extrato liofilizado da casca da pitaia .....	53
4.4	Análises microbiológicas do sorvete.....	56
4.5	Análises Físicas e Físico-Químicas do sorvete .....	56
4.6	Estabilidade da cor do sorvete elaborado com extrato liofilizado.....	59
4.7	Análise Sensorial dos sorvetes elaborados .....	60
4.7.1	<i>Caracterização dos provadores</i> .....	60
4.7.2	<i>Teste de aceitação</i> .....	62
4.7.3	<i>Teste de ordenação</i> .....	68
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	69
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70
	<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	82
	<b>APÊNDICE B – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL</b> .....	83
	<b>ANEXO A – TABELA DE ORDENAÇÃO / TABELA DE CHRISTENSEN</b>	86



## 1 INTRODUÇÃO

A cor e a aparência são atributos importantes para a qualidade dos alimentos, sendo esses os primeiros parâmetros avaliados pelos consumidores no momento da aquisição de um produto (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010). As indústrias de alimentos podem utilizar tanto corantes sintéticos como naturais. Os corantes sintéticos são amplamente utilizados devido à sua estabilidade e baixo custo. Os corantes naturais têm menor poder corante, baixa estabilidade e podem interagir com outros ingredientes alimentares (SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017).

O consumo de corantes alimentares por parte das crianças pode induzir intolerância alimentar e reações alérgicas, o que direciona a tendência da indústria de alimentos em substituí-los por extratos de frutas e vegetais (FEKETEÁ; TSABOURI, 2017). O corante sintético também tem sido estudado quanto seu potencial genotóxico (SARIKAYA; SELVI; ERKOÇ, 2012). Alimentos sem aditivos são muito procurados por consumidores que optam pela alimentação mais saudável. Na ausência deste tipo de produto, eles escolhem os que contêm aditivos naturais (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2015).

Entre os corantes naturais mais conhecidos estão os carotenoides, as clorofilas, antocianinas e betalaínas. Eles podem ser obtidos a partir de extratos vegetais de cascas e de polpas de frutas (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010). As indústrias produtoras de sucos de frutas e polpas congeladas muitas vezes não utilizam as cascas e sementes dos frutos, que são pouco aproveitados e acabam se tornando um resíduo (AMORIM, 2016).

A literatura científica apresenta vários estudos utilizando cascas de frutos para obtenção de corantes, antioxidantes e como fonte de fibras. Rizk, El-Kady e El-Bialy (2014) extraíram licopeno da casca de tomates para ser utilizado como corante natural em sorvete. CAN-CAUICH *et al.*, (2017) extraíram compostos bioativos com propriedades antioxidantes de cascas de frutas. O uso das cascas de frutas para esses fins pode reduzir o desperdício de alimentos e ainda fornecer excelente fonte de nutrientes.

A casca e polpa da pitáia são fontes de betalaínas que conferem a sua coloração vermelho-rosa (XU; ZHANG; WANG, 2016). Alguns estudos têm se desenvolvido no intuito de extrair as betalaínas presentes na pitáia, tanto da casca (FLORES *et al.*, 2016; SOTO-CASTRO *et al.*, 2019) quanto da polpa (SOTO-CASTRO *et al.*, 2019, SHAARUDDIN *et al.*, 2017, GARCÍA-LUCAS *et al.*, 2017) a fim de obter compostos que podem ser utilizados na indústria farmacêutica (TENORE; NOVELLINO; BASILE, 2012) ou de alimentos (SOUSA, 2015, YEE; WAH, 2017).

As betalaínas são mais estáveis em pH entre 4,0 e 6,0 se armazenadas a 4 °C. Consequentemente esses pigmentos podem ser utilizados em alimentos armazenados em resfriamento, ou nos congelados. Entretanto, esses pigmentos são sensíveis a vários fatores como luz, calor, pH elevado, ar e presença de íons metálicos. Técnicas de estabilização como o encapsulamento (KHAN, 2016), no qual o ingrediente ativo é protegido pelo encapsulante ou material de parede na forma de microcápsulas ou microesferas (PAULO; SANTOS, 2016) podem ser empregadas para aumentar a sua estabilidade,

Diferentes tipos de agentes encapsulantes podem ser empregados, sendo que a maltodextrina é o material mais utilizado (GIBBS, *et al.*, 1999). O uso combinado de maltodextrina com outros materiais pode potencializar as propriedades das cápsulas formadas (PALM *et al.*, 2016). Uma alternativa interessante à maltodextrina é a inulina. Devido às suas propriedades viscoelásticas, a inulina permite a formação de partículas mais suaves, ao passo que sua menor absorção de água poderia proporcionar maior vida de prateleira a ativos encapsulados (BOTREL *et al.*, 2014).

Entre várias técnicas de encapsulamento as mais comuns são a secagem por pulverização e a liofilização (WILKOWSKA *et al.* 2016). A liofilização preserva a maioria das propriedades iniciais da matéria-prima, como a cor e atividade biológica devido a baixas temperaturas empregadas (BALLESTEROS, 2017).

O sorvete, assim como outros alimentos industrializados, deve possuir cor atraente com a qual o consumidor relaciona ao sabor (GOFF; HARTEL, 2013). Ele fornece muitos nutrientes e pode ter excelente contribuição na alimentação para obtenção de energia em dietas saudáveis e equilibradas (DEOSARKAR; KALYANKAR, 2016).

Devido às necessidades de utilização de corantes na indústria de alimentos a fim de tornar o produto final mais atrativo e de atender a demanda crescente dos consumidores por corantes naturais, o objetivo desse trabalho foi obter o extrato a partir da casca da pitaia encapsulado com maltodextrina e inulina por liofilização e comparar sua aplicação em sorvete com o corante artificial (vermelho amaranço) utilizado na indústria de gelados comestíveis. Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- caracterizar o extrato aquoso e encapsulado através de análises físicas e físico-químicas;
- estudar a influência do corante extraído da casca da pitaia em pó nas características físicas, físico-químicas e sensoriais do sorvete;
- avaliar a estabilidade da cor durante 120 dias na amostra de sorvete adicionada de corante extraído da casca da pitaia.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cor dos alimentos e corantes

As pessoas percebem o alimento através do sistema de percepção visual, mesmo antes de provar o seu sabor para tomar a decisão de comprá-lo ou de consumi-lo (LEE *et al.*, 2013). Os olhos percebem a qualidade inicial dos alimentos, recebendo informações como cor, tamanho, forma, textura, consistência e brilho. A luz que entra através do olho é focada na retina, onde as hastes e cones o convertem em impulsos neurais que viajam ao cérebro via nervo óptico. A percepção pelo sistema visual de luz dos comprimentos de onda 400-500 nanômetros (nm, azul), 500-600 nm (verde e amarelo) e 600-800 nm (vermelho) é comumente expresso em termos de tonalidade, valor e croma do sistema de cores Munsell (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2015). O sistema de Munsell foi o primeiro a descrever com precisão quantitativa a experiência psicológica da cor (COCHRANE, 2014).

Os primatas avaliavam a qualidade dos alimentos com base no brilho de tons vermelhos e verdes de cor. As mudanças de cor sozinhas podem aumentar consideravelmente a aceitabilidade dos alimentos (CHOI, 2014). A cor auxilia na identificação do produto pelo consumidor (AMCHOVA, 2015).

O processamento de alimentos pode causar a degradação de pigmentos naturais, sendo necessária a adição de corantes alimentares para restituir ou intensificar a cor (LIDON; SILVESTRE, 2007). Diversas condições externas como luz, temperatura, umidade e condições de estocagem possuem um papel crucial na perda de cor dos alimentos (MARTINS *et al.*, (2016). Os carotenóides, por exemplo, são altamente propensos à degradação química durante o processamento e armazenamento de alimentos devido aos efeitos da luz, oxigênio e calor (GIULIANE, 2016).

Dessa forma, para compensar a perda de cor nos alimentos devido a exposição à luz ou à temperatura, ou ainda com o objetivo de intensificar a cor natural de forma a torná-los mais atraentes faz-se o uso da adição de corantes (AMCHOVA, 2015).

Um aditivo de cor, ou corante, é um pigmento, ou outra substância obtida por processo de síntese, extração ou isolamento com ou sem mudança intermediária ou final de identidade, de um produto vegetal, animal, mineral ou de outra fonte que, quando adicionado a um alimento, medicamento, ou cosmético ou ao corpo humano, é capaz (sozinho ou através de reação com outra substância) de conferir-lhes cor (CIEF, 2017).

## 2.2 Aspectos legais sobre corantes

Desde as civilizações antigas, os corantes foram usados para dar apresentação atrativa para produtos elaborados pelo homem, como por exemplo, o açafraão. No século XIX, foram introduzidos os corantes derivados de minerais na pigmentação de alimentos. Alguns como o cromato de chumbo e sulfato de cobre, usados na pigmentação de doces e chucrute causaram problemas de saúde, com casos levando até a morte por estarem contaminados com arsênio e outras impurezas tóxicas. Simultaneamente, os corantes derivados do alcatrão e outros do petróleo foram desenvolvidos e utilizados em alimentos, medicamentos e cosméticos, porém atualmente poucos desses pigmentos são utilizados em alimentos (VARGAS; LÓPES, 2002).

Pelo fato dos corantes e outros aditivos poderem causar mal à saúde é que existem legislações pertinentes ao assunto. O *Codex Alimentarius*, uma coletânea de padrões reconhecidos internacionalmente, é referência no assunto. Ele é organizado pelo Codex Alimentarius Commission, assessorado pelo JECFA, Comitê de Peritos em Aditivos Alimentares, o qual é administrado conjuntamente pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (CODEX, 2017). Outras organizações legislam sobre aditivos, como o FDA, Foods and Drugs Administration, nos Estados Unidos e a EFSA, European Food Safety Authority na Europa. No Brasil, a ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, é responsável por estabelecer critérios sobre os corantes.

De acordo com CODEX (2017), aditivo alimentar é qualquer substância que usualmente não é consumida como alimento e que não é usada como um ingrediente típico, podendo possuir ou não valor nutritivo. A utilização de aditivos alimentares é justificado quando seu uso apresenta propriedades tecnológicas que não desencadeiem riscos à saúde dos consumidores.

No Brasil, a Portaria nº 540 de 27 de outubro de 1997 aprova o regulamento técnico, onde constam a definição, a classificação e o emprego dos aditivos alimentares. Foi a primeira legislação a ser harmonizada entre os países do Mercosul, na área de aditivos alimentares. Nessa Portaria, o corante é definido como substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento (BRASIL, 1997).

De acordo com a legislação brasileira, os corantes podem ser classificados em:

- corante orgânico natural (aquele obtido a partir de vegetal, ou eventualmente, de animal, cujo princípio corante tenha sido isolado com o emprego de processo

- tecnológico adequado); - artificial (corante orgânico sintético não encontrado em produtos naturais);
- orgânico sintético idêntico ao natural (cuja estrutura química é semelhante a do princípio ativo isolado do corante natural);
- corante inorgânico (aquele obtido a partir de substâncias minerais e submetido a processos de elaboração e purificação adequados a seu emprego em alimentos);
- caramelo (obtido por aquecimento de açúcares à temperatura superior ao ponto de fusão);
- caramelo processo amônia (orgânico sintético idêntico ao natural obtido pelo processo de amônia) (BRASIL, 1977).

A RDC nº45 de 03 de novembro de 2010 lista os aditivos alimentares permitidos, de acordo com sua classe funcional, por exemplo, acidulantes, antioxidantes, corantes e estabilizantes de cor, entre outros (BRASIL, 2010a).

De acordo com a Resolução RDC nº 259 de 20 de setembro de 2002, os aditivos alimentares devem ser declarados nos rótulos dos alimentos com seu nome completo ou seu INS (Sistema Internacional de Numeração, Codex Alimentarius FAO/OMS) ou ambos (BRASIL, 2002a). Somente o corante tartrazina deve obrigatoriamente ter seu nome declarado por extenso, segundo a Resolução nº 340/2002 da ANVISA/MS (BRASIL, 2002b). O Decreto-Lei n. 986 de 21 de outubro de 1969 determina ainda que as informações “Colorido Artificialmente” e “Aromatizado Artificialmente” sejam declaradas no painel dos alimentos que contenham adição de corantes artificiais e aromas artificiais, respectivamente (BRASIL, 1969).

Para gelados comestíveis, a RDC nº 3 de 15 de janeiro de 2007 lista quais são os aditivos permitidos, incluindo os corantes e respectivos limites máximos por 100g. Um total de 38 corantes, entre naturais e sintéticos, são permitidos (BRASIL, 2007).

Os corantes sintéticos têm sido utilizados devido a sua alta estabilidade e baixo custo. Entretanto, a percepção e a demanda do consumidor por uma vida mais saudável tem impulsionado a substituição de corantes sintéticos por naturais (SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017), devido aos benefícios à saúde e segurança de uso que os aditivos naturais possuem (CAI; SUN; CORKE, 2005).

### 2.3 Corantes sintéticos

Segundo Martins *et al.* (2016), os corantes alimentares sintéticos são amplamente utilizados para melhorar a atratividade de inúmeros alimentos. A sua aplicação em produtos alimentícios é atualmente permitido pela FDA, EFSA e ANVISA, já estabelecidas doses aceitáveis de ingestão diária (IDA).

O consumo de corantes alimentares por parte das crianças pode induzir intolerância alimentar e reações alérgicas, variando de urticária, asma e anafilaxia. Os consumidores demonstram preferência por corantes naturais, enquanto a indústria de alimentos prefere corantes sintéticos devido a sua estabilidade, poder corante e preço. A atitude do consumidor de evitar corantes sintéticos direciona a tendência da indústria de alimentos em substituí-los por extratos de frutas e vegetais. As reações alérgicas a corantes naturais são raras (FEKETEÁ; TSABOURI, 2017).

Um estudo recente de Batada e Jacobson (2016) sobre corantes alimentícios em produtos comercializados para crianças na Carolina do Norte (EUA) analisou 810 itens, identificando que os corantes sintéticos mais frequentes foram vermelho allura (28,9%), azul brilhante (24,2%), tartrazina (20,5%) e amarelo crepúsculo (19,5%).

Além de intolerância alimentar e alergias, os corantes sintéticos têm sido estudados quanto a seu potencial genotóxico. Sarıkaya, Selvi, e Erkoç (2012) conduziram um estudo com a mosca *Drosophila melanogaster*, conhecida como mosca-da-fruta, e avaliaram o potencial de genotoxicidade de cinco corantes alimentares: amaranço, azul patente, ácido carmínico, indigotina e eritrosina, utilizando o Teste de Mutação Somática e Recombinação (SMART). Para diferentes concentrações de amaranço os resultados foram positivos, sendo que a concentração de 50 mg/mL aumentou claramente a frequência de todos os tipos de mutação, indicando que ele pode causar efeitos genotóxicos.

Em outro estudo utilizou-se células de sangue periférico humano *in vitro* para avaliar o potencial genotóxico, citotóxico e citostático dos corantes alimentares tartrazina, eritrosina e amaranço. Foram utilizadas concentrações variando entre 0,02 mmol/L a 8 mmol/L. O efeito genotóxico para o amaranço foi identificado em todas as concentrações utilizadas, das quais a mais alta (8 mmol/L) demonstrou alta genotoxicidade e citotoxicidade (MPOUNTOUKAS *et al.*, 2010),

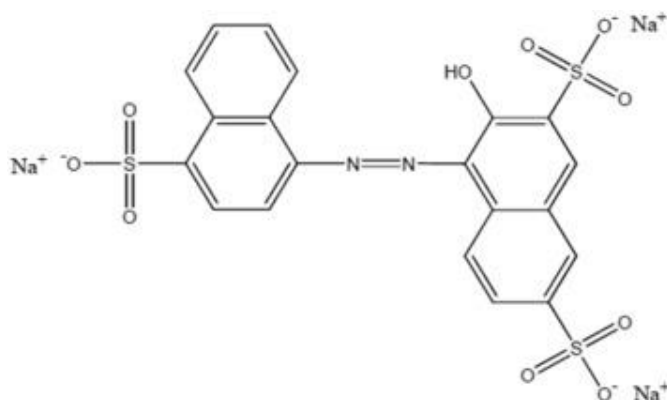
Existem cinco grupos de corantes sintéticos: os compostos azo, como amaranço e tartrazina; os derivados de quinofalona; o grupo triarilmetano; xanteno e o corante índigo. Alguns corantes, como o amaranço e a carmosina, são proibidos em alguns países. Ambos

compostos são proibidos nos Estados Unidos, mas não na União Europeia. Por outro lado, o verde rápido é proibido na União Europeia, mas é permitido nos Estados Unidos. (SARIKAYA; SELVI; ERKOÇ, 2012).

Os compostos “azo” podem ter muitas cores diferentes e todos possuem o grupo funcional  $R-N = N-R$ , em que o R pode ser arila ou alquila. Um corante desse tipo bastante utilizado é o amaranço (FIGURA 1) o qual é suspeito de ser cancerígeno (CAROCHO *et al.*, 2014). De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1977), o amaranço também pode ser denominado Bordeaux S.

O amaranço é solúvel em água (aproximadamente 70 g/ L a 25 °C) e ligeiramente solúvel em etanol (até 4 g/L), mas insolúvel em óleos vegetais. Os pós ou grânulos são de cor vermelha amarronzada, enquanto que na forma líquida tem cor vermelha azulada. Normalmente o amaranço é fornecido na forma de sal associado com sódio, potássio ou cálcio (ROVINA, SIDDIQUEE; SHAARANI, 2017).

Figura 1 – Estrutura química do amaranço



Fonte: Adaptado de Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos (ROVINA; SIDDIQUEE; SHAARANI, 2017).

A maioria dos corantes azo é obtida pelo alcatrão do carvão mineral e apresentam grande estabilidade, facilitando sua utilização. As cores são de variadas tonalidades e seu emprego é menos oneroso, justificando, portanto a maior frequência de seu uso nas indústrias de alimentos (CASTRO *et al.*, 2010).

Os corantes azos sintéticos permitidos em alimentos no Brasil são: tartrazina (INS102), amarelo crepúsculo (INS110), azorrubina ou carmosina (INS122), amaranço

(INS123), ponceau 4R (INS124) e allura vermelho (INS129) (BENTO; LIMA ;PAIM, 2015; BRASIL, 1977).

## 2.4 Corantes naturais

Entre os corantes naturais mais conhecidos estão às clorofilas, carotenóides, antocianinas e betalaínas. As clorofilas são os principais pigmentos em plantas verdes, algas e bactérias fotossintéticas (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010).

Segundo Milne *et al.* (2015), as clorofilas mais comuns encontradas nas plantas são a clorofila a e clorofila b. Segundo Lidon e Silvestre (2007), clorofilas, clorofilinas e complexos cúpricos de clorofilinas têm sido utilizadas para conferir aos produtos alimentares cores que variam do verde azeitona a verde escuro, azul esverdeado e azul escuro. São sensíveis a luz, pH, oxigênio e ao calor. A instabilidade das clorofilas faz com que sejam aditivos pouco utilizados.

Os carotenóides são pigmentos responsáveis pela cor alaranjada dos vegetais. Exemplos são licopeno, luteína, zeaxantina, bixina e norbixina, mas compreendem grande número de compostos, muitos dos quais com atividade biológica. Alguns carotenoides têm atividade pró-vitamina A, outros como o licopeno não possuem pró-vitamina A, mas tem atividade antioxidante (COSTA; ROSA, 2016).

De acordo com Lidon e Silvestre (2007), as antocianinas constituem um grupo de corantes naturais que variam do roxo ao azul, podendo apresentar outras cores de acordo com o pH. Podem ser obtidos a partir de frutas como mirtilos, amoras, morangos, groselhas, framboesas e uvas. A fonte mais importante é a do co-produto do vinho tinto. Dentre as antocianinas destacam-se as ciadinas, peonidinas, malvidinas, delfidinas e a petudina.

A cor das antocianinas depende do pH e sua estabilidade é influenciada por diversos fatores como a sua estrutura e concentração, temperatura, luz, oxigênio, presença de enzimas entre outros (AMAYA, 2016). Segundo Costa e Rosa (2016), as antocianinas além de propriedades corantes possuem atividade antioxidante.

Outro grupo de corantes naturais que possui atividade antioxidante e muitas vezes são confundidas com as antocianinas são as betalaínas. As plantas que contêm betalaínas têm cores semelhantes às das plantas que contém antocianinas. Sua cor não é afetada pelo pH, ao contrário do que ocorre com as antocianinas (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010).

Na legislação brasileira são considerados corantes a clorofila, os carotenoides alfa, beta e gama caroteno, bixina, norbixina, capsantina, capsorubina e licopeno. Entre as



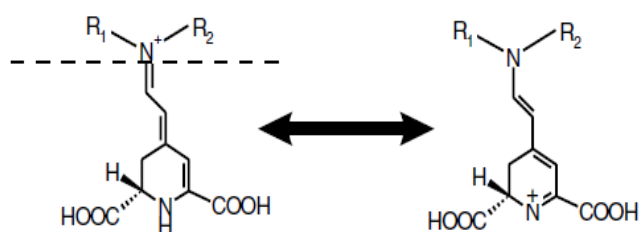
antocianinas aprovadas como corantes: elargonidina, cianidina, peonidina, delphinidina, petunidina, e malvidina. Como representante das betalaínas, o corante utilizado na indústria de alimentos é o vermelho de beterraba ou betanina (BRASIL, 1977). No CODEX, a beterraba vermelha é aprovada como corante alimentar. O código para o corante oriundo da beterraba é INS 162 (CODEX, 2017). No FDA a beterraba desidratada em pó é a única betanina aprovada como corante (FDA, 2018).

## 2.5 Betalaínas

As betalaínas são um pequeno grupo de alcaloides que têm aspectos histológicos e propriedades ópticas semelhantes às antocianinas, um dos principais grupos compostos fenólicos (MARTINS *et al.*, 2017).

Até 1957 as betalaínas (FIGURA 2) eram consideradas antocianinas nitrogenadas, entretanto a cristalização da betanina e sua hidrólise em betanidina e posteriores estudos sobre o isolamento da indicaxantina forneceram evidências de que se tratava de um grupo diferente (KHAN; GIRIDHAR, 2015).

Figura 2 – Estrutura química das betalaínas e sua ressonância



Fonte: Adaptado de Corantes naturais para alimentos e nutracêuticos (VARGAS; LÓPEZ, 2002).

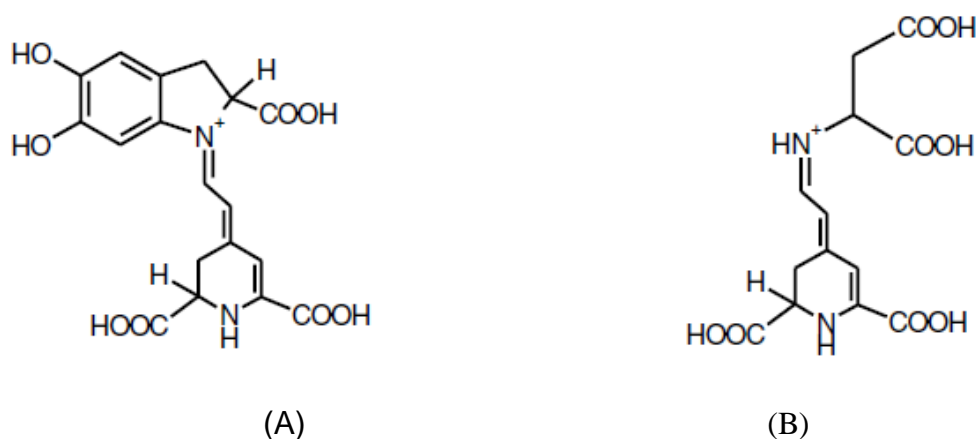
As betalaínas, derivadas do ácido betalâmico, são solúveis em água e cor é atribuída à ressonância da dupla ligação no nitrogênio. Elas podem ser classificadas como betaxantinas ou betacianinas, dependendo dos radicais R1 e R2 (FIGURA 2) (VARGAS; LÓPEZ, 2002).

As betacianinas possuem coloração que varia do vermelho ao roxo e as betaxantinas coloração amarela (DAMODARAN; PARKIN; FENEMMA, 2010). Mais de 50

betalaínas já foram descritas e todas possuem a mesma estrutura básica, sendo que R1 e R2 (FIGURA 2) podem ser hidrogênios, grupos aromáticos ou outros substitutos.

Na Figura 3 pode ser observada a estrutura da betanina (betacianina) e da miraxantina II (betaxantina) (VARGAS; LÓPEZ, 2002).

Figura 3 – Estrutura química da Betacianina (A) e da Betaxantina (B)



Fonte: Adaptado de Corantes naturais para alimentos e nutracêuticos (VARGAS; LÓPEZ, 2002).

As betalaínas são mais estáveis em pH entre 4 e 6 se armazenadas a 4 °C, conseqüentemente, esses pigmentos podem ser utilizados em alimentos congelados ou naqueles armazenados em refrigeração. Entretanto, esses pigmentos são sensíveis a vários fatores como a luz, calor, pH elevado, ar, presença de íons metálicos, tais como  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  (KHAN, 2016).

A betanina é a betalaína mais comum e durante muito tempo a beterraba foi considerada a única fonte de betalaína. Porém nos últimos anos, muitos estudos vêm se desenvolvendo em busca de outras fontes, tais como o ulluco (*Ullucus tuerosus*), um tipo de raiz muito comum na região dos Andes, na América do Sul e a *Basella rubra*, conhecido mais comumente como espinafre malabar, nativa da Índia, leguminosa que acumula pigmentos nos seus frutos (AMAYA, 2016).

De acordo com Polturak e Aharoni (2018), ao contrário das classes dos pigmentos antocianinas e carotenóides, as betalaínas são de natureza bastante rara e são restritas à ordem das *Caryophyllales*, mas também podem ser produzidas por fungos do gênero *Amanita*. De acordo com Woo e Ngou (2011), entre as *Caryophyllales* mais utilizadas como fontes de betalaínas estão a beterraba vermelha e amarela (*Beta vulgaris* L. sp. *vulgaris*,

*Chenopodaceae*), acelga suíça (*Beta vulgaris* L. sp. *cicla*, *Chenopodaceae*), grãos ou folhas de amaranto (*Amaranthus* sp., *Amaranthaceae*) e frutas de cactos (*Cactaceae*).

Diferentes aplicações alimentícias das betalaínas vêm sendo estudadas, tais como iogurte (YADAV; MASIH; SONKAR, 2016), sorvete (MANOHARAN *et al.*, 2012; KUMAR *et al.* 2015), *cream cheese* (SANDHYA; PRIYA, 2017), maionese (RAIKOS *et al.*, 2016), pastilhas de frutas (YEE; WAH, 2017) e *snacks* (DHADAGE; SHINDE; GADHAVE, 2014).

As betalaínas têm se destacado quanto a sua atividade antioxidante. Além disso, os compostos antioxidantes nos alimentos desempenham um papel importante como fator protetor da saúde. Evidências científicas sugerem que antioxidantes reduzem o risco de doenças crônicas, incluindo câncer e doenças cardíacas (ZAINOLDIN; BABA, 2009).

Vulic *et al.* (2014) administraram extrato de beterraba em ratos para avaliar sua propriedade antioxidante e seu potencial hepatoprotetor. Avaliaram as atividades de várias enzimas (xantina oxidase, catalase-CAT, peroxidase, glutathione peroxidase-GSHPx e glutathione reductase) e mediram o nível de glutathione-GSH e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Os resultados foram positivos, confirmando a atividade antioxidante e hepatoprotetora do extrato, indicando que o baço da beterraba pode ser considerado um nutracêutico e pode ser utilizado como ingrediente funcional.

As propriedades antioxidantes da betanina por meio de espectroscopia de ressonância por rotação de elétrons (ESR) para avaliar sua capacidade em eliminar hidroxila, superóxido, 2,2 difenil-1-picrilidrazilo (DPPH) e radicais livres de galvinoxilo. O trabalho sugere que a betanina elimina radicais livres e induz o mecanismo de defesa antioxidante em células cultivadas (ESATBEYOGLU *et al.*, 2014)

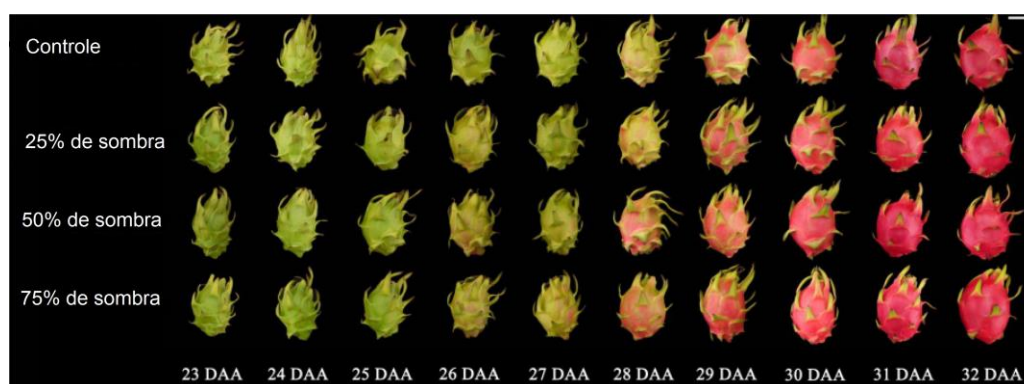
Tenore, Novellino e Basile (2012) mediram a atividade antioxidante da casca e polpa da pitua (*Hylocereus polyrhizus*) através de dois métodos espectrofotométricos, DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil) e testes de FRAP (poder antioxidante de redução férrica), expressos como equivalentes de trolox (Tes - 6-hidroxi- 2,5,7,8-tetrametilcromo-2 ácido carboxílico). As betacianinas apresentaram maior atividade antioxidante nos ensaios DPPH e FRAP, embora fossem quase 10 vezes mais abundantes nas cascas do que na polpa. A redução da absorção de DPPH é indicativa da capacidade das amostras em eliminar os radicais livres, enquanto o FRAP é o método usado para determinar a capacidade dos redutores em uma amostra. A casca da pitua representa até um terço do peso do fruto, pode ser submetida a métodos de purificação simples e econômicos para fornecer extratos com potencial antioxidante.

## 2.6 Pitaia

A pitaia tem aparência exótica e sabor distinto, apresentando alta demanda e valor no mercado internacional. Além disso, a fruta está sendo defendida por suas propriedades promotoras da saúde, principalmente relacionadas ao seu conteúdo de betalaínas (RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

Conhecida como fruta do dragão, a pitaia é fonte de betanina, que confere a sua coloração vermelho-rosa. Muitos derivados de betanina foram identificados nessa fruta, como a isobetanina, filocactina e hilocerenina (XU; ZHANG; WANG, 2016). Quanto mais maduro o fruto estiver, maior quantidade de pigmentos poderão ser encontrados na casca e conseqüentemente maiores teores de betalaínas. Esse aumento de pigmentação pode ser observado ao longo do amadurecimento do fruto como no estudo de Chang, Hsieh e Jiang (2016) que acompanharam o crescimento e amadurecimento de pitaias (*Hylocereus polyrhizus*) cultivadas com diferentes tipos de sombreamento ao longo dos dias após a antese (DAA) (FIGURA 4). Além disso, o teor de pigmentos pode variar entre as espécies. O principal gênero da pitaia, *Hylocereus*, possui mais de 16 espécies, que diferem basicamente entre as colorações da polpa, podendo ter mais ou menos pigmentos (OBENLAND *et al.*, 2016).

Figura 4 – Amadurecimento de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) ao longo dos dias após antese (DAA) com diferentes tipos de sombreamento

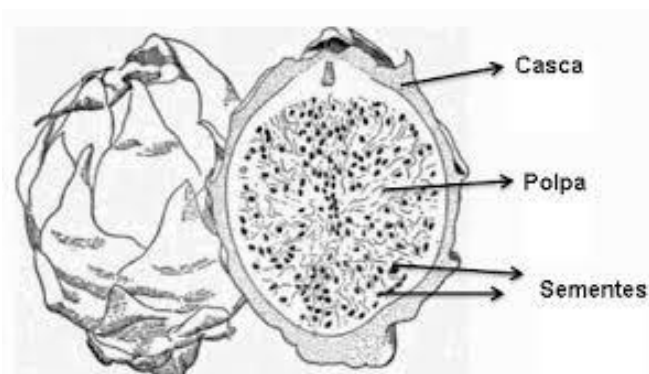


Fonte: Adaptado de Respostas da pitaia 'Shih Huo Chuan' (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) a diferentes graus de redes de sombreamento (OBENLAND, 2016).

A pitaia (FIGURA 5) consiste em três principais partes: polpa, sementes e casca. As sementes se localizam dentro da polpa e a casca possui alta quantidade de fibras. A polpa é muito aromática e doce, podendo ser de coloração branca, rosada, amarela, vermelha ou púrpura (HERNANDÉZ; SALDÍVAR; FLORES, 2016). Os frutos possuem tamanho bastante

variável, com peso podendo variar entre 200 g a 1 kg, são sensíveis a injúrias causadas pelo frio e não são climatéricos (SILVA, 2014).

Figura 5 – Partes do fruto da pitiaia



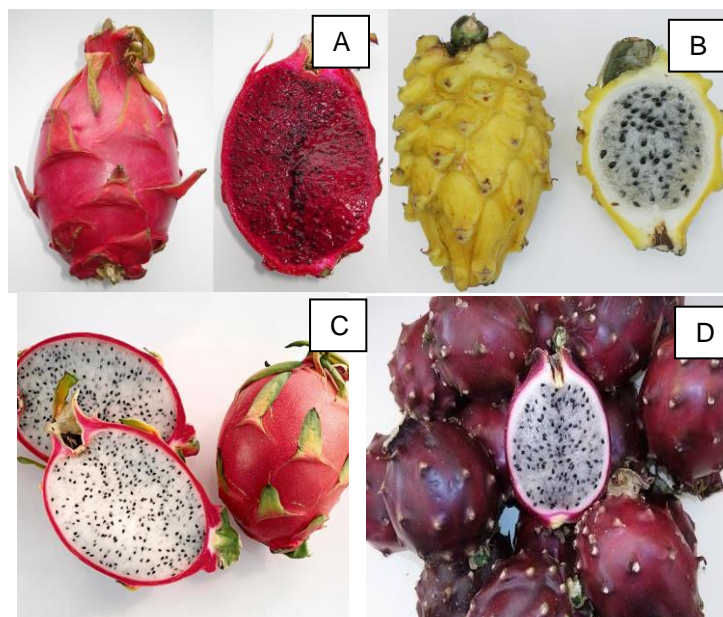
Fonte: Adaptado de Boletim Técnico n.92 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2012).

A pitiaia é produzida por cactácea originada na América Tropical e Subtropical. Os tipos de pitiaia podem ser agrupados em quatro gêneros: *Stenocereus*, *Cereus*, *Selenicereus* e *Hylocereus*. Existe grande variabilidade entre as espécies quanto ao tamanho e coloração das frutas (FIGURA 6).

Em *Hylocereus costaricensis* e *Hylocereus monacanthus*, as frutas apresentam coloração vermelha tanto na casca quanto na polpa. Já a *Hylocereus undatus* apresenta coloração vermelha na casca, com polpa branca. Na *Selenicereus megalanthus*, conhecida como “pitaya colombiana”, a polpa é esbranquiçada e externamente a fruta tem coloração amarela. Enquanto em *Selenicereus setaceus* (pitiaia-do-cerrado ou saborosa), a casca é vermelha e a polpa esbranquiçada, como a *Hylocereus undatus*, porém a fruta é de tamanho menor, com sabor mais adocicado e apresenta espinhos (LAVRAS, 2012).

O cultivo da pitiaia despertou a atenção dos produtores brasileiros, principalmente devido a sua rusticidade e rápido retorno econômico. Sua produção se inicia no primeiro ano após o plantio, sendo bem adaptada a condições onde a água é escassa. Todas as partes da planta podem ser consumidas, até os cladódios (caule), flores e os frutos, que apresentam grande quantidade de compostos funcionais (SILVA, 2014).

Figura 6 – A- Pitaia-vermelha (*Hylocereus monacanthus*), B- Pitaia-amarela (*Selenicereus megalanthus*), C- Pitaia de polpa branca (*Hylocereus undatus*) e D- Pitaia-do-cerrado (*Selenicereus setaceus*).



Fonte: A - GENET (2018), CC BY-SA 3.0, Pitaia-vermelha (*Hylocereus monacanthus*), B - FIBONACCI (2018), CC BY-SA 3.0, Pitaia-amarela (*Selenicereus megalanthus*) e C - LOWES (2018) Pitaia branca (*Hylocereus undatus*) e D – Autor desconhecido, Pitaia do cerrado (*Selenicereus setaceus*).

No Brasil, a espécie *Hylocereus undatus*, passou a ser cultivada na década de 90, no estado de São Paulo, sendo a região de Catanduba no estado de São Paulo, a principal produtora. A cultura da pitaia vem despertando fruticultores de outras regiões brasileiras, em razão, principalmente, de seu alto valor de mercado e boa aceitação pelos consumidores (DUARTE, 2013).

No Ceará, na região da Chapada do Apodí, nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, há aproximadamente 15 hectares da cultura, onde as plantas produzem frutos o ano inteiro, devido ao clima quente, com decréscimo nos meses com mais chuva (normalmente entre janeiro a abril). A produção é comercializada a preços elevados nas principais redes de supermercados da capital Fortaleza (NUNES *et al.*, 2014).

## 2.7 Extração de betalaínas

As betalaínas são facilmente obtidas a partir de vegetais por métodos convencionais de extração sólido-líquido como a maceração (CELLI, G. B., BROOKS, 2017). Novas técnicas alternativas aos métodos convencionais aumentam o rendimento das

betalainas extraídas e incluem ultrassom (SILVA; SILVA; BOLANHO, 2018) e microondas (THIRUGNANASAMBANDHAM; SIVAKUMAR, 2017).

Alguns estudos tem se desenvolvido no intuito de extrair as betalainas presentes na pitaita, tanto da casca (FLORES *et al.*, 2016; SOTO-CASTRO *et al.*, 2019) quanto da polpa (SOTO-CASTRO *et al.*, 2019, SHAARUDDIN *et al.*, 2017, GARCÍA-LUCAS *et al.*, 2017) a fim de obter compostos que podem ser utilizados na indústria farmacêutica (TENORE; NOVELLINO; BASILE, 2012) ou de alimentos por meio de tecnologias de encapsulação (SOUSA, 2015, YEE; WAH, 2017).

As betalainas, quando comparadas com as antocianinas, são mais hidrofílicas e podem se dissolver em água, metanol e etanol. Por esse motivo, a extração de betalainas pode utilizar esses três solventes diferentes. A água utilizada de forma isolada não é tão eficiente para extração de betalainas quando comparadas à extração com solução hidro alcoólica a 10% e 20% de etanol e identificaram que a partir de 20% de álcool há um decréscimo na extração desse pigmento ( $p < 0,05$ ) (PRIATNI; PRADITA, 2015; ALVES, MONTEIRO; POMPEU, 2018).

Segundo Celli e Brooks (2017), a extração aquosa é mais eficiente do que em etanol ou metanol em altas concentrações, porém Fathordoobady *et al.* (2016) encontraram maiores valores de betacianinas na sua extração em casca de pitaita (*Hylocereus polyrhizus*) com solvente de solução hidro alcoólica com 50% de etanol, seguido de extração com 100% de água, solvente com 70% de etanol e com 30% de etanol, que não diferiam significativamente.

Outro fator importante é a concentração de casca em relação ao solvente. De acordo com Cacace e Mazza (2002), um maior gradiente de concentração é formado com o aumento da relação sólido-líquido, aumentando a taxa de difusão dos compostos e favorecendo sua extração.

Lim *et al.* (2011) identificaram que a extração de betalainas é afetada pelo valor de pH sendo o seu valor ótimo de 6,0 e Attia, Moussa e Sheashea (2013) avaliaram a estabilidade das betalainas da beterraba em diferentes valores de pH. Os resultados mostraram que há relação entre as mudanças de cor e a variação do pH: em valores de pH entre 3 e 7, a degradação das betalainas foi pequena (7,0%), porém em pH 8 a decomposição atingiu 21,9% e em pH 10, 50,0% do pigmento foi destruído.

A temperatura é outro fator que afeta a extração. O estudo de Alves, Monteiro e Pompeu *et al.* (2018) mostra que o aumento da temperatura melhora o processo de extração, sendo que as melhores extrações foram para valores de temperatura de 40°C e 55°C. De

acordo com Lim *et al.* (2011) a temperatura interfere na extração de betalaínas da polpa de pituaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e um aumento de até 70°C é favorável para a extração, porém esse aquecimento não pode ser prolongado por mais de cinco minutos por influenciar de forma negativa na concentração de betalaínas no extrato.

A quantificação de betalaínas no extrato é feita normalmente em relação à betanina, que é comumente a betalaína mais abundante, porém outras betacianinas (ESQUIVEL; STINTZING; CARLE, 2007) e betaxantinas (HUA *et al.* 2018) podem estar presentes na casca e colaborarem para a cor do extrato mesmo que em menor quantidade.

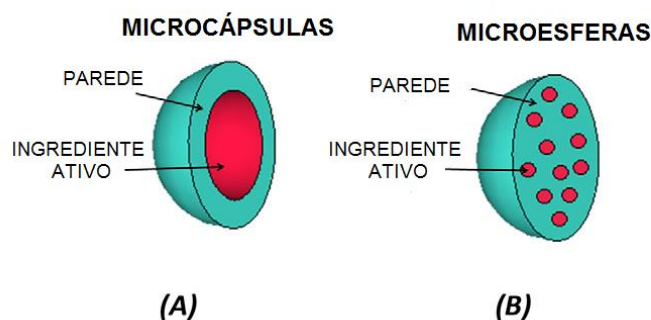
## 2.8 Encapsulação

A tecnologia de microencapsulação foi apresentada pela Green e Schleicher na década de 1950 com um registro de patente para a preparação de cápsulas contendo corante, que foram desenvolvidas para serem incorporadas em papel (PAULO; SANTOS, 2016).

Na indústria de alimentos, a microencapsulação é utilizada para proteger, isolar ou controlar a liberação de substâncias, como por exemplo, os compostos fenólicos bioativos (WILKOWSKA *et al.* 2016).

O encapsulamento se inicia com a formação da parede ao redor do material a ser encapsulado de modo a garantir que vazamentos indesejados não ocorram e também garantam que materiais inadequados sejam mantidos fora da cápsula (GIBBS *et al.*, 1999). O ingrediente ativo pode ser protegido de forma temporária ou permanente. O encapsulante ou material de parede pode formar microcápsulas ou microesferas conforme ilustrado na Figura 7 (PAULO; SANTOS, 2016).

Figura 7 – Diferença entre microcápsulas (A) e microesferas (B).



Fonte: Adaptado de Ciência e Engenharia dos materiais C (PAULO; SANTOS, 2016).



Entre várias técnicas de encapsulamento, a secagem por pulverização e a liofilização são as mais comuns (WILKOWSKA *et al.* 2016). A secagem por pulverização (*spray dry*) consiste em converter uma mistura líquida em um particulado seco através de sua pulverização em um meio de secagem quente, geralmente ar. O material deve possuir baixa viscosidade, mesmo com alto teor de sólidos, capacidade de dispersar em tamanhos de gotas uniformes e capacidade de liberar completamente o solvente das micropartículas durante a fase de secagem (LABUSCHAGNE, 2018).

A liofilização é um processo de secagem para alimentos sensíveis ao calor e outros materiais biológicos por meio de sublimação. Um processo bem realizado preserva a maioria das propriedades iniciais da matéria-prima, como forma, dimensões, aparência, aroma, cor, sabor, textura e atividade biológica (BALLESTEROS, 2017).

Vários tipos de materiais de parede ou agentes de encapsulamento podem ser utilizados, entre eles os mais comuns são as gomas arábicas, as maltodextrinas de diferentes dextroses equivalentes (DE), além de algumas proteínas (BAKOWSKA-BARCZAK; KOLODZIEJCZYK, 2011), gelatina, amido, parafina e dextrinas (FANG; BHANDARI, 2010).

As maltodextrinas são obtidas por hidrólise ácida de vários amidos (milho, batata ou outros). Elas possuem alta solubilidade em água, baixa viscosidade, sabor suave e formam soluções incolores, sendo, portanto o encapsulante mais utilizado, principalmente as de DE (dextrose equivalente) de 10 e 20 (BAKOWSKA-BARCZAK; KOLODZIEJCZYK, 2011, YAMASHITA, 2018).

Uma alternativa interessante à maltodextrina, embora menos explorada, é a inulina, um frutooligossacarídeo. Ela tem sido estudada também devido ao seu potencial prebiótico, prevenindo complicações intestinais como constipação, aumentando a absorção de minerais e estimulando o sistema imunológico (SHOAIB *et al.*, 2016). Devido às propriedades viscoelásticas, a inulina permite a formação de partículas mais suaves, ao passo que sua menor absorção de água poderia proporcionar maior vida de prateleira a ativos encapsulados (BOTREL *et al.*, 2014).

O uso combinado de maltodextrina com outros materiais pode potencializar as propriedades das cápsulas formadas (RAVICHANDRAN *et al.*, 2014). No estudo de Lacerda *et al.* (2016) com encapsulação de polpa de jussara (*Euterpe edulis M.*) o melhor resultado para retenção de pigmentos, coloração, tamanho de partícula, dispersibilidade, higroscopicidade foi uma combinação de materiais encapsulantes: amido, maltodextrina e inulina. No estudo com microencapsulação de suco probiótico de jussara (*Euterpe edulis M.*)

desenvolvido por Palm *et al.*, (2016), foram utilizados além da maltodextrina, a sua combinação com inulina e com a oligofrutose. O melhor resultado para a retenção de pigmentos e compostos fenólicos foi para o uso na proporção maltodextrina e inulina (1:1) como material encapsulante.

Variações na quantidade de material encapsulante podem ser identificadas na literatura. Alguns trabalhos utilizaram valores entre 10 a 20% de encapsulante. Ravidrachan (2014), trabalhando com beterrabas vermelhas, elaborou um extrato com 1g de beterraba para 10 mL de água destilada e utilizou 20% de maltodextrina 20DE como agente encapsulante. Já Rigon e Noreña (2016) elaboraram o extrato a partir da polpa de amora, sem realizar diluições, utilizando agentes encapsulantes na concentração de 10 a 15%.

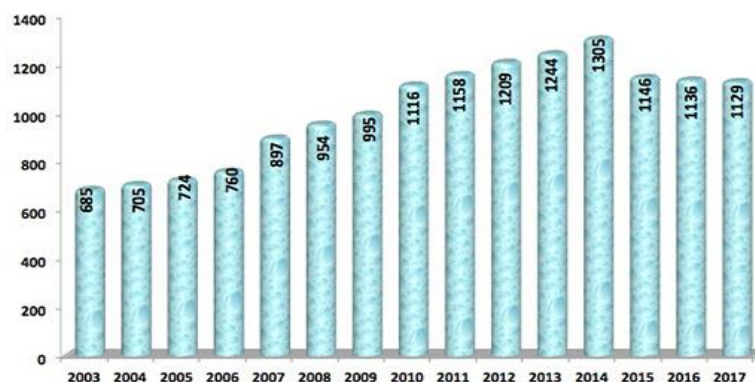
O agente encapsulante também pode ser adicionado de acordo com o total de sólidos do extrato obtido, como Cunha *et al.* (2018) fez ao trabalhar com cascas de pitaia, adicionando maltodextrina na proporção de 1:0,5 (maltodextrina: total de sólidos do extrato).

As tecnologias de encapsulamento têm sido utilizadas para produzir fitoquímicos encapsulados que podem ser utilizados como corantes, aditivos e aromas aplicados em diferentes tipos de alimentos (FANG; BHANDARI, 2010).

## 2.9 Sorvetes

Segundo a ABIS (Associação Brasileira da Indústria de Sorvetes), o consumo de sorvetes em litros no Brasil aumentou bastante nos últimos anos, porém em 2015 e 2016 observou-se redução de consumo (GRÁFICO 1) apesar de 1129 milhões de litros de sorvete serem demandados.

Gráfico 1 – Consumo de sorvete no Brasil em milhões de litros/ano



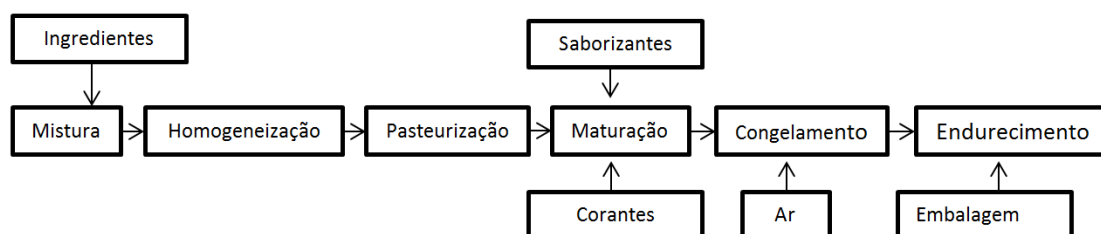
Fonte: ABIS, 2018.

O sorvete é um produto que se apresenta sob diversas formas e sabores, sua microestrutura possui três fases distintas: cristais de gelo (fase sólida), bolhas de ar (fase gasosa) e a fase líquida em que estão dispersas as proteínas do leite, açúcares, gordura solidificada entre outros (CRUZ *et al.*, 2017).

Na legislação brasileira, o sorvete é tratado como gelado comestível, sendo definido como produto obtido a partir da emulsão de gorduras e proteínas podendo ter adição de outros ingredientes além de água e açúcares (BRASIL, 2003). O parâmetro de densidade está relacionado com a quantidade de sólidos no alimento. A densidade aparente do gelado comestível deve ser no mínimo 475 g/L (BRASIL, 2005).

Segundo Clarke (2013), o processo de elaboração do sorvete envolve as etapas de preparo e dosagem dos ingredientes, pasteurização, homogeneização, maturação, congelamento e endurecimento (FIGURA 8). O preparo e a dosagem de ingredientes é o primeiro passo na preparação da formulação base do sorvete.

Figura 8 – Fluxograma de produção de sorvetes



Fonte: Adaptado de A ciência do Sorvete (CLARKE, 2013).

Os ingredientes devem ser misturados nas quantidades adequadas para proporcionar máxima ação tecnológica e a qualidade final dos produtos. O tanque pode ser aquecido a fim de facilitar a dissolução dos ingredientes (CLARKE, 2013). A etapa seguinte é a homogeneização para redução do tamanho dos glóbulos de gordura para cerca de 2mm, resultando em maior estabilidade da calda durante a maturação (BIASCUTTI *et al.*, 2013). A homogeneização pode ocorrer antes ou após a pasteurização e deve atender às condições apropriadas de pressão e temperatura que garantam a uniformização das partículas (BRASIL, 2003).

A pasteurização é um processo importante por diminuir os riscos microbiológicos associados a esse tipo de alimento. O sorvete é excelente meio para o crescimento de

microrganismos devido a composição de nutrientes (açúcar, proteínas) e ao seu pH, que varia normalmente de 6 a 7. Alguns desses microorganismos podem afetar a saúde humana (DIMOU, 2014) e a pasteurização adequada elimina os agentes patogênicos, sendo que o binômio “tempo x temperatura” deve ser levado em consideração. O uso de temperatura muito alta pode afetar os nutrientes e a bioatividade dos ingredientes, além do sabor do produto final. Em contrapartida, temperaturas muito baixas podem não eliminar de forma eficiente os microrganismos patogênicos (LU *et al.*, 2014).

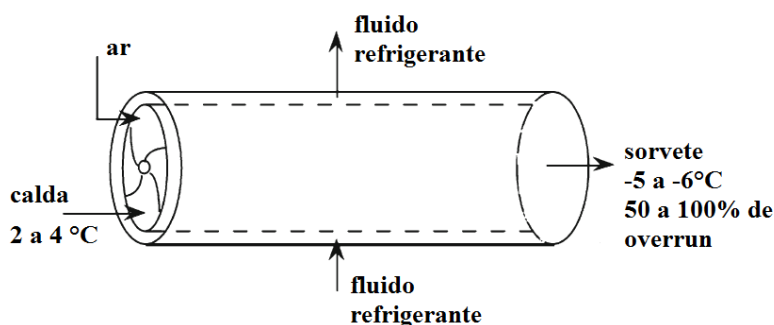
Os produtos que forem fabricados à base de leite e ou ovos devem ser obrigatoriamente pasteurizados, devendo seguir as condições mínimas no processo contínuo (HTST – high temperature, short time), 80 °C por 25 segundos, ou no processo em batelada (batch), 70 °C por 30 minutos (BRASIL, 2003).

A qualidade microbiológica de gelados comestíveis deve atender aos parâmetros sanitários estabelecidos pela legislação, não ultrapassando o limite por ela estabelecido para coliformes termotolerantes a 45 °C, estafilococos coagulase positiva e ausência para salmonela em 25 g (BRASIL, 2001).

A maturação é a etapa na qual a mistura é mantida na temperatura entre 0 e 4 °C, agitada lentamente e pode variar entre 4 a 24 horas. Essa agitação deve ser mínima para evitar o aquecimento da calda. Nessa etapa serão adicionados os ingredientes mais sensíveis às variações de calor como os corantes, os saborizantes e as polpas de fruta (CLARKE, 2013).

Após a maturação, a calda passa para a etapa de congelamento na produtora, passando pelo cilindro da máquina que é congelado por um refrigerante líquido, como mostrado esquematicamente na Figura 9. A mistura é batida através de um raspador montado sobre um eixo composto por lâminas que ficam muito próximas à superfície interna do cilindro. A mistura se transforma em sorvete nas paredes do cilindro à medida que o refrigerante líquido se vaporiza (GOFF; HARTEL, 2013).

Figura 9 – Desenho esquemático do cilindro da produtora de sorvete



Fonte: Adaptado de Ice Cream (GOFF; HARTEL, 2013).

O sorvete, depois de congelado e embalado é transferido imediatamente para a câmara fria onde ocorrerá o endurecimento. O sorvete assim que sai da fase de batimento/congelamento apresenta-se muito macio e apenas metade de sua água está congelada. As bolhas e cristais de gelo formam um sistema termodinamicamente instável e tendem a se aglomerar, ficando menos dispersos. Por isso, se o sorvete não for congelado a baixas temperaturas, os cristais de gelo tendem a aumentar, assim como as partículas de gordura, alterando a microestrutura do sorvete (CRUZ *et al.*, 2017).

Segundo Clark *et al.* (2009), os ingredientes utilizados no sorvete podem ser classificados em três grupos:

- Ingredientes majoritários - presentes em quantidades significativas como proteína do leite, açúcar, gordura e água;
- Ingredientes minoritários - presentes em pequenas quantidades, menos de 1% por peso, tal como emulsificantes, estabilizantes, corantes e saborizantes;
- Componentes - chocolates, biscoitos, pedaços de frutas e castanhas que são combinados com o sorvete.

Os açúcares mais utilizados na produção de sorvetes são a sacarose e o xarope de glucose. O mel de abelha também vem sendo usado, porém mais em produção artesanal, devido ao seu custo elevado. Novos edulcorantes alternativos vêm sendo aplicados, como a trealose, que ocorre naturalmente em alguns alimentos (mel, cogumelos, leveduras, mariscos) e ainda possui efeito estabilizador em sistemas sujeitos a processos de congelamento e descongelamento. Outra alternativa é o eritritol (1,2,3,4-butanotetrol), um poliálcool natural encontrado em pequenas quantidades em frutas, vegetais, cogumelos e alimentos fermentados (MORIANO; ALAMPRESE, 2017).

A gordura contribui para a estrutura do sorvete durante o congelamento e batimento, formando uma rede tridimensional parcialmente homogeneizada que, juntamente com bolhas de ar e cristais de gelo, é responsável pela forma do sorvete, bem como pela resistência ao derretimento e textura. Os emulsificantes reduzem a tensão interfacial de gordura/água na mistura, tornando sua adsorção mais favorável durante a maturação (BOLLINGER *et al.*, 2000).

Os estabilizantes são utilizados em pequenas quantidades para prevenir a formação de cristais no sorvete e possuem pouca influência no valor nutricional e no sabor. São de dois tipos: estabilizantes de origem animal como a gelatina e do tipo vegetal como alginato de sódio, carragena, agar-agar, carboximetil celulose sódica e gomas como a karaya. Os estabilizantes ajudam a produzir espuma estável, retardar ou reduzir o crescimento de

cristais de gelo e lactose durante o armazenamento, especialmente durante períodos de flutuação da temperatura, conhecido como choque térmico (ARBUCKLE, 2012).

Na vida de prateleira do sorvete, numerosas alterações físico-químicas podem ocorrer durante o transporte e manuseio, podendo prejudicar seriamente a qualidade do produto. Cristais de gelo e bolhas de ar mudam de tamanho devido às mudanças de temperatura, alterando o sorvete e desenvolvendo características sensoriais não desejadas. Além disso, a cristalização da lactose pode ocorrer durante o armazenamento, levando à textura arenosa (GOFF; HARTEL, 2013). Por essa razão o acompanhamento sensorial de sorvetes é muito importante.

## **2.10 Análise sensorial**

A análise sensorial pode ser aplicada para diferentes objetivos, estabelecendo critérios e referências de qualidade, pelos quais a matéria prima, os ingredientes e o produto final podem ser classificados e avaliados, ou ainda como parte do controle de qualidade. Além disso, a análise sensorial desempenha também papel de destaque no desenvolvimento de novos produtos (TEIXEIRA, 2009).

A degustação como forma de análise sensorial de alimentos, foi aplicada, inicialmente, com o objetivo de controlar a qualidade dos produtos elaborados por cervejarias e destilarias na Europa. No Brasil, essa prática chegou em 1954 para avaliar o café, no laboratório de degustação da seção de Tecnologia do Instituto Agrônomo de Campinas em São Paulo (TEIXEIRA, 2009).

Segundo o IFT, Institute of Food Technologists (1981), análise sensorial é a ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações percebidas pelos cinco sentidos.

Embora a experiência sensorial com alimentos seja frequentemente descrita em termos de "gostos", na prática, essa experiência de sabor é uma interação complexa entre múltiplas experiências sensoriais (YEOMANS *et al.*, 2008).

Existem, pelo menos, três passos no processo que envolve a relação entre um estímulo físico dado e uma resposta subjetiva. O estímulo atinge o órgão sensitivo e é convertido em impulsos nervosos que viajam para o cérebro. O cérebro interpreta as sensações recebidas em percepções. Então uma resposta é formulada baseada no tipo de percepção gerada (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2015).

Os métodos empregados em análise sensorial classificam-se em métodos discriminativos, descritivos e afetivos. Os métodos discriminativos estabelecem a diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras. Os métodos descritivos relatam qualitativamente e quantitativamente os atributos que caracterizam a qualidade das amostras e os métodos afetivos expressam a opinião pessoal do julgador, medindo sua preferência ou aceitabilidade (DUTCOSKY, 2013).

O teste afetivo mais utilizado para aceitação de produtos é a escala hedônica que mede o grau em que os consumidores gostam ou desgostam dos produtos (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012). Podem contribuir para comparar produtos, otimizá-los, para definir a data de validade, determinar o impacto de alteração na formulação do produto, além de estudar o efeito de uma variável comercial ou de apresentação como a embalagem (ABNT, 2016). Outro teste afetivo muito utilizado é o de ordenação-preferência no qual o consumidor expressa seu julgamento sobre a preferência do produto (DUTCOSKY, 2013).

Neste contexto a análise sensorial é instrumento no desenvolvimento de novos produtos, substituição e comparação de ingredientes, sendo fundamental no desenvolvimento deste trabalho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção do extrato de betalainas da casca da pitiaia

As pitaias (*Hylocereus sp.*) foram obtidas em comércio local em Fortaleza, lavadas e despulpadas manualmente. Foi elaborada uma solução de casca e água destilada com pH corrigido para 6,3 (0,1M de ácido clorídrico e 0,1M de hidróxido de sódio) na proporção de 1:10 (m/v) a qual foi submetida ao processo de extração por sonificação em banho de Ultrassom (Modelo Unique USC, 15 kHz, 150W) durante 38 minutos. A temperatura do ultrassom foi controlada e mantida a  $30 \pm 1$  °C através de banho termostático. Após o processo de extração, a mistura foi centrifugada (IEC - Modelo B-22M) com 10.000 rpm a 4 °C por 20 minutos e mantida congelada até o seu uso. Foram elaborados aproximadamente 8,5 litros de extrato líquido a partir de aproximadamente 850g de casca na base úmida.

#### 3.2 Caracterização do extrato líquido

O extrato líquido obtido foi avaliado em relação à cor, conteúdo de betacianinas, sólidos solúveis, pH e atividade de água. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

##### 3.2.1 Cor

O extrato concentrado teve a sua cor avaliada por meio de Colorímetro ColoQuest XE HunterLab, pelos métodos de refletância especular exclusiva e transmissão total\*). A espessura da cubeta utilizada foi 20 mm e a área de leitura 1.000 in.

As amostras foram colocadas em cubetas, em quantidade suficiente para realização da leitura, sendo avaliadas as coordenadas L\*, a\*, b\*, c\* e H\*, fornecidas pelo equipamento. A variável "L\*" é a luminosidade (em escala de 0 a 100, indicando pouco brilho e muito brilho, respectivamente); a\* é a variação do verde ao vermelho, cujos valores negativos correspondem à intensidade da cor verde e os positivos à intensidade da cor vermelha; b\* é a variação do azul ao amarelo, cujos valores negativos correspondem à intensidade da cor azul e os valores positivos à intensidade da cor amarela; C\* é o croma que representa o grau de concentração ou pureza da cor avaliada e o h representa a tonalidade das cores (CIE, 2007).



### 3.2.2 Quantificação de betacianinas

Para a quantificação das betacianinas, foi realizada diluição do extrato líquido com água destilada na proporção de 1:1, até chegar na faixa de leitura do espectrofotômetro UV-Visível (Sinergy Mx; BioTeK®, EUA). A absorvância foi analisada a 538 nm referente à betanina. A quantificação foi calculada com base na lei de Lambert-Beer (LIM *et al.*, 2011) (EQUAÇÃO 3):

$$\text{Conteúdo de Betacianinas (mg/100 g de casca fresca)} = \frac{A_{538} (\text{MM}) \times V \times (\text{FD}) \times 100}{\varepsilon \times L \times M} \quad (3)$$

Onde A é a absorvância a 538 nm ( $\lambda_{\text{max}}$ ); MM é a massa molar (550 g/mol para a betanina); V representa o volume do extrato (mL); FD representa o fator de diluição no momento da leitura;  $\varepsilon$  é a absorvância molar (60000 L/mol<sup>-1</sup> cm); L é o comprimento do caminho óptico (1cm), M = massa de casca utilizada para extração (g).

### 3.2.3 Sólidos Solúveis (SS)

A análise de sólidos solúveis foi realizada através de refratômetro de campo (*Atago® pocket – Pal-α (0-85%)*) com compensação de temperatura. Após calibração do equipamento com água destilada, foi colocada uma pequena quantidade de amostra no óculo de leitura do refratômetro e o botão *Start* foi pressionado para realização da leitura, de acordo com manual de instruções do equipamento. Os resultados foram expressos em °Brix (g/100g de solução).

### 3.2.4 pH

O pH foi obtido por meio de pHmetro de bancada (Camlab, modelo mPA-120), com compensação de temperatura, previamente calibrado. O eletrodo foi submergido na amostra, sendo o valor registrado depois de estabilizada a leitura, de acordo com a metodologia do Adolfo Lutz (2008) e manual de instrução do equipamento.

### **3.2.5 Atividade de água ( $A_w$ )**

Foi determinada através do equipamento AQUALAB (Decagon Devoces modelo 4TE) na temperatura de 25 °C, conforme instrução do fabricante. A amostra foi disposta em recipiente próprio do equipamento de maneira a ocupar aproximadamente 50% de seu volume.

### **3.3 Encapsulação do extrato da casca da pitaia**

Os extratos elaborados foram descongelados e homogeneizados manualmente para posterior encapsulação. Maltodextrina (DE20) *Matogill®20* e inulina *Frutafit®IQ* foram utilizadas como agentes encapsulantes na proporção de 1:1 (m/m), conforme indicado por Paim *et al.* (2016). Foram adicionados 0,5 g de maltodextrina (DE20) e 0,5 g de inulina em 100 mL de extrato, sendo dissolvidas com auxílio de agitador magnético a 360 rpm por 5 minutos. A proporção de encapsulante foi 1%, baseado na quantidade de sólidos do extrato obtido, de acordo com Cunha *et al.* (2018).

A solução elaborada foi disposta em bandejas de papel alumínio, com altura aproximadamente de 2 cm e congelada à temperatura de -18 °C para ser submetida à secagem utilizando o liofilizador Liotop LP 510. O produto obtido foi acondicionado em embalagens metálicas seladas para evitar a exposição à luz e umidade.

### **3.4 Caracterizações do extrato liofilizado**

O extrato liofilizado foi avaliado em relação à cor, conteúdo de betacianinas, umidade, atividade de água, higroscopicidade, solubilidade e grau de caking. Todas as análises foram realizadas em triplicata. As avaliações de cor e atividade de água foram realizadas como descritas nos itens 3.2.1 e 3.2.5, respectivamente.

#### **3.4.1 Quantificação de betacianinas**

Foram pesadas 0,45 g do extrato de pitaia liofilizado e dissolvido em 27 mL de água destilada de modo à possibilitar a leitura da absorbância no espectrofotômetro UV-Visível

(Sinergy Mx; BioTeK®, EUA). O restante da análise de quantificação de betalaínas foi semelhante ao item 3.2.2.

### 3.4.2 Umidade

Para avaliação da umidade, um grama de amostra foi colocado na balança determinadora de umidade (ID50 da empresa Marte), sob condições de 105 °C/30 s/0,05 % de variação, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

### 3.4.3 Higroscopicidade

Pesou-se de 1 g do pó, o qual foi espalhado, uniformemente, sobre uma placa de Petri e, posteriormente, colocada em dessecador por 90 minutos sob condições de temperatura e umidade relativa de 24 °C e 75%, respectivamente, utilizando solução saturada de NaCl, conforme indicado por Goula e Adamopoulos (2010). A higroscopicidade foi expressa em porcentagem de água absorvida por grama de amostra.

### 3.4.4 Solubilidade

A amostra (1 g) foi diluído em 100 mL de água destilada e a solução foi agitada por três minutos em um agitador magnético com velocidade de 2000 rpm. A solução foi transferida para tubo de falcon 50 mL e centrifugada por 5 minutos a 3000 rpm. Uma alíquota de 25mL foi transferida para uma placa de petri previamente tarada e posteriormente, submetida à secagem em estufa a 105°C por 5 hs. O percentual de solubilidade foi calculado de acordo com a Equação 4, proposta por Eastman e Moore (1984) e adaptada por Canocha *et al.* (2005).

$$\% \text{ Solubilidade} = \frac{(M_f \times 4) \times 100}{M_s} \quad (4)$$

Onde:  $M_f$  é o peso do sólido final,  $M_s$  é o peso da amostra em base seca.

### 3.4.5 Grau de caking

O pó submetido à análise de higroscopicidade foi retirado da placa de petri com uma espátula e colocado em peneira granulométrica de 35 mesh, previamente tarada e pesada. A peneira foi acoplada a um suporte e disposta em agitador de peneira por cinco minutos na vibração média cinco. O percentual de pó retido na peneira é considerado o grau de caking (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

### 3.4.6 Estabilidade da cor

A cor do extrato liofilizado foi avaliada conforme análise de cor (item 3.2.1) logo após ter sido produzido (1 dia) e também no período de 30, 60 e 90 dias. A sua estabilidade a alterações de cor foi expressa em  $\Delta E$ , calculada conforme Carmo *et al.* (2018) através da Equação 5:

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]} \quad (5)$$

Onde,  $\Delta E$  é a variação da cor ocorrida durante o armazenamento comparado ao período inicial em relação ao  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (variação do verde ao vermelho) e  $b^*$  (variação do amarelo ao azul).

## 3.5 Elaboração do sorvete

O sorvete foi elaborado na indústria de gelados comestíveis Pardal Sorvetes, localizada no Eusébio, CE. Os ingredientes utilizados para elaboração do sorvete foram fornecidos pela própria indústria. A calda elaborada foi pasteurizada a 70 °C por 30 minutos em pasteurizador de fabricação própria e maturada em tinas de maturação a 4 °C por 24 horas. O sorvete foi produzido em produtora descontínua (*Codelite*).

Para elaborar a formulação de um kg de sorvete, foram utilizados 640 g de água, 150 g de leite em pó, 125 g de açúcar, 40 g de xarope de glucose, 40 g de gordura de palma, 5 g de liga, sendo liga o termo comumente utilizado para um mix de emulsificantes, tais como mono e diglicerídeos de ácidos graxos e espessantes, tais como guár, carragena e carboximetilcelulose sódica utilizados no sorvete e 1,5 g de aroma artificial sabor morango.

O sabor utilizado para o sorvete foi morango, pois as betalaínas possuem coloração roxo-avermelhada, a qual se adequa à aplicação desse sabor. Foram elaboradas três formulações de sorvete:

- sem adição de corante ou controle (A);
- com adição do corante natural com extrato da pitaia - 18,91g/L (B);
- com corante artificial amarantho - 5g/L (C).

Testes preliminares de dosagem do corante natural foram realizados a fim de se determinar a dosagem ideal e obter a coloração mais próxima possível daquela fornecida pelo corante artificial. O corante natural foi adicionado à calda base aos poucos e com auxílio de um agitador magnético para realizar uma boa homogeneização desse corante na calda. Esse processo foi realizado até que a calda chegasse à coloração mais próxima possível do sorvete fabricado pela indústria. A saborização foi igual para todas as três formulações.

### **3.6 Análises microbiológicas do sorvete**

As análises microbiológicas foram selecionadas de acordo com o que estabelece a RDC nº 2 de 02 de janeiro de 2001, para a categoria de gelados comestíveis: contagem de *Estafilococos* Coagulase Positiva (UFC/g), Coliformes termotolerantes a 45 °C (NMP/g, tubos múltiplos) e pesquisa de *Salmonella* em 25 g do produto (BRASIL, 2001). A metodologia aplicada foi a da AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA, 2001) publicada no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods.

### **3.7 Análises físicas e físico-químicas do sorvete**

Os parâmetros avaliados no sorvete foram cor, teor de sólidos solúveis e pH, conforme os itens 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4 respectivamente. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Para a análise de pH e sólidos solúveis, as amostras foram deixadas à temperatura ambiente até se tornarem líquidas.

Para estudo da estabilidade do corante obtido da casca da pitaia no sorvete, sua cor foi avaliada depois de produzido e durante o período de 30, 60, 90 e 120 dias, a variação da cor foi calculada conforme item 3.4.6.

### **3.8 Análise Sensorial do sorvete**

O projeto foi enviado ao Comitê de Ética da Universidade Federal do Ceará. No momento da análise, os provadores receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme Apêndice A, para consentirem sua participação.

Os testes foram realizados em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos/ UFC com 89 provadores não treinados.

Na ficha de avaliação (Apêndice B) foram incluídas perguntas sobre o perfil demográfico dos provadores (faixa etária e gênero) e hábitos de consumo: se observavam a presença de corantes nos rótulos de alimentos e bebidas adquiridos por eles, qual o sabor de sorvete costumavam consumir mais e a sua frequência.

As amostras foram apresentadas de forma monádica e sequencial aos provadores, em copos brancos descartáveis contendo aproximadamente 30 g de sorvete, codificados com números aleatórios de três dígitos. O delineamento de blocos completos balanceados foi utilizado para minimizar o efeito de posição das amostras. As amostras foram servidas à temperatura ambiente, acompanhadas com água mineral, visando à limpeza da boca entre a avaliação das amostras.

As técnicas de análise sensorial empregadas neste estudo foram aceitação global e de atributos (cor, aroma, sabor e textura) por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de gostei muitíssimo a desgostei muitíssimo; ordenação preferência e intenção de compra (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2015).

O teste de ordenação preferência foi aplicado para identificar diferenças na preferência das amostras a 5% de significância e identificar qual amostra mais preferida. A intenção de compra foi executada com escala estruturada de cinco pontos, variando de certamente compraria a certamente não compraria (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2015).

### **3.9 Análises estatísticas dos resultados**

As categorias da escala hedônica foram associadas a valores numéricos. Foi considerado o valor nove para gostei muitíssimo, oito para gostei muito e assim sucessivamente, até um para desgostei muitíssimo. Foram elaborados histogramas das frequências das respostas e os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância – ANOVA, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, em 5% de

significância, com auxílio de software Minitab 16. Para relacionar a aceitabilidade em termos de frequência das regiões de aceitação (9, 8, 7 e 6) foi realizada a soma das porcentagens dessas respostas nas categorias da escala hedônica. O resultado do teste de ordenação-preferência foi avaliado através da Tabela de Christensen a 5% de significância (ANEXO A) (DUTCOSKY, 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do extrato líquido da casca da pitaia

Os resultados para análise de cor do extrato líquido (TABELA 1) indicam que a amostra é mais clara (maior valor de L\*), mais avermelhada (maior valor de a\*) e azulada (menor valor de b\*) comparadas ao extrato obtido das cascas de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) por esses autores Alves, Monteiro e Pompeu *et al.* (2018).

Tabela 1 – Coordenadas de cor e características físico-químicas do extrato líquido da casca da pitaia

Coordenadas de cor	Resultados
L*	52,63 ± 0,47
a*	35,53 ± 0,09
b*	-11,12 ± 0,17
C*	37,23 ± 0,13
H	342,63 ± 0,23
Características Físico-químicas	
Betacianinas mg/100g de casca seca	28,05 ± 0,84
Sólidos Solúveis (°Brix)	0,33 ± 0,04
pH	5,12 ± 0,01
Atividade de água (Aw)	0,98 ± 0,00

Valores obtidos em triplicata expressos como média ± desvio padrão. Sendo L\*: luminosidade (em escala de 0 a 100); a\*: a variação do verde ao vermelho; b\*: variação do azul ao amarelo; C\*: croma que representa o grau de concentração ou pureza da cor; h: tonalidade das cores. Fonte: Autor (2018).

As coordenadas de cor estão diretamente relacionadas ao conteúdo de betalaínas obtidos no extrato, visto que as betalaínas são pigmentos compostos por betacianinas - coloração roxa avermelhada e betaxantinas – amarela (GENGATHARAN; DYKES; CHOO, 2015). Ambas betalaínas podem ser encontradas na casca de pitaias maduras, sendo as betacianinas as mais abundantes (HUA *et al.* 2018), influenciando a coloração do extrato.

Além do grau de maturação do fruto influenciar na coloração do extrato (CHANG; HSIEH; JIANG, 2016), outros fatores tais como a espécie de pitaia (OBENLAND *et al.*, 2016), tipo de solvente utilizado (FATHORDOOBADY *et al.*, 2016), a proporção



sólido/solvente, temperatura e duração da extração (ALVES, MONTEIRO E POMPEU *et al.* 2018) e teor de betalaínas também podem contribuir para essa coloração.

Fathordoobady *et al.* (2016) trabalharam com polpa e casca de pitaia da espécie *Hylocereus polyrhizus* e utilizaram diferentes proporções de solução hidroalcoólica como solvente para realizar a extração de betacianinas. Na proporção de 1 g de casca seca para 10 mL de solvente, mesma proporção deste estudo, obtiveram valores de L\* inferiores ao deste estudo, indicando amostras mais escuras. A diferença nos resultados pode ter ocorrido devido ao tratamento inicial realizado por Fathordoobady (2016), que submeteu as cascas de pitaia à secagem com circulação de ar enquanto nesse estudo as amostras utilizadas não sofreram nenhuma secagem prévia.

O resultado para quantificação de betacianinas foi de 28,05 mg/100 g de casca na base seca (TABELA 1) com 38 minutos de extração a 30 °C. De acordo com Lim *et al.* (2011) um aumento de até 70°C na extração de betalaínas da polpa de pitaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) é favorável para a extração, porém esse aquecimento não pode ser prolongado por mais de cinco minutos por influenciar de forma negativa na concentração de betalaínas no extrato.

Algumas modificações poderiam ser feitas no método de obtenção do extrato neste estudo. O que poderia ter sido favorável à extração neste estudo seria a utilização de solução hidro alcoólica ao invés de utilizar somente água como solvente. De acordo com Priatni e Pradita (2015), as betalaínas são hidrofílicas e podem se dissolver em água, metanol e etanol, sendo, portanto possível utilizar esses três solventes diferentes de forma isolada ou em conjunto. Alves, Monteiro e Pompeu *et al.* (2018) concluíram que a água utilizada de forma isolada não é tão eficiente para extração de betalaínas quando comparadas à extração com solução hidro alcoólica a 10% e 20% de etanol. Segundo Celli e Brooks (2017), a extração aquosa é mais eficiente do que em etanol ou metanol em altas concentrações. Fathordoobady *et al.* (2016) encontraram maiores valores de betacianinas na extração em casca de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) com solvente obtido por solução hidro alcoólica com 50% de etanol.

O pH do extrato obtido, mesmo abaixo de 6,0 ainda é favorável para manutenção das betalaínas e para manutenção da cor, já que elas são mais estáveis em pH entre 4 e 6 (KHAN, 2016). Lim *et al.* (2011) verificaram em seu estudo que a extração é afetada pelo valor de pH, identificando que o pH ótimo de extração é 6,0. Neste estudo a água utilizada na extração foi ajustada para pH 6,3 com a finalidade de melhorar a obtenção dos pigmentos da casca.

O valor de atividade de água obtido foi em média de 0,977. No estudo de Oliveira (2017) com extratos de beterraba submetidos a cozimento a vapor com adição de sacarose 50% (m/m), os valores obtidos para a atividade de água foram de 0,91. Esses valores foram inferiores a atividade de água do resíduo in natura e do cozido a vapor, que foram de 0,9914 e 0,9881 respectivamente, mais próximos aos encontrados neste estudo. Valores altos de atividade de água são favoráveis a deterioração por bactérias e fungos (HÚNGARO *et al.* 2014), por esse motivo é interessante a transformação do extrato líquido em pó, a fim de diminuir sua atividade de água e aumentar sua vida de prateleira.

O resultado de sólidos solúveis foi de 0,33 °Brix. Esse valor ajudou a determinar a quantidade de material encapsulante a ser utilizado no processo de encapsulação. Cunha *et al.* (2018), ao trabalharem com extração de betalaínas a partir cascas de pitaia (*Hylocereus costaricensis*), adicionaram maltodextrina na proporção de 1:0,5 (maltodextrina: total de sólidos do extrato). Apesar do valor de sólidos ser inferior ao de Cunha *et al.* (2018) foi utilizado para a encapsulação a proporção 1:0,33 (maltodextrina: total de sólidos do extrato).

#### **4.2 Caracterização do extrato liofilizado da casca da pitaia**

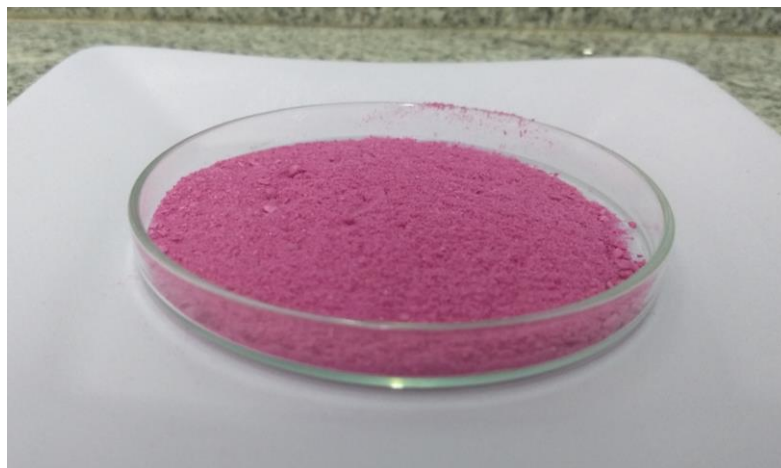
O extrato liofilizado obteve coloração rosa e aspecto fluido (FIGURA 10). Comparando as coordenadas de cor (TABELA 2) obtidas no extrato seco com as do líquido observou-se um aumento na coordenada L\*, provavelmente devido à presença dos encapsulantes, que são de coloração branca quando em pó, mas transparentes quando em solução, fazendo o extrato liofilizado adquirir uma coloração mais clara após a secagem.

A coordenada a\* obteve um aumento após a secagem, provavelmente devido à concentração de betalaínas após a retirada da água. Os agentes encapsulantes não interferiram de forma a reduzir a expressão do vermelho na amostra. A coordenada b\*, que relaciona a presença de amarelo e azul, aumentou, indicando uma menor expressão da cor azul, onde provavelmente a presença dos agentes encapsulantes tenha interferido. Aparentemente os agentes encapsulantes sejam brancos, mas podem ter alguma expressão de amarelo, que pode ter reduzido a expressão do azul. Uma sugestão para trabalhos futuros seria realizar a análise de cor dos encapsulantes para compreender melhor as alterações de cores que poderiam provocar após a secagem do extrato.

Comparando as coordenadas de cor deste estudo com o de outros autores, os valores obtidos são superiores para L\* e a\* em relação aos encontrados nos estudos de

Otálora *et al.* (2015) de extratos secos por aspersão de figo da índia (*Opuntia ficus-indica*), também frutos de cactos.

Figura 10 – Extrato da casca da pitiaia adicionado dos materiais de parede após secagem por liofilização



Fonte: Autor (2018).

Para o parâmetro  $b^*$ , relativo à intensidade de azul e amarelo, o valor obtido neste estudo foi inferior, indicando maior intensidade da cor azul. Para a coordenada C houve variação de 30,37 a 30,59, neste estudo o valor foi em média de 73,17. De acordo com Fathordoobady *et al.* (2016), valores maiores de croma apresentam cor mais saturada, portanto o extrato elaborado neste estudo apresentou cor mais intensa do que em Otálora *et al.* (2015).

Soto-Castro *et al.* (2019) encapsularam extratos obtidos a partir das cascas de pitiaia (*Stenocereus queretaroensis*) em solução de mucilagem de um cacto previamente acidificada com 1% de ácido acético, utilizando proporções em peso de casca (g) para volume de mucilagem (mL) de 90: 500 e 45: 500, filtradas e atomizadas. Os valores obtidos para a coordenada  $L^*$  foram inferiores ao deste estudo, indicando amostras mais escuras. Os valores das coordenadas  $a^*$  também foram inferiores, indicando que a amostra deste estudo é mais vermelha do que a do trabalho supracitado. Para coordenada  $b^*$ , os valores encontrados foram positivos, indicando que a amostra é mais amarela e menos azul do que a deste estudo. Os valores de croma que variaram entre 29,20 a 38,57 e indicam que a cor do pó obtido neste estudo é de coloração mais intensa do que a de Soto-Castro *et al.* (2019).

Tabela 2 – Coordenadas de cor e características físico-químicas do extrato da casca da pitaiá adicionado dos materiais de parede e seco por liofilização

Coordenadas de cor	Resultados
L*	73,19 ± 0,00
a*	46,15 ± 0,01
b*	-17,46 ± 0,01
C*	73,19 ± 0,01
H	49,34 ± 0,01
Características físico-químicas	
Betacianinas mg/100g de extrato liofilizado na base seca	47,35 ± 0,18
Solubilidade	97,92% ± 0,01
Umidade	7,38% ± 0,01
Atividade de água	0,42 ± 0,00
Grau de Caking	55,93% ± 0,06
Higroscopicidade	7,03% ± 0,0

Valores obtidos em triplicata expressos como média ± desvio padrão. Sendo L: luminosidade (em escala de 0 a 100); a\*: a variação do verde ao vermelho; b\*: variação do azul ao amarelo; C\*: croma que representa o grau de concentração ou pureza da cor e o h: tonalidade das cores. Fonte: Autor (2018).

O resultado para quantificação de betacianinas foi em média 47,35 mg/100 g de casca na base seca (TABELA 2). Ravichandran *et al.* (2014) ao usarem as mesmas proporções da amostra (beterraba) e de solvente aplicadas neste trabalho, concluíram que o conteúdo de betalaínas e cor do extrato em pó podem ser afetados pelo tipo de material de parede e processo de encapsulação. Os extratos secos por aspersão compostos por combinações de maltodextrina com pectina e goma arábica mostraram 6,0% mais betalaínas em relação ao controle (extrato encapsulado somente com maltodextrina). No entanto, a combinação de maltodextrina com goma xantana alcançou 21,0% de betalaínas a mais que o controle. Em amostras que foram liofilizadas, o uso da xantana em combinação com a maltodextrina apresentou 65% a mais de betalaínas em relação ao controle liofilizado.

O encapsulamento por liofilização com xantana apresentou teor de betalaínas em até 1,3 vezes maior que à secagem por aspersão. Wilkowska *et al.* (2016) observaram uma maior retenção de antocianinas nos pós obtidos de suco de mirtilos (*Vaccinium myrtillus*) liofilizados (cerca de 1,5 vezes maior) do que nos secos por aspersão. O que indica que o processo de liofilização retém mais os compostos bioativos do que o processo de secagem por aspersão, provavelmente devido ao emprego de baixas temperaturas na secagem.

Os parâmetros de cor e quantificação de betacianinas estão diretamente relacionados à eficiência no processo de extração que depende das concentrações utilizadas, espécie do fruto utilizado, seu estágio de maturação, tipo de solvente e processo de extração, já discutidas anteriormente. Além disso, o processo de secagem, a quantidade e o tipo de material encapsulante utilizado vão interferir no teor de betalaínas que podem ser obtidas no pó e conseqüentemente interferir na sua cor.

O conteúdo de betalaínas no extrato líquido foi de 28,05 mg/100g de casca na base seca. Após a secagem e adição dos encapsulantes esse valor passou para 47,35 mg/100 g de extrato liofilizado. Esse resultado era esperado, visto que após a secagem do extrato líquido, as betalaínas aumentaram a sua concentração.

O processo de secagem por aspersão possui menor custo comparado ao de liofilização, porém devido ao aumento de temperatura que ocorre no spray dryer, podem ocorrer perdas no conteúdo de betalaínas. Diferente do que ocorre na liofilização, onde são empregadas baixas temperaturas no processo de secagem (RAVICHANDRAN *et al.*, 2014).

Em geral, um pó para ser considerado bom deve ter baixa higroscopicidade, umidade e grau de caking, além de alta solubilidade (BHUSARI; MUZAFFAR; KUMAR *et al.*, 2014).

A solubilidade indica a facilidade no qual o pó poderá ser aplicado em uma matriz alimentícia. O valor obtido para solubilidade do pó foi de 97,9% (TABELA 4), semelhante aos valores encontrados por Shaaruddin *et al.* (2017) que trabalharam com suco de pitáia em pó seco por aspersão, utilizando proporção de 1:25 (peso/peso) de suco para diferentes materiais de parede (maltodextrina e maltodextrina resistente).

No estudo de Liaotrakoon (2013), a solubilidade encontrada para as polpas liofilizadas variou de 81,3% a 75,0%, sendo inferiores as encontradas neste estudo. Porém, a solubilidade das cascas liofilizadas foi baixa, variando entre 10,2% a 15,1% devido a materiais insolúveis que as compõe. Yamashita *et al.* (2018) obtiveram valores médios de solubilidade de 44% em estudos com extratos de antocianinas obtidos a partir de amoras e encapsulados com maltodextrina e liofilizados, inferiores ao encontrado nesse estudo.

O resultado de solubilidade deste estudo está relacionado com o próprio processo de obtenção do extrato. O solvente utilizado foi a água e a maior parte do material insolúvel da casca não foi utilizado, devido ao processo de centrifugação, que permitiu a separação da casca do restante do extrato, utilizando somente o material sobrenadante.

A umidade é um parâmetro importante para a estabilidade e vida de prateleira do pó (BHUSARI; MUZAFFAR; KUMAR *et al.*, 2014). O valor obtido nesse estudo foi, em

média, 7,4%, superior ao encontrado no trabalho de Sousa (2015), que estudou o extrato liofilizado obtido a partir da polpa de pitáia, encapsulado com maltodextrina em diferentes proporções (10 a 100%), alcançando valores de umidade entre 4,21 a 4,55%.

No trabalho de Otálora *et al.* (2015) os valores de umidade obtidos foram ainda menores, 2,9% para material encapsulado por aspersão com maltodextrina e mucilagem de cladódio e 4,8% para o encapsulado somente com maltodextrina.

O processo de secagem pode interferir no resultado da umidade, como mostra o trabalho de Kuck e Noreña (2016) que determinaram a umidade variando entre 2,41% a 2,51% em extrato fenólico da casca de uva (*Vitis labrusca* var. Bordo) microencapsulado com goma arábica, polidextrose e goma guár parcialmente hidrolisada por aspersão e obtiveram de 7,65% a 7,80% para extratos que foram liofilizados. Tais resultados corroboram com os valores obtidos nesse estudo, visto que o processo de secagem deste estudo foi através da liofilização.

A velocidade do congelamento utilizado previamente à liofilização também pode influenciar no conteúdo de umidade da amostra, pois nesse processo ocorre a formação de poros menores na camada mais externa, dificultando a transferência de massa e agindo como barreira contra a sublimação, o que resulta em maior retenção da umidade (EZHILARASI *et al.*, 2013).

A atividade de água do pó obtido foi 0,42. García-Lucas *et al.* (2017), trabalhando com suco de pitáia (*Stenocereus griseus*) encapsulado com maltodextrina e pectina em diferentes combinações e seco por aspersão obtiveram resultados para atividade de água valores entre 0,19 e 0,24, valores inferiores ao obtido neste estudo.

Para as amostras de pó de beterraba encapsulado com goma arábica de Pitalua *et al.* (2010), a atividade de água 0,33 e 0,52, estocadas a 30 °C por 44 dias não detectaram diferença significativa na concentração de betalaínas, na cor, na atividade antioxidante e no potencial redox. No estudo de Otálora *et al.* (2015) para a atividade de água, os valores obtidos foram respectivamente 0,18 e 0,20, valores inferiores ao encontrados nesse estudo, 0,42.

A higroscopicidade obtida neste estudo foi 7,3%. De acordo com a classificação proposta por GEA Niro Research Laboratory (2005), o pó obtido pode ser classificado como de baixa higroscopicidade.

No estudo de Yamashita *et al.* (2018), a higroscopicidade obtida foi de 11,27% para extratos de amora encapsulada com maltodextrina 10DE e 13 % com maltodextrina 20DE, valores superiores aos encontrados neste estudo. Bhusari, Muzaffar e Kumar (2014),

trabalhando com polpa de tamarindo encapsulada com diferentes agentes encapsulantes e seco por aspersão obtiveram valores de higroscopicidade entre 16,61 a 28,96% e observaram que higroscopicidade diminuiu com o aumento da adição de encapsulante.

A higroscopicidade de sucos e extratos de frutas em pó está relacionada com açúcares de baixo peso molecular e ácidos orgânicos com baixa temperatura de transição vítrea e teor de umidade, caracterizando-os com higroscopicidade alta (KUCK; NOREÑA, 2016).

O grau de caking se refere à agregação de partículas, que transforma um pó fluido em um sólido coerente. A quantidade de material endurecido pode variar de grandes pedaços, que facilmente se desmancham ou de fusão irreversível das partículas que não tem mais como voltar ao seu estado original (ZAFAR *et al.*, 2017). O valor do grau de caking está relacionado com a higroscopicidade, quanto maior o grau de caking, maior é a higroscopicidade (BHUSARI; MUZAFFAR; KUMAR *et al.*, 2014).

O grau de caking obtido neste estudo foi em média 55,93%. No estudo de Mahdavi *et al.* (2016) com extrato de berberis (*Berberis vulgaris*) encapsulado com três materiais de parede diferentes, maltodextrina e goma arábica, maltodextrina e gelatina e maltodextrina sozinha, obteve respectivamente os seguintes graus de caking,  $21,05 \pm 2,1$ ;  $20,50 \pm 0,3$  e  $20,09 \pm 1,14$ . Valores muito abaixo dos encontrados neste estudo.

Bhusari, Muzaffar e Kumar (2014) estudaram polpa de tamarindo encapsuladas com diferentes materiais de parede e secas por aspersão, obtiveram grau de caking variando de 29,77% a 47,25%, próximo ao encontrado neste estudo e concluíram que quanto maior a quantidade de agente encapsulante, menores são os valores do grau de caking.

Os produtos ricos em açúcar além de oferecem problemas durante a secagem, também são susceptíveis a aglutinar durante o armazenamento. Para evitar esse problema podem ser adicionados aditivos de alto peso molecular como maltodextrina e amidos a fim de aumentar a temperatura de transição vítrea da mistura (FABRA *et al.*, 2011). Dessa forma, para reduzir o grau de caking, poderia ter sido adicionado maior quantidade de encapsulante, como a maltodextrina, visto que ela é um açúcar de alto peso molecular.

### **4.3 Estabilidade da cor do extrato liofilizado da casca da pitaiá**

A estabilidade da cor do extrato de casca de pitaiá liofilizado (TABELA 3) indicou que a amostra escureceu ao longo do armazenamento, visto que a coordenada L\* diminuiu significativamente depois de 120 dias.

Tabela 3 – Coordenadas de cor do extrato liofilizado ao longo dos dias de armazenamento

Período	L*	a*	b*	C*	H
0 dias	73,19 a	46,15 a	-17,46 a	49,34 a	339,28 c
30 dias	50,71 b	37,73 b	-8,59 b	38,69 b	347,18 b
60 dias	49,89 b	37,87 b	-8,41 b	38,79 c	347,49 b
90 dias	45,11 c	40,93 c	-8,77 b	41,86 d	347,90 b
120 dias	40,05 d	40,25 c	-6,04 c	40,70 d	351,47 a

Valores obtidos em triplicata expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Sendo L: luminosidade (em escala de 0 a 100); a\*: a variação do verde ao vermelho; b\*: variação do azul ao amarelo; C\*: croma que representa o grau de concentração ou pureza da cor e o h: tonalidade das cores. \*Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Autor (2018).

Em geral, a degradação da betalaína é acompanhada pelo aumento da luminosidade L e valores do ângulo de matiz (h), enquanto o desenvolvimento de croma (C\*) depende do padrão da composição de betalainas da amostra (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006).

Neste estudo, o valor de L diminuiu, provavelmente por conta da umidade adquirida pela amostra ao longo do armazenamento (FIGURA 11).

Figura 11 – Extrato da casca da pitáia liofilizado após 120 dias de armazenamento



Fonte: Autor (2018)

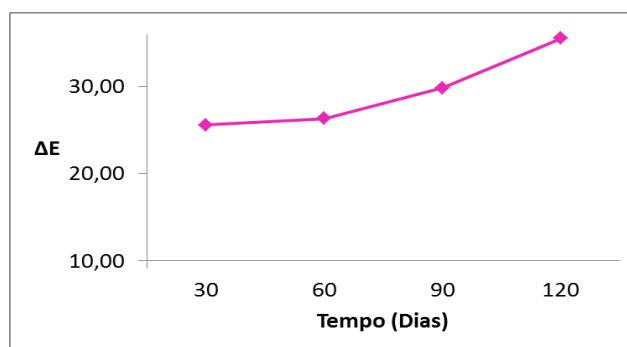
Seria importante ter acompanhado não só a cor, mas também a umidade da amostra durante o armazenamento, para que pudesse ser relacionada com as alterações de cor. O extrato quando líquido tinha uma coloração com L\* menor do que quando o extrato estava seco, indicando que a presença de água pode influenciar nessa coordenada.



A coordenada  $a^*$  sofreu menor variação, porém significativa entre os dias 0 e 30, quando ela reduz e entre 60 e 90 dias, quando ela passa a aumentar. Em contrapartida a coordenada  $b^*$  aumentou após 30 dias, não diferindo significativamente entre os 30 dias até os 90 dias. Aos 120 dias o valor da coordenada  $b^*$  aumentou indicando menor expressão do azul comparado à amostra no início das análises.

Ao final do armazenamento amostra ficou com as partículas bem agregadas, possivelmente devido ao seu elevado grau de caking. A variação total de cor após 30, 60, 90 e 120 dias foi respectivamente 25,6; 26,3; 29,8 e 35,5, respectivamente. Possivelmente a alteração de cor está relacionada a absorção da amostra durante o armazenamento. Essa variação da cor ( $\Delta E$ ) pode ser mais bem observada no gráfico 2.

Gráfico 2 – Variação total de cor ( $\Delta E$ ) do extrato da casca da pitáia liofilizado durante armazenamento



Fonte: Autor (2018)

A oscilação dos valores  $\Delta E$  pode estar relacionada à ocorrência de reações reversíveis nos pigmentos, as quais os regeneram continuamente. Com o passar do tempo, essas reações podem se tornar irreversíveis, gerando maiores valores de  $\Delta E$  (CARMO *et al.*, 2018).

As betacianinas quando submetidas a temperaturas mais elevadas, podem sofrer degradação, geralmente seguida por mudança de cor devido à formação de produtos de degradação amarelos, os quais são normalmente neobetacianinas e betaxantinas (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006).

Carmo *et al.* (2018) estudaram as propriedades e estabilidade de armazenamento acelerada de extrato de beterraba seco por aspersão e encapsulado com diferentes materiais de parede. As amostras foram armazenadas em temperatura de 60°C e umidade relativa de 30% e foram avaliadas uma vez por semana em relação à cor durante o período de cinco semanas. Na amostra encapsulada com proteína do soro de leite foi obtido maior valor de  $\Delta E=10$ , muito

inferior ao encontrado neste estudo. Para um corante ser utilizado na indústria de alimentos ele deve manter sua cor durante o armazenamento, para que quando for utilizado forneça a mesma cor durante toda a sua vida de prateleira.

#### 4.4 Análises Microbiológicas do sorvete

De acordo com a RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA (BRASIL, 2001) para a categoria de gelados comestíveis devem ser realizadas contagem de coliformes termotolerantes a 45°C e de estafilococos coagulase positiva, como também pesquisa de salmonela. Os resultados (TABELA 4) indicam que todas as amostras estavam aptas ao consumo por apresentarem valores inferiores aos limites estabelecidos pela legislação.

Tabela 4 – Características microbiológicas dos sorvetes elaborados

<i>Microorganismos</i>	Sem adição de corante	Com extrato da pitáia	Com corante artificial
Coliformes	<3,0	<3,0	<3,0
Termotolerantes a 45 °C (NMP/g)			
Estafilococos Coagulase Positiva (UFC/g)	<10	<10	<10
Salmonela (25g)	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Autor (2018).

#### 4.5 Análises físicas e físico-químicas do sorvete

Nesse estudo, o pH obtido para as amostras de sorvete variou entre 6,64 a 6,72 (TABELA 5) não obtendo diferenças significativas entre as amostras. No estudo de Mufas e Perera (2013) com sorvetes adicionados de polpa de pitáia, os valores obtidos para pH foram em média 6,56, próximo aos obtidos neste estudo e aos de Erkaya, Dağdemir e Şengül (2012), que obtiveram de valores de pH variando entre 5,83 a 6,30 em sorvetes adicionados de extrato de tomate-de-capucho (*Physalis peruviana L.*).

De acordo com Goff e Hartel (2013), o pH do sorvete está ao redor de 6,3 e depende do percentual de sólidos não gordurosos do leite presente na formulação. Quanto maior é esse percentual, maior é a acidez e conseqüentemente menor é o pH. Porém, é importante acrescentar que a adição de determinados ingredientes que possuem acidez elevada, dependendo de sua quantidade adicionada, também irão interferir no valor de pH.

O percentual de sólidos solúveis obtido neste estudo variou entre 28,23 °Brix a 31,07 °Brix. A amostra sem adição de corante não obteve diferença significativa em relação à amostra com corante artificial. A adição do corante artificial foi de apenas 0,5%, essa quantidade de corante foi pequena, resultando num percentual de sólidos que não diferiu significativamente da amostra que não teve adição de corante. A quantidade de extrato de pitáia adicionada foi de 1,89%, fazendo com que o percentual de sólidos do sorvete diferisse significativamente das demais amostras.

Tabela 5 – Características físicas e físico-químicas dos sorvetes elaborados

<i>Parâmetros</i>	<b>Sem adição de corante</b>	<b>Com extrato da pitáia</b>	<b>Com corante artificial</b>
pH	6,67 ± 0,01 a	6,64 ± 0,01 a	6,72 ± 0,06 a
Sólidos Solúveis	28,23 ± 0,17 b	31,07 ± 0,29 a	28,70 ± 0,16 b

As análises foram realizadas em triplicata, os valores foram expressos como média ± desvio padrão. \*Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Autor (2018).

Mufas e Perera (2013) obtiveram percentual de sólidos solúveis em média 31,5 °Brix, semelhante ao obtido neste estudo para amostra adicionada de extrato liofilizado. A quantidade de sólidos no sorvete dependerá da formulação, visto que diferentes combinações de ingredientes podem ser utilizadas, interferindo diretamente no resultado final do conteúdo de sólidos.

Os resultados obtidos para as coordenadas de cor (TABELA 6) diferiram significativamente entre as três amostras, excetuando-se a coordenada  $b^*$  para as amostras que tiveram corante adicionado.

A coordenada  $L^*$  variou de 74,21 a 87,68, sendo maior na amostra sem adição de corante, indicando que ela é mais clara que as demais. A coordenada  $a^*$  foi negativa para a amostra A, já as amostras com adição de corante tiveram essa coordenada variando entre 14,10 e 17,98, indicando a presença de vermelho nestas amostras. A coordenada  $b^*$  obtida foi de 8,32 na amostra sem adição de corante, indicando a presença da coloração amarela provavelmente pela ausência do corante e pela quantidade de leite na composição do produto. As demais amostras e obtiveram valores negativos pra essa coordenada, indicando a presença da coloração azul.

Tabela 6 – Coordenadas de cor das amostras de sorvete elaborados

<i>Amostras</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>H</i>
Sem adição de corante	87,68 ± 0,48 a	-1,20 ± 0,02 a	8,32 ± 0,16 a	8,41 ± 0,16 a	98,24 ± 0,05 a
Com extrato da pitaiá	76,57 ± 0,47 b	14,10 ± 0,07 b	-2,35 ± 0,03 b	14,29 ± 0,07 b	350,55 ± 0,09 b
Com corante artificial	74,21 ± 0,52 c	17,98 ± 0,12 c	-2,45 ± 0,03 b	18,14 ± 0,12 c	352,24 ± 0,05 c

As análises foram realizadas em triplicata, os valores foram expressos como média ± desvio padrão. \*Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Autor (2018).

Os valores obtidos para a análise de cor são semelhantes ao estudo de Roriz *et al.* (2018) que trabalhou com sorvetes adicionados de extrato de *Gomphrena globosa L.*, também fonte de betalaínas, comparando com extratos de beterraba e betalaínas na forma comercial.

O sorvete sem adição de corante (FIGURA 12) obteve para a coordenada L em média o valor de 94, valor superior ao encontrado neste estudo, indicando que a amostra sem adição de corante de Roriz *et al.* (2018) é mais clara do que a obtida neste estudo. O valor da coordenada a\* também foi negativo (-2,5) e b\* positivo (13) indicando, assim como neste estudo, a presença da coloração amarela na amostra.

Figura 12 – Amostras de sorvete elaboradas sem adição de corante, adicionado de extrato de casca de pitaiá liofilizado e corante artificial



A: Sorvete sem adição de corante; B: Sorvete adicionado de extrato liofilizado; C: Sorvete com corante artificial amaranço. Fonte: Autor (2018)

Os sorvetes de Roriz *et al.* (2018), que foram adicionados de corantes, tiveram  $L^*$  em média variando entre 85 a 93, nesse estudo essa coordenada obteve valor mais baixo, o que indica coloração rósea mais escura, provavelmente relacionada à dosagem utilizada neste estudo. Como o objetivo principal era atingir a cor da amostra semelhante a comercial obtida com corante artificial, foi necessária adicionar maior quantidade do extrato em pó no sorvete.

No estudo de Roriz *et al.* (2018), o parâmetro  $a^*$  variou em média de 2,0 a 10, neste estudo os valores para as amostras adicionadas de corante foram superiores, indicando uma maior presença da coloração vermelha nas amostras. Para a coordenada  $b^*$  os valores variaram em média entre 2,4 a 8,1 e nesse estudo os valores obtidos foram negativos, indicando uma maior expressão do pigmento azul.

#### 4.6 Estabilidade da cor do sorvete elaborado com extrato liofilizado

A estabilidade da cor do sorvete adicionado de extrato da casca da pitiaia liofilizado apresentou diferenças significativas para as coordenadas  $b^*$  e  $h$  entre o inícios dos testes até 30 dias de armazenamento. Porém a partir desse período até os 120 dias de armazenamento, não houve diferenças significativas em nenhuma das coordenadas (TABELA 7). O que indica uma boa manutenção da cor ao longo do armazenamento desse produto, sendo então, o corante obtido da casca da pitiaia bastante estável na aplicação em sorvetes, provavelmente relacionado às características da matriz do sorvete e a sua temperatura de armazenamento.

Tabela 7 – Caracterização de cor do sorvete adicionado de extrato da casca da pitiaia liofilizado ao longo do tempo

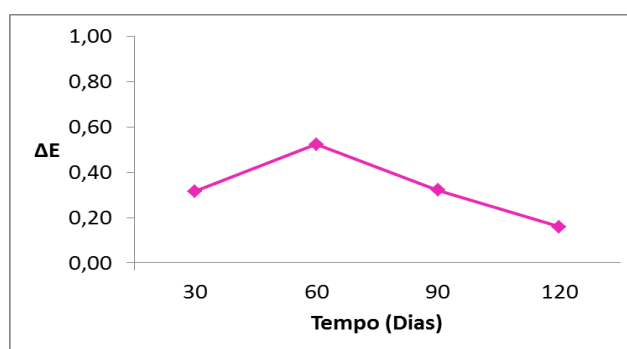
Período	L	$a^*$	$b^*$	C*	H
0 dias	76,57 a	14,10 a	-2,35 a	14,29 a	350,55 a
30 dias	76,89 a	14,21 a	-2,37 b	14,34 a	350,48 b
60 dias	76,08 a	14,17 a	-2,19 b	14,33 a	351,22 b
90 dias	76,56 a	14,42 a	-2,38 b	14,61 a	350,64 b
120 dias	76,24 a	14,44 a	-2,36 b	14,63 a	350,71 b

Valores obtidos em triplicata expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Sendo L: luminosidade (em escala de 0 a 100);  $a^*$ : a variação do verde ao vermelho;  $b^*$ : variação do azul ao amarelo; C\*: croma que representa o grau de concentração ou pureza da cor e o H: tonalidade das cores. \*Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem entre si estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Fonte: Autor (2018).

O pH do sorvete elaborado foi de 6,64 e ainda está próximo da faixa de estabilidade das betalaínas (4,0 a 6,0). A temperatura de armazenamento do sorvete ( $-18^\circ\text{C}$ ) não é favorável para reações de degradação dos pigmentos, os quais poderiam alterar as coordenadas de cor.

A variação da cor ao longo do armazenamento, representada por  $\Delta E$ , do sorvete adicionado de extrato da casca da pitáia liofilizado (GRÁFICO 3) indicou que todas as variações foram inferiores a 0,6, muito baixas comparadas a variação de cor que ocorreu no pó. Após 30 dias o  $\Delta E$  foi de 0,32, seguido de 0,52; 0,32 e 0,16 para os dias 60, 90 e 120 respectivamente. Houve um pico de variação em 60 dias que foi decrescendo ao longo do armazenamento.

Gráfico 3 – Variação total de cor ( $\Delta E$ ) do sorvete elaborado com extrato da casca da pitáia liofilizado durante o armazenamento



Fonte: Autor (2018)

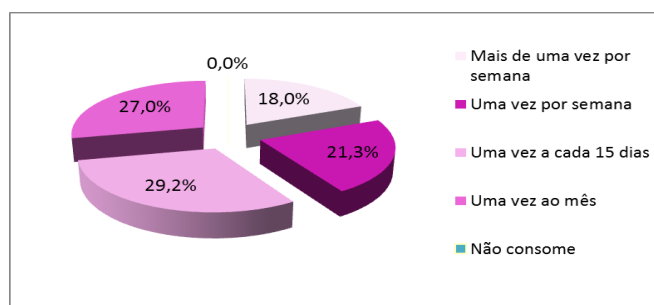
O resultado obtido foi ótimo, a baixa variação da cor é necessária para tornar o extrato viável para indústria de sorvetes, visto que a manutenção da cor durante a vida de prateleira é crucial para um produto industrializado.

## 4.7 Análise Sensorial dos sorvetes elaborados

### 4.7.1 Caracterização do perfil dos provadores

Os atributos sensoriais de impressão global, cor, sabor, aroma, textura, assim como intenção de compra dos sorvetes elaborados foram avaliados por 89 provadores (64% do sexo feminino e 32% do sexo masculino). A maior parte dos avaliadores (72%) tinha idade entre 18 e 25 anos, enquanto 16% deles apresentavam entre 26 e 35 anos. O público jovem de provadores era esperado, visto que os testes ocorreram na universidade, onde essa faixa etária é comum. Ainda houve 7% dos avaliadores com idades entre 36 e 45 anos e 6% com idade superior a 45 anos. Do total de provadores, 18% afirmaram que consomem sorvetes a base de leite mais de uma vez por semana, 21% pelo menos uma vez na semana, 29% uma vez a cada 15 dias e 27% ingerem uma vez ao mês (GRÁFICO 4).

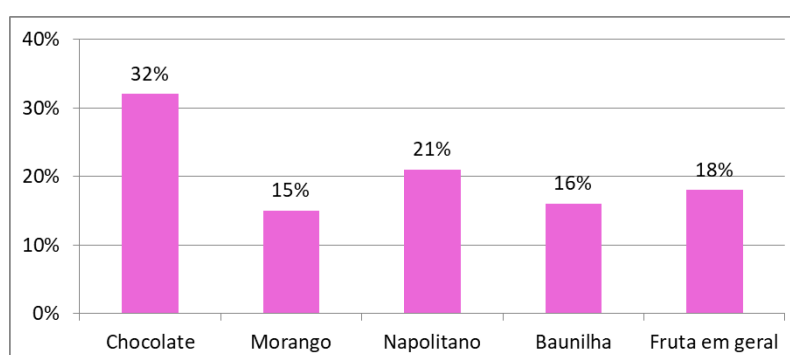
Gráfico 4 – Frequência de consumo de sorvetes à base de leite por 89 provadores



Fonte: Autor (2018)

Entre os avaliadores, 54% afirmaram que observavam a presença de corantes nas embalagens dos alimentos e bebidas contra 45% que não observavam essa informação no rótulo. Esses dados são compatíveis com a pesquisa do Datafolha, a qual mostra que 48% dos brasileiros não costumam ler as informações contidas nos rótulos, como ingredientes e tabela nutricional (ACT, 2017). Ou seja, quase metade das pessoas não costuma ler os rótulos e conseqüentemente não observa informações como a presença de corantes naturais ou artificiais. Entre os sabores de sorvetes mais consumidos, 32% dos entrevistados preferiram chocolate, 15% elegeram morango, 21% selecionaram sorvete do tipo napolitano, 16% escolheram baunilha e 18% fruta, excetuando-se o morango (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – Sabores de sorvetes apontados como os mais consumidos entre os 89 provadores



Fonte: Autor (2018).

O sorvete napolitano é um dos mais conhecidos e vendidos por que em um só pote de sorvete o consumidor pode experimentar os três sabores. De acordo com relatório da FONA (2017), os sabores mais consumidos mundialmente incluindo suas misturas são chocolate, baunilha e morango.

#### 4.7.2 Teste de aceitação

As médias dos escores hedônicos da análise sensorial dos sorvetes (TABELA 8) indicam que todas as amostras foram bem aceitas quanto à impressão global e aos atributos avaliados.

As médias hedônicas para impressão global (TABELA 8) não diferiram significativamente entre as amostras adicionadas de corante. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Santos (2015) em seu estudo com iogurtes adicionados de pó seco por aspersão obtido a partir da polpa de pitaia encapsulada com maltodextrina. Santos (2015) não obteve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras adicionadas de corante para impressão global.

Yee e Wah (2017) aplicaram pó obtido a partir da polpa da pitaia encapsulada com maltodextrina em pastilhas de frutas e compararam com corante artificial. As médias dos escores hedônicos em relação à impressão global mostraram que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras e suas médias variaram entre 6,54 e 6,72, inferiores as encontradas neste estudo.

Tabela 8 – Médias hedônicas da avaliação de sorvetes

<i>Médias hedônicas</i>	Sem adição de corante	Com extrato da pitaia	Com corante artificial
Impressão Global	7,08 b	7,70 a	7,69 a
Cor	6,18 b	7,60 a	7,92 a
Sabor	7,38 a	7,44 a	7,49 a
Aroma	6,92 a	6,98 a	7,08 a
Textura	7,33 a	7,73 a	7,58 a

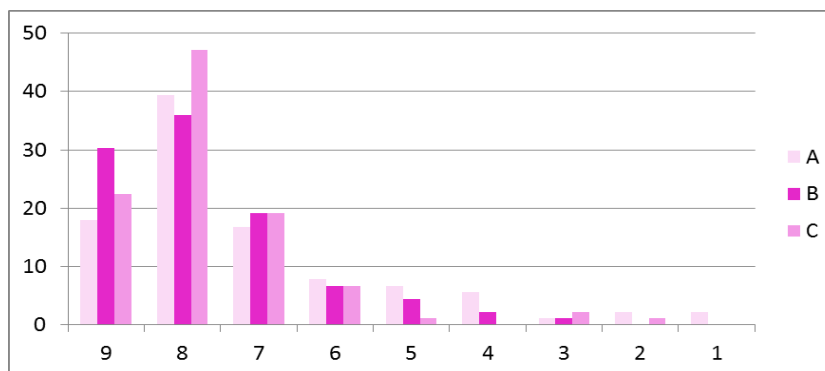
Fonte: Elaborado pelo autor. <sup>a,b,c</sup> As médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Escala hedônica (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei, nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). Fonte: Autor (2018).

Para um produto apresentar boa aceitação, ele deve obter um somatório dos percentuais na zona de aceitação ou zona do gostar (regiões de 6 a 9) de mínimo 70% (DUTCOSKY, 2013). O somatório dos percentuais das respostas nas zonas de aceitação (regiões de 9 a 6) para o atributo impressão global indica que as amostras foram bem aceitas (GRÁFICO 6). Os resultados obtidos foram de 82 %, 92,1% e 95,5% para a amostra sem adição de corante, com adição de extrato de pitaia e com corante artificial respectivamente. Kumar *et al.* (2015) estudaram a adição de extrato de espinafre malabar, também fonte de



betalaínas, em sorvetes e avaliaram a eficácia desse extrato como corante natural, obtiveram 98,5% de aceitação para o atributo impressão global.

Gráfico 6 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação da impressão global dos sorvetes estudados



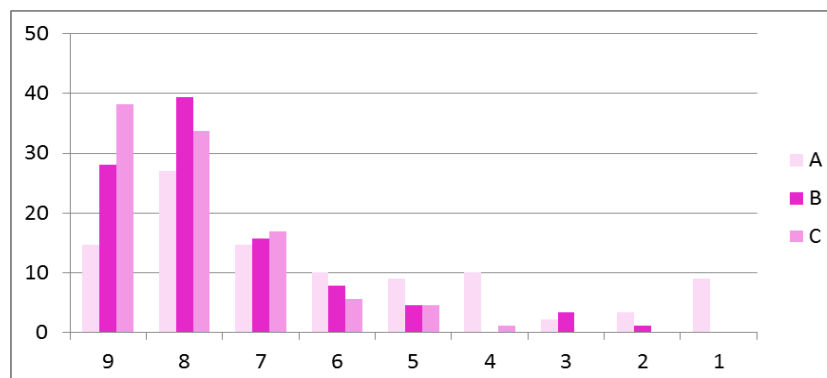
Fonte: Elaborado pelo autor. Escala hedônica (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei, nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A: Sorvete sem adição de corante, B: Sorvete com extrato liofilizado da casca da pitaia, C: Sorvete com corante artificial amaranato. Fonte: Autor (2018).

Assim como na impressão global, o atributo cor na amostra controle foi diferente significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais, obtendo médias hedônicas para ambos os atributos inferiores às obtidas para as amostras adicionadas de corantes. O que indica a importância da presença da cor na aceitação de um produto. Inclusive a amostra sem adição de corante obteve algumas respostas relativas a desgostei muitíssimo (GRÁFICO 7).

O somatório dos percentuais das respostas nas zonas de aceitação para o atributo cor da amostra controle (sem adição de corante) foi 66,3%, indicando o quanto a ausência de cor prejudicou a aceitabilidade do produto em relação a este atributo. Para a amostra com adição de corante obtido da casca da pitaia e de corante artificial foi respectivamente de 91,0% e 94,4% (GRÁFICO 7), indicando excelente aceitabilidade em relação a cor.

No estudo de Yee e Wah (2017) com pastilhas de frutas, a amostra com adição de corante natural obtido da polpa da pitaia obteve média hedônica superior ao da amostra com corante artificial, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ). Neste estudo não houve diferença significativa para o atributo cor entre a amostra adicionada de extrato da casca da pitaia e a elaborada com corante artificial, da mesma forma que no estudo de Gengatharan, Dykes e Choo (2017) com iogurtes adicionados de extrato de pitaia e comparados com iogurte comercial de morango.

Gráfico 7 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação da cor dos sorvetes estudados



Fonte: Elaborado pelo autor. Escala hedônica (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei, nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A: Sorvete sem adição de corante, B: Sorvete com extrato liofilizado da casca da pitaiá, C: Sorvete com corante artificial amaranço. Fonte: Autor (2018).

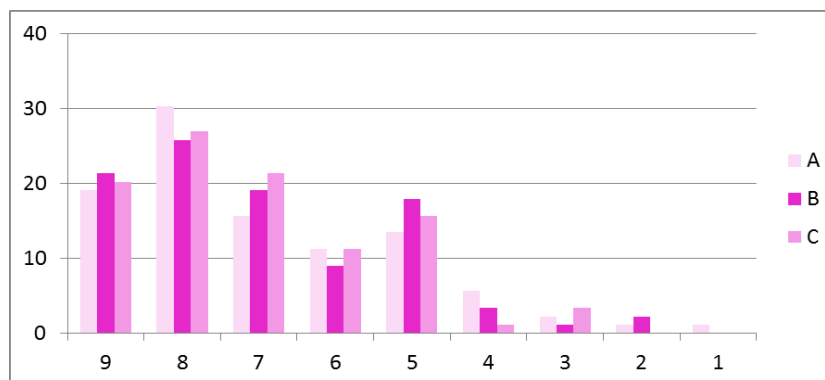
A diferença ocorreu entre a amostra controle e as adicionadas de corante (TABELA 8), o que de certa forma já era esperado, visto que a cor do sorvete de morango normalmente está entre rosa e vermelho. Desta forma, a ausência de cor descaracterizou o sabor morango. No estudo de Santos (2015), também houve diferença significativa entre as amostras adicionadas de corante de pitaiá e o controle, sendo que as amostras adicionadas de corante obtiveram maiores médias hedônicas do que a controle, indicando boa aceitabilidade em relação à cor. Neste estudo a amostra com corante da pitaiá obteve média hedônica de 7,60, enquanto a de corante artificial obteve 7,92, não diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ).

Neste estudo, o valor médio obtido para avaliação de aroma variou entre 6,92 a 7,08 e não houve diferenças significativas entre as amostras ( $p < 0,05$ ) (TABELA 6).

As médias dos escores hedônicos para o atributo aroma do estudo de Yee e Wah (2017) foram de 6,42 e 6,02, valores inferiores aos encontrados neste estudo, não havendo diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. Santos (2015) obteve resultados superiores ao deste estudo em relação ao aroma, cujas médias dos escores hedônicos variaram entre 7,66 e 7,76, não havendo diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Um corante não deve transmitir odor à matriz alimentícia na qual será aplicada, para não interferir no aroma característico esperado no produto. Por esse motivo é importante que não tenha ocorrido diferenças na aceitação para esse atributo.

Para o atributo aroma, o somatório dos percentuais das respostas na zona de aceitação da amostra controle foi 76,4%, indicando que apesar da ausência de cor o aroma foi bem aceito (GRÁFICO 8). Para a amostra com adição de corante extraído da casca da pitaiá e a adicionada de corante artificial foi de 75,3% e 79,8%, respectivamente.

Gráfico 8 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação do aroma dos sorvetes estudados



Fonte: Elaborado pelo autor. Escala hedônica (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei, nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A: Sorvete sem adição de corante, B: Sorvete com extrato liofilizado da casca da pituaia, C: Sorvete com corante artificial amarantho. Fonte: Autor (2018).

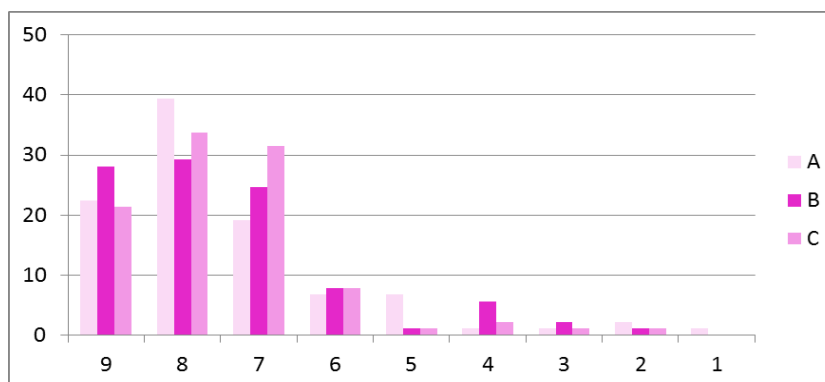
Neste estudo os escores hedônicos médios variaram entre 7,38 a 7,49 para o atributo sabor, o que indica uma boa aceitação em relação a esse atributo. No estudo de Santos (2015) com iogurtes adicionados de pó obtido da polpa da pituaia esses valores ficaram entre 8,04 a 8,13, superiores ao deste estudo. Tanto neste estudo quanto no de Santos (2015) não houve diferenças significativas em relação ao sabor ( $p < 0,05$ ), até mesmo comparando com a amostra sem adição de corante. No trabalho de Raikos *et al.* (2016) com maionese, também não houve diferença significativa entre as amostras com adição de extrato de beterraba e as que não foram adicionadas, as médias hedônicas ficaram em torno de 7,0, próximas a deste estudo, indicando uma boa aceitação.

No estudo de Erkaya, Dağdemir e Şengül (2012) com sorvetes adicionados de extrato seco de tomate-de-capucho (*Physalis peruviana L.*), a adição do extrato não interferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) no sabor. No estudo sensorial de Manoharan *et al.* (2012) utilizando cartão de escores desenvolvido pela Associação Americana de Ciência de Laticínios (ADSA) com sorvetes adicionados de extrato de beterraba, foi identificado que acima de 4% de extrato na composição houve decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) nos escores de aceitação em relação ao sabor. Da mesma forma que o aroma, o corante não pode transferir sabor ao produto aplicado, pois ele pode interferir no sabor característico do produto no qual vai ser aplicado.

Para o atributo sabor, o somatório dos percentuais das respostas na zona de aceitação da amostra controle foi 87,6%, indicando que apesar da ausência de cor o sabor foi bem aceito. O índice de aceitabilidade para este atributo para a amostra com adição de corante

extraído da casca da pitaita e a adicionada de corante artificial foi respectivamente de 89,9% e 94,4% (GRÁFICO 9), indicando boa aceitabilidade para esse atributo.

Gráfico 9 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação do sabor dos sorvetes estudados



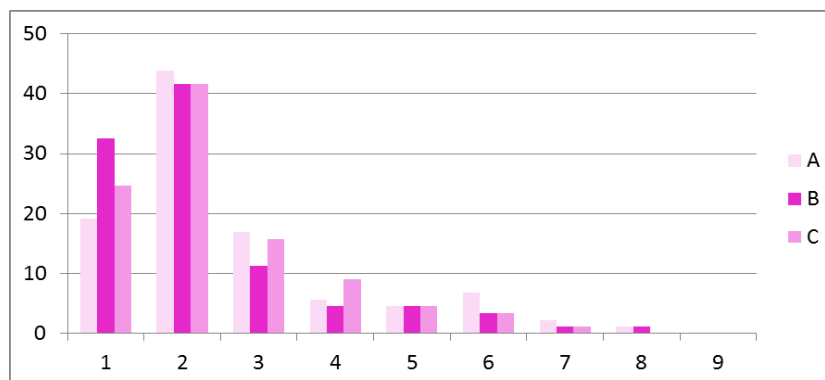
Fonte: Elaborado pelo autor. Escala hedônica (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei, nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A: Sorvete sem adição de corante, B: Sorvete com extrato liofilizado da casca da pitaita, C: Sorvete com corante artificial amaranato. Fonte: Autor (2018).

As médias hedônicas em relação ao atributo textura variaram de 7,33 a 7,73. Erkaya, Dağdemir e Şengül (2012) estudando sorvetes adicionados de extrato seco de tomate-de-capucho (*Physalis peruviana L*), obtiveram escores hedônicos variando de 8,0 a 8,8, valores superiores aos encontrados nesse estudo. Em ambos os estudos não houve diferenças significativas para o atributo textura ( $p < 0,05$ ).

No trabalho de Raikos *et al.* (2016) nas maionese adicionadas de extrato de beterraba como antioxidante, as médias hedônicas variaram entre 6,3 e 6,9 não apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a textura, valores inferiores aos desse estudo. No trabalho de Santos (2015), as médias hedônicas variaram em torno de 8,0, indicando grande aceitação em relação a esse atributo e não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras de iogurtes.

O somatório dos percentuais das respostas nas zonas de aceitação da amostra sem adição de corantes para o atributo textura foi 85,4%, indicando que apesar da ausência de cor, foi bem aceita. Para a amostra com adição de corante extraído da casca da pitaita e com adição de corante artificial foi respectivamente 89,9% e 91,0% (GRÁFICO 10), obtendo boa aceitabilidade.

Gráfico 10 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na avaliação da textura dos sorvetes estudados

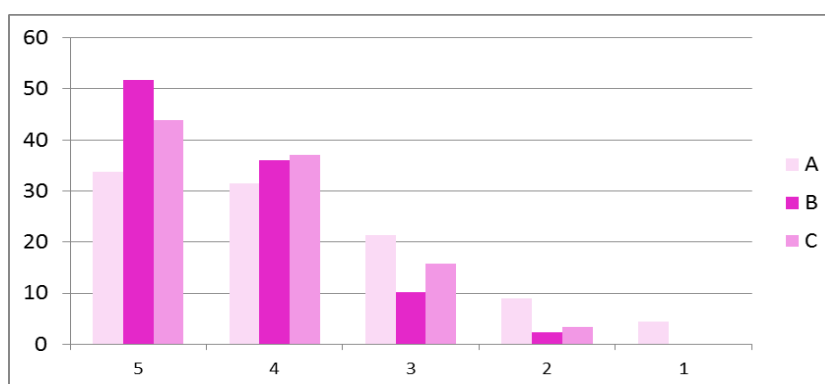


Fonte: Elaborado pelo autor. Escala hedônica (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei, nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A: Sorvete sem adição de corante, B: Sorvete com extrato liofilizado da casca da pituaia, C: Sorvete com corante artificial amarantho. Fonte: Autor (2018).

A ausência de diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o atributo textura, neste estudo é um indicativo que o uso do corante obtido da casca da pituaia, além de não interferir no sabor e no aroma, também não interferiu na textura. O corante é um aditivo utilizado em pequenas quantidades, portanto não se esperava a sua interferência em outras características dos sorvetes, como textura.

A avaliação dos resultados para intenção de compra (GRÁFICO 11) indicou que as amostras adicionadas de corantes têm potencial de compra por parte dos consumidores.

Gráfico 11 – Distribuição da frequência de respostas dos provadores na intenção de compra dos sorvetes estudados



Fonte: Elaborado pelo autor. Escala de compra (5 = certamente compraria; 3 = tenho dúvidas se compraria; 1 = certamente não compraria). A: Sorvete sem adição de corante, B: Sorvete com extrato liofilizado da casca da pituaia, C: Sorvete com corante artificial amarantho. Fonte: Autor (2018).

A soma do percentual das pontuações quatro (provavelmente compraria) e cinco (certamente compraria) para a amostra sem adição de corante foi de 65,2%. Para a amostra

com adição de corante extraído da casca da pitaia o índice de intenção de compra foi de 87,6%, já a amostra com adição de corante artificial obteve um percentual de 80,9%.

#### 4.7.3 Teste de ordenação

Segundo a Christensen a 5% de significância (Anexo A), o valor da diferença entre os totais de ordenação para 89 provadores e três amostras é de 26. A diferença entre o somatório dos totais de ordenação para as amostras de B e C sorvete (TABELA 9) foi de 19, indicando não haver diferenças significativas entre essas amostras. Já a diferença dos somatórios entre as amostras A e B foi de 53, indicando diferença significativa entre as amostras. O mesmo ocorreu para as amostras A e C, com diferença entre os totais de ordenação de 34. As amostras mais preferidas foram as adicionadas de corante, não havendo diferenças ( $p < 0,05$ ) entre elas.

Tabela 9 – Somatório e diferença entre os totais de ordenação dos sorvetes elaborados

<i>Amostras</i>	<i>Somatórios</i>	<i>Diferença</i>
Sem adição de corante	148	B – A = 53
Com extrato da pitaia	201	B – C = 19
Com corante artificial	182	C – A = 34

Fonte: Autor (2018).

## 5 CONCLUSÃO

O pó elaborado a partir da casca da pitaia apresenta características de boa solubilidade, baixa higroscopicidade e umidade, porém alto grau de caking. Para reduzir o grau de caking, poderia ser utilizado maior teor de maltodextrina na encapsulação.

A estabilidade do extrato de casca da pitaia liofilizado avaliada durante o tempo de armazenamento de 120 dias exibe alteração na cor, a qual torna-se mais escura devido o aumento de absorção de água, influenciando no seu grau de caking.

A adição do corante obtido da casca da pitaia liofilizada não interfere no pH do sorvete, somente no conteúdo de sólidos solúveis.

A aceitação sensorial elevada do sorvete elaborado com extrato obtido da casca da pitaia liofilizada aliada a baixa variação na coloração durante o armazenamento de 120 dias indicam seu potencial uso como substituto do corante artificial amaranth em sorvetes.

## REFERÊNCIAS

- ABIS. Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes. **Estatística:** produção e consumo de sorvetes no Brasil. Disponível em: [http://www.abis.com.br/estatistica\\_producaoconsumode\\_sorvetesnobre.html](http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumode_sorvetesnobre.html). Acesso em: 15 fev. 18.
- ACT. Aliança de Controle do Tabagismo. Opinião da população brasileira sobre temas relativos a alimentos industrializados. **Data Folha**, São Paulo, set. 2017. Disponível em: [http://www.actbr.org.br/uploads/arquivos/1196\\_Datafolha\\_alimentos\\_2017-%281%29.pptx.pdf](http://www.actbr.org.br/uploads/arquivos/1196_Datafolha_alimentos_2017-%281%29.pptx.pdf). Acesso em: 26 out. 2018.
- ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para análise de alimentos**. 4 ed., 2008.
- AKIN, M.; AKIN, M.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 104, p. 93-99, 2007.
- ALVES, A. C. B.; MONTEIRO, L. B.; POMPEU, D. R. Otimização da extração sólido-líquido de compostos fenólicos totais e betalaínas da casca de frutos de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*), **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 2556-2577, 2018.
- AMAYA, D. B. R. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, [s.l.], v.7, p.20-26, 2016.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 4 ed. Washigton, 2001.
- AMORIM, Q. S. **Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas:** capacidade antioxidante e fatores antinutricionais. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Faculdade de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.
- ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream**. 4 ed. New York: Springer, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 5492:2014: **Análise sensorial:** vocabulário. ABNT: Rio de Janeiro, 2014. 25 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 11136:2016: **Metodologia:** guia para condução de teste hedônicos com consumidores em ambientes controlados. ABNT: Rio de Janeiro, 2016. 57p.
- ATTIA, G. Y.; MOUSSA, M.E.M.; SHEASHE, E. R. Characterization of red pigments extracted from red beet (*Beta Vulgaris, l.*) and its potential uses as antioxidant and natural food colorants. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 91, n 3, 2013.
- BAKOWSKA-BARCZAK, A. M.; KOLODZIEJCZYK, P. P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v.34, p. 1301-1309, 2011.



BALLESTEROS, L. F.; RAMIREZ, M. J.; ORREGO, C. E.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATTO, S. I. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 237, n.15, p. 623-631, 2017.

BATADA, A.; JACOBSON, M. F. Prevalence of artificial food colors in grocery store products marketed to children. **Clinical Pediatrics**, [s.l.], v. 55, p.1113-1119, 2016.

BENTO, W. A. S.; LIMA, B. P.; PAIM, A. P. S. Simultaneous determination of synthetic colorants in yogurt by HPLC. **Food Chemistry**, [s.l.], v.183, p. 154-160, 2015.

BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, [s.l.], v. 266, p. 354-364, 2014.

BIASCUTTI, M. L.; VENIR, E.; MARINO, M.; MAIFRENI, M.; INNOCENTE, N. Effects of high pressure homogenization of ice cream mix on the physical and structural properties of ice cream. **International Dairy Journal**, [s.l.], v. 32, p.40-45, 2013.

BOLLINGER, S.; KORNBURST, B.; GOFF, H. D.; THARP, E. J.; WINDHAB, E. J. Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low-temperature extrusion processing. **International Dairy Journal**, [s.l.], v. 10, p. 497 – 504, 2000.

BOTREL, D. A.; FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V.; YOSHIDA, M. I. Influence of wall matrix systems on the properties of spray-dried microparticles containing fish oil. **Food Research International**, [s.l.], v. 62, p. 344-352, 2014.

BRASIL. Presidência da República. Lei n° 986, de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimento. **Lex: coletânea de legislação: edição federal**. Brasília, DF: Presidência da República, 1969. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0986.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0986.htm). Acesso em: 27 nov. 2017.

BRASIL. CNNPA – Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução n° 44, de 1977. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial, Brasília, 1977.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 12, de 2 de janeiro de 2001. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial, Brasília, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n° 540, de 20 de julho de 1997. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Aprova o Regulamento Técnico de Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. Diário Oficial, Brasília, 1997.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 259, de 20 de setembro de 2002. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. Diário Oficial, Brasília, 2002a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 340, de 13 de dezembro de 2002. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Determina que as Empresas Fabricantes de Alimentos que Contenham na sua Composição o Corante Tartrazina (INS 102) Devem Obrigatoriamente Declarar na Rotulagem, na Lista de Ingredientes, o Nome Corante Tartrazina por Extenso. Diário Oficial, Brasília, 2002b.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 267, de 25 de setembro de 2003. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Aprova o Regulamento Técnico referente a de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a lista de verificação para estabelecimentos industrializadores de gelados comestíveis. Diário Oficial, Brasília, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 266, de 22 de setembro de 2005. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Aprova o Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis e preparados para gelados comestíveis. Diário Oficial, Brasília, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 3, de 15 de janeiro de 2007. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Regulamento técnico de Atribuição de Aditivos e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 3: Gelados. Diário Oficial, Brasília, 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 45, de 03 de novembro de 2010. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Dispõe sobre Aditivos Alimentares Autorizados para Uso Segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Diário Oficial, Brasília, 2010a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 46, de 03 de novembro de 2010. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Dispõe sobre Limites Máximos para Aditivos Excluídos da Lista de “Aditivos Alimentares Autorizados para Uso Segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF)”. Diário Oficial, Brasília, 2010b.

CACACE, J. E; MAZZA, G. Extraction of anthocyanins and other phenolics from black currants with sulfured water. **Journal of agricultural and food chemistry**, [s.l.], v. 50, n. 21, p. 5939-5946, 2002.

CAI, Y; SUN, M.; CORKE, H. HPLC Characterization of Betalains from Plants in the Amaranthaceae. **Journal of Chromatographic Science**, [s.l.], v. 43, p. 454-460, 2005.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carries on the microoestructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging technologies**, [s.l.], v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CAROCHO, M.; BARREIRO, M. F.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 377-399, 2014.

CAROCHO, M., MORALES, P., FERREIRA, I., Natural food additives: *Quo vadis?* **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 45, p. 284-295, 2015.

CASTRO, F. F. M.; JACOB, C. M. A.; CASTRO, A. P. B. M.; YANG, A. C. **Alergia Alimentar**. 1 ed. Barueri: Manole, 2010.

CELLI, G. B.; BROOKS, M. S. L. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins – A current review. **Food Research International**, [s.l.], v. 100, p. 501-509, 2017.

CHOI, S. E. **Food Science: An Ecological Approach**, Chapter 3: Sensory Evaluation, Jones & Bartlett Learning Publish, 2014.

CIE, Comission Internazionale de Eclairage, **Colorimetry: CIE 1976 L\* a\* b\* colour space**, Vienna, Austria, 12 p. 2007.

CLARK, S.; COSTELLO, M.; DRAKE, M.; BODYFELT, F. **The sensory evaluation of dairy products**, 2 ed., New York: Springer, 2009.

CLARKE, Chris. **The Science of Ice Cream**. 2 ed. Bedford: RSPPublishing, 2013.

COCHRANE, S. The Munsell Color System: A scientific compromise from the world of art. **Studies in History and Philosophy of Science**, [s.l.], v. 47, p. 26-41, 2014.

CODEX ALIMENTARIUS. **General Standard for food additives** Codex Stan 192-1995. Revision 2017. Disponível em: [www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B192-1995%252FCXS\\_192e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B192-1995%252FCXS_192e.pdf). Acesso em: 27 nov. 2017.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais: Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2016.

CUNHA, L. C. M.; MONTEIRO, M. L. G.; LIMA, B. R.C.C. ; OLIVEIRA, J. M.G. ; ALVES, V. H.M.; ALMEIDA, A. L.; TONON, R. V.; ROSENTHAL, A.; JUNIOR, C. A.C. Effect of microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel on color, texture and oxidative stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.l.], v. 49, p. 136-145, 2018.

CRUZ, A. G; ZACARCHENCO, P. B.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C. H. **Processamento de produtos lácteos: queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, sorvete, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais**. 1 ed. v. 3. Rio de Janeiro: Elsevier, cap. 5, p. 150- 159, 2017.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENEMMA, O. R. **Química de alimentos de fenemma**, 4. ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 9, p. 452-481, 2008.

DEOSARKAR, S. S.; KALYANKAR, S. D. Ice Cream: Composition and Health Effects. **Encyclopedia of Food and Health**, 1 ed.. New York: Academic Press. p. 385-390, 2016.

DHADAGE, K. B.; SHINDE, G. S.; GADHAVE, R. K. Development of the Functional Food Beetroot Fortified MultiGrain Snacks. **International Journal of Science and Research**, [s.l.], p. 2319-7064, 2014.

DIMOU, A. K. **Encyclopedia of Food Microbiology**, Elsevier, v.2, chapter: Ice Cream – Microbiology, p. 235-239, 2014.

DUARTE, M. H. **Armazenamento e qualidade de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose] submetida à adubação orgânica**. 2013. 118f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica), Universidade Federal de Lavras - UFLA, Minas Gerais, 2013.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **A água no amido granular solúvel a frio para a composição de alimentos em gel**, 1984.

ERKAYA, T.; DAĞDEMİR, E.; ŞENGÜL, M. Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana*L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. **Food Research International**, [s.l.], v. 45, p. 331-345, 2012.

ESATBEYOGLU, T.; WAGNER, A. E.; MOTAFAKKERAZAD, R.; NAKAJIMA, Y.; MATSUGO, S.; RIMBACH, G. Free radical scavenging and antioxidant activity of betanin: Electron spin resonance spectroscopy studies and studies in cultured cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 73, p.119-126, 2014.

ESQUIVEL, P. ; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Pigment pattern and expression of colour in fruits from different *Hylocereus* sp. genotypes. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.l.], v. 8, p. 451-45, 2007.

EZHILARASI, P.N.; INDRANI, D.; JENA, B.S.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 117, p. 513-520, 2013.

FABRA, M. J.; MÁRQUEZ, E.; CASTRO, D.; CHIRALT, A. Effect of maltodextrins in the water-content–water activity–glass transition relationships of noni (*Morinda citrifolia* L.) pulp powder. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 103, p. 47-51, 2011.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols – A review. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 21, p.510-523, 2010.

FATHORDOOBADY, F.; MIRHOSSEINI, H.; SELAMAT, J.; MANAP, M. Y. A. Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus* flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 202, p.70-80, 2016.

FDA. **Summary of Color Additives for Use in the United States in Foods, Drugs, Cosmetics, and Medical Devices**. Disponível em: <https://www.fda.gov/ForIndustry/ColorAdditives/ColorAdditiveInventories/ucm115641.htm#table1A>. Acesso em: 01 fev. 18.

FEKETE, G.; TSABOURI, S. Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality? **Food Chemistry**, [s.l.], v. 230, p. 578-588, 2017.

FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Gum Arabic / starch / maltodextrina / inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 101 p. 524-532, 2014.

FIBONACCI, CC BY-SA 3.0, **Pitaia-amarela (*Selenicereus megalanthus*)**. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=564936>. Acesso em: 01 nov. 2018.

FLORES, L. S. A.; RODRÍGUEZ, J. R.; SEGURA, S. C.; MARTÍNEZ, A. M.; SALDÍVAR, R. P.; HERNÁNDEZ, C. C. Evaluation of different methods for betanin quantification in pitaya (*Stenocereus* spp.). **Agro Food Industry Hi-Tech**, [s.l.], v. 27, n. 1, 2016.

FONA INTERNATIONAL, **A global look at dairy & plant-based ice cream**, Geneva, 2017. Disponível em: <https://www.fona.com/wp-content/themes/fona/migrated-files/Global%20Ice%20Cream%201017%20fona.pdf>. Acesso em: 26 out. 2018.

GARCÍA-LUCAS, K. A.; LAGUNAS, L. L. M.; RAMÍREZ, J. R.; CAMPANELLA, O. H.; PATEL, B. K.; BERNAL, L. G. B. Physical properties of spray dried *Stenocereus griseus* pitaya juice powder. **Journal of Food Process Engineering**, [s.l.], v. 40, p. 1-9, 2017.

GEA NIRO RESEARCH LABORATORY. **Analytical methods dry milk products**. Soeborg: GEA Niro, 2005.

GENET, CC BY-SA 3.0, **Pitaia-vermelha (*Hylocereus monacanthus*)**. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24498426>. Acesso em: 01 nov. 2018.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, W. S. The effect of pH treatment and refrigerated storage on natural colourant preparations (betacyanins) from red pitahaya and their potential application in yoghurt. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 80, p. 437-445, 2017.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, W. S. Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 64, p. 645-649, 2015.

GIBBS, B. F.; KERMASHA, S.; ALI, I.; MULLIGAN, C. N. Encapsulation in the food industry: a review. **International Journey of Food Sciences and Nutrition**, [s.l.], v. 50, 3 ed., p. 213-224, 1999.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice Cream: The ice cream industry**. 7 ed. New York: Springer, 2013.

- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s.l.], v.11, p. 342-351, 2010.
- HERBACH, K. M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. (2006). Betalain stability and degradation – Structural and chromatic aspects. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 71, p. 41-50, 2006.
- HERNÁNDEZ, C. C.; SALDÍVAR, P. R.; FLORES, S. L. Pitaya (*Stenocereus* spp.). **Encyclopedia of food and health**, p. 385-391, 2016.
- HUA, Q.; CHEN, C.; ZUR, N. T.; WANG, H.; WU, J.; CHEN, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, J.; HU, G.; QIN, Y. Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 126, p.117-125, 2018.
- HÚNGARO, H. M.; PEÑA, W. E. L.; SILVA, N. B. M.; CARVALHO, R.V.; ALVARENGA, V.O.; SANT'ANA, A. S. Food Microbiology. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, [s.l.], p. 213-231, 2014.
- HYGREEVA, D.; PANDEY, M. C.; RADHAKRISHNA, K. (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. **Meat Science**, [s.l.], v. 98, n. 1, p. 47-57, 2014.
- INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS - IFT. Sensory guide for testing food and beverage products. **Sensory Evaluation Division Food Technology**, [s.l.], v. 35, n. 11, p. 50-59, 1981.
- KHAN, M. I. Stabilization of betalains: A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 197 p. 1280-1285, 2016.
- KHAN, M. I.; GIRIDHAR, P. Plant betalains: Chemistry and biochemistry. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 117, p. 267-295, 2015.
- KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. *Bordo*) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 194, p. 569-576, 2016.
- KUMAR, S. S.; MANOJ, P.; SHETTY, N. P.; PRAKASH, M.; GIRIDHAR, P.; Characterization of major betalain pigments -gomphrenin, betanin and isobetanin from *Basella rubra* L. fruit and evaluation of efficacy as a natural colourant in product (ice cream) development. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 52, n. 8, p. 4994-5002, 2015.
- LABUSCHAGNE, P. Impact of wall material physicochemical characteristics on the stability of encapsulated phytochemicals: A review. **Food Research International**, [s.l.], v. 107, p. 227-247, 2018.
- LACERDA, E. C. Q.; CALADO, V. M. A.; MONTEIRO, M.; FINOTELLI, P. V.; TORRES, A. G.; PERRONE, D. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality

and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v.151, p. 500-510, 2016.

LEE, S.M; LEE, K. T; LEE, S. H.; SONG, J. K. Origin of human colour preference for food **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 119, p. 508-515, 2013.

LIAOTRAKOON, W. **Characterization of dragon fruit (*Hylocereus spp.*) components with valorization potential**. PhD thesis, Ghent University, Belgium, 217p, 2013.

LIDON, F. J. C.; SILVESTRE, M. M. A. S. F. **Indústrias Alimentares: Aditivos e Tecnologias**. 1 ed. São Paulo: Escolar, 2007.

LIM, S. D.; YUSOF, Y. A.; CHIN, N. L.; TALIB, R. A.; ENDAN, J.; AZZIZ, M. G. Effect of extraction parameters on the yield of betacyanins from pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) pulps. **Journal of Food Agriculture and Environment**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 158-162, 2011.

LOWES, S. **Hylocereus undatus**. Disponível em: <https://www.lowes.com/pd/1-Gallon-Hylocereus-Undatus/1000418629>. Acesso em: 02 nov. 2018.

LU, J.; PUA, X. H.; LIU, C. T.; CHANG, C. L.; CHENG, K. C. The implementation of HACCP management system in a chocolate ice cream plant. **Journal of Food and Drug Analyses**, [s.l.], v. 22, p. 391-398, 2014.

MAHDAVI, S. A.; MAHDIJAFAR, S.; ASSADPOOR, E.; DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 85, p. 379-385, 2016.

MANOHARAN, A.; RAMASAMY, D.; KUMAR, C.N.; DHANALASHMI, B.; BALAKRISHNAN, V. Organoleptic evaluation of beetroot juice as natural color for strawberry flavor ice cream. **Research Journal of Dairy Sciences**, [s.l.], v. 6, p. 5-7, 2012.

MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. R. R. Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. **Food & Function**, [s.l.], v. 8, p. 1357-1372, 2017.

MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. R. R. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agroindustries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 52, p. 1-15, 2016.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T.; **Sensory Evaluation Techniques**. 5 ed. New York: CRC Press, 2015.

MILNE, B. F.; TOKER, Y.; RUBIO, A.; NIELSEN, S. B. Unraveling the Intrinsic Color of Chlorophyll. **Angewandte Chem. International Edition**, [s.l.], v. 54, p. 2170-2173, 2015.

MORIANO, M. E.; ALAMPRESE, C. Honey, trehalose and erythritol as sucrose-alternative sweeteners for artisanal ice cream. A pilot study. **LWT – Food Science and Technology**, [s.l.], v. 75, p. 329-334, 2017.

- MPOUNTOUKAS, P.; PANTAZAKI, A.; KOSTARELI, E.; CHRISTODOULOU, P.; KARELI, D.; POLILIOU, S.; MOURELATOS, C.; LAMBROPOULOU, V.; LIALIARIS, T. Cytogenetic evaluation and DNA interaction studies of the food colorants amaranth, erythrosine and tartrazine. **Food and Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 48, p. 2934-2944, 2010.
- MUFAS, A. H. M.; PERERA, O. D. A. N. Study on development of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) incorporated ice cream an alternative solution to the pitaya cultivators in Sri Lanka. **Proceedings of the Third International Symposium**, Oluvil, Sri Lanka, july, 2013.
- NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 90-98, 2014.
- OBENLAND, D.; CANTWELL, M.; LOBO, R.; COLLIN, S.; SIEVERT, J.; ARPAIA, M. L. Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus spp.*). **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 199, p. 15-22, 2016.
- OTÁLORA, M. C.; CARRIAZO, J. G.; ITURRIAGA, L.; NAZARENO, M. A. Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 187, p.174 -181, 2015.
- PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D. O.; WALTER, E. H. M.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis M.*) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 74, p. 21-25, 2016.
- PAULO, F.; SANTOS, L. Design of experiments for microencapsulation applications: A review. **Materials Science and Engineering C**, [s.l.], v.77, p. 1327-1340, 2016.
- PITALUA, E.; JIMENEZ, M.; VERNON-CARTER, E. J.; BERISTAIN, C. I. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. **Food and Bioproducts Processing**, [s.l.], v. 88, p.253-258, 2010.
- POLTURAK, G.; AHARONI, A. La Vie en Rose: Biosynthesis, Sources, and Applications of Betalain Pigments. **Molecular Plant**, [s.l.], v. 11, p. 7-22, 2018.
- PRIATNI, S.; PRADITA, A. Stability of Betacyanin Extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. **International Symposium on Applied Chemistry**, [s.l.], v. 16, p. 438-444, 2015.
- RAIKOS, V.; MCDONAGH, A.; RANAWANA, V.; DUTHIE, G. Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes, **Food Science and Human Wellness**, [s.l.], v. 5, p. 191-198, 2016.
- RAVICHANDRAN, K.; PALANIRAJ, R.; SAW, N. M. M. T.; GABR, A. M. M.; AHMED, A. R.; KNORR, D.; SMETANSKA, I. Effects of different encapsulation agents and drying process on stability of betalains extract. **Journal of Food Science Technology**, [s.l.], v. 51, 9 ed., p. 2216-2221, 2014.



RIGON, R. T.; NOREÑA, C.P. Z. Microencapsulation by spray-drying of bioactive compounds extracted from blackberry (*rubus fruticosus*). **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 53, n. 3, p. 1515-1524, 2016.

RIZK, E. M.; EL-KADY, A. T.; EL-BIALY, A. R. Characterization of carotenoids (lyco red) extracted from tomato peels and its uses as natural colorants and antioxidants of ice cream. **Annals of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 59, p. 53-61, 2014.

RODRIGUEZ, E. B; VIDALLON, M. L; MENDONZA, D. J; REYES, C. T; Health-promoting bioactivities of betalainas from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton and Rose) peels as affected by carbohydrate encapsulation. **Journal of Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 96, p. 4679-4689, 2016.

RORIZ, C. L.; BARREIRA, J. C.M.; MORALES, P. L.; BARROS, I; FERREIRA, C.F.R. *Gomphrena globosa* L. as a novel source of food-grade betacyanins: Incorporation in ice-cream and comparison with beet-root extracts and commercial betalainas. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 92, p.101-107, 2018.

ROVINA, K.; SIDDIQUEE, S.; SHAARANI, S. M. Toxicology, extraction and analytical methods for determination of Amaranth in food and beverage products. **Trends in Food Science & Technology**, [s.l.], v. 65, p. 68-79, 2017.

OLIVEIRA, L. C. P. **Utilização de polpa e resíduos de beterraba para aproveitamento tecnológico na formulação de iogurte concentrado**. 2017. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento), Instituto Federal do Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, 2017.

SANDHYA, P. S.; PRIYA, S. Formulation of Beetroot cream cheese spread. **International Journal of Information Research and Review**, [s.l.], v. 4, p. 3710-3712, 2017.

SANTOS, A. S. **Produção de pó de pitaia vermelha (*hylocereus costaricensis*) via atomização *spray drying* para enriquecimento de iogurte tipo grego**. 2015. 114f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Limoeiro do Norte, Ceará, 2015.

SARIKAYA, R.; SELVI, M.; ERKOÇ, F.; Evaluation of portential geotoxicity of five food dyes using the somatic mutation and recombination test. **Chemosphere**, [s.l.], v. 88, p. 974-979, 2012.

SHAARUDDIN, S.; GHAZALI, H. M.; MIRHOSSEINI, S. H.; MUHAMMAD, K. Stability of betanin in pitaya powder and confection as affected by resistant maltodextrina. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 84, p. 129-134, 2017.

SHOAIB, M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, H. R.; SHAKEEL, A.; ANSARI, A.; NIAZI, S. **Inulin**: Properties, health benefits and food applications, *Carbohydrate Polymers*, [s.l.], v. 147, p. 444–454, 2016.

SIGURDSON, G. T.; TANG, P.; GIUSTI, M. M.; Food colorants from natural sources. **Annual Review Food Science and Technology**, [s.l.], v.8, p.261–280, 2017.

SILVA, A. C. C. **Pitaya: Melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2014.

SILVA, H. R. P.; SILVA, C.; BOLANHO, B. C. Ultrasonic-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris L.*). **Journal of Food Processing Engineering**, [s.l.], p. 1-6, 2018.

SOTO-CASTRO, D.; GUTIÉRREZ, M. C.; LEÓN-MARTÍNEZ, M. F. SANTIAGO, G. P. A., ARAGÓN, L. I.; ANTONIO, A. F. Spray drying microencapsulation of betalain rich extracts from *Escontria chiotilla* and *Stenocereus queretaroensis* fruits using cactus mucilage. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 272, p. 715-722, 2019.

SOUSA, E. M. P. **Extração, estabilidade, reologia e higroscopicidade do corante de pitaia (*Hylocereus costaricensis*)**. 2015. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

STONE, H., BLEIBAUM, R. N., THOMAS, H. A. **Sensory Evaluation Practices**, 4 ed., Elsevier, 2012.

TEIXEIRA, L.V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latc. Cândido Tostes**, [s.l.], v. 64, n. 366, p. 12-21, jan./fev., 2009.

THIRUGNANASAMBANDHAM, K. ; SIVAKUMAR, V. Microwave assisted extraction process of betalain from dragon fruit and its antioxidant activities. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 16, p. 41-48, 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, Boletim Técnico n. 92. **Cultivo da pitaia e implantação**, Lavras: UFLA, p. 1-12, 2012.

VARGAS, F. D.; LÓPES, E. P.; **Natural Colorants for foods and nutraceutical uses**, 1 ed., Flórida: CRC Press, 2002.

VULIC, J. J.; CEBOVIC, T. N.; CANADANOVIC-BRUNET, J. M.; CETKOVIC, G. S.; CANADANOVIC, V. M.; DJILAS, S. M.; SAPONJAC, V. T. T. In vivo and in vitro antioxidant effects of beetroot pomace extracts. **Journal of functional foods**, [s.l.], v.6, p.168-175, 2014.

WILKOWSKA, A.; AMBROZIAK, W.; CZY\_ZOWSKA, A.; ADAMIEC, J. Effect of microencapsulation by spray-drying and freeze-drying technique on the antioxidant properties of blueberry (*Vaccinium myrtillus*) juice polyphenolic compounds. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 11-16, 2016.

WOO, K. K.; NGOU, F. H. Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **American Journal of Food Technology**, [s.l.], p. 1-7, 2011.

XU, L.; ZHANG, Y.; WANG, L. Structure characteristics of a water-soluble polysaccharide purified from dragon fruit (*Hylocereus undatus*) pulp. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v.146, p.224-230, 2016.

YADAV, M.; MASIH, D.; SONKAR, C. Development and quality evaluation of beetroot powder incorporated yogurt. **International Journal of Science, Engineering and Technology**, [s.l.], v. 4, p. 582-586, 2016.

YAMASHITA, C.; CHUNG, M. M. S.; SANTOS, C.; MAYER, C. R. M.; MORAES, I. C. F.; BRANCO, I. G. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus spp.*) by-product extract by freeze-drying. **LWT - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 84, p. 256-262, 2018.

YEE, L. P.; WAH, C. S. Application of red pitaya powder as a natural food colourant in fruit pastille. **Journal Gizi Klinik Indonesia**, [s.l.], v. 13, n.3, p. 111-120, 2017.

YEOMANS, M. R.; CHAMBERS, L.; BLUMENTHAL, H.; BLAKE, A. The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream. **Food Quality and Preference**, [s.l.], v. 19, p. 556-573, 2008.

ZAFAR, U.; VIVACQUA, V.; CALVERT, G.; GHADIRI, M.; CLEAVER, J.A.S. A Review of Bulk Powder Caking. **Powder Technology**, [s.l.], v. 313, p. 389-401, 2017.

ZAINOLDIN, K. H.; BABA, A. S. The effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. **International Journal of Nutrition and Food Engineering World Academy of Science, Engineering and Technology**, [s.l.], v. 3, n. 12, v. 60, n. 35, p. 585361-366590, 2009.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado por Cinthia Regina da Silva Rebouças (Aluna do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFC) como participante da pesquisa intitulada “ESTUDO COMPARATIVO ENTRE APLICAÇÃO DE CORANTE ARTIFICIAL E CORANTE NATURAL OBTIDO DE EXTRATO ENCAPSULADO EM PÓ DE CASCA DE PITAYA (*Hylocereus undatus*) EM SORVETE”. Você não deve participar contra sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos. Essa pesquisa tem por objetivo avaliar a aplicação de corante natural extraído da pitaya em sorvetes. Logo, gostaríamos de solicitar o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa na qualidade de provador. O (a) Sr. (a) não terá nenhum tipo de despesa para participar da mesma e terá sua identidade preservada mesmo em publicações de documentos divulgados em qualquer meio, somente os responsáveis pela pesquisa terão acesso a essa informação. As informações e dados coletados nessa pesquisa serão utilizados somente para esse fim. Informamos ainda que a pesquisa não traz prejuízo algum à sua vida e que não haverá qualquer pagamento por sua participação. O (a) Sr. (a) pode desistir de participar da mesma e retirar seu consentimento no momento que achar cabível, sem que isso lhe acarrete qualquer custo ou prejuízo.

Endereço dos responsáveis pela pesquisa:

Nomes: Prof. Dr. Juliane Doering Gasparin Carvalho (Orientador)

Cinthia Regina da Silva Rebouças (Aluna Mestrado)

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Departamento de Tecnologia de Alimentos - Av. Mister Hull, s/n, Bloco 858 - Pici, Fortaleza - CE, 60455-760

Telefones para contato: (85)986032867

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ anos, RG:

\_\_\_\_\_, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa.

Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome do Participante da Pesquisa: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome da Testemunha (caso o voluntário não saiba ler): \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Nome do Profissional que Aplicou o TCLE: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B – FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

- 1 – Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Teste: \_\_\_\_\_
- 2 – Qual sua idade?  menor de 18  18-25  26-35  maior de 45
- 3 – Qual seu gênero?  feminino  masculino
- 4 – Atividade profissional: \_\_\_\_\_
- 5 – Em média, em qual categoria de renda familiar você se enquadra:  
 0 a 1 salário mínimo (até R\$937)  7 a 9 salários mínimos (R\$6.560 a R\$8.430)  
 1 a 3 salários mínimos (até R\$2.800)  10 a 12 salários mínimos (R\$9.370 a R\$11.240)  
 4 a 6 salários mínimos (R\$3.750 a R\$5.620)  acima de 12 salários mínimos (acima de R\$11.240)
- 6 – Você costuma observar nas embalagens dos alimentos e bebidas que compra a presença de corantes naturais?  
 sim  não
- 7 – O que você observa quando vai comprar um sorvete? Coloque em ordem de importância (1 a 8).  
 marca  informações adicionais (sem corantes/ conservantes/ benefícios à saúde, por exemplo)  
 validade  presença de alergênicos  
 informação nutricional  ingredientes e aditivos  
 preço  outros \_\_\_\_\_
- 8 – Qual sabor de sorvete você mais costuma consumir (marque todas as opções necessárias)?  
 chocolate  
 morango  
 baunilha  
 fruta de modo geral, excetuando-se o morango
- 9 – Qual sua frequência de consumo sorvete?  
 mais de uma vez por semana  
 uma vez por semana  
 uma vez a cada 15 dias  
 uma vez ao mês  
 nunca

10. Você está recebendo 3 amostras de sorvete de morango. Por favor, avalie a cor da primeira amostra e depois prove. Indique nas escalas abaixo o quanto você gostou da amostra de um modo geral e depois o quanto gostou do sabor, aroma e textura. Se você encontrasse esse produto à venda, qual seria a sua atitude? Responda na escala Intenção de compra, em seguida tome um pouco de água e passe para a próxima amostra, repetindo o mesmo procedimento.

Amostra: \_\_\_\_\_

### **COR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 ideal  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

### **AROMA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

### **IMPRESSÃO GLOBAL**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

### **TEXTURA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

### **SABOR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

### **INTENÇÃO DE COMPRA**

- certamente compraria  
 provavelmente compraria  
 tenho dúvidas se compraria  
 provavelmente não compraria  
 certamente não compraria

Amostra: \_\_\_\_\_

**COR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 ideal  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**AROMA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**IMPRESSÃO GLOBAL**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**TEXTURA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**SABOR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**INTENÇÃO DE COMPRA**

- certamente compraria  
 provavelmente compraria  
 tenho dúvidas se compraria  
 provavelmente não compraria  
 certamente não compraria

Amostra: \_\_\_\_\_

**COR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 ideal  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**AROMA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**IMPRESSÃO GLOBAL**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**TEXTURA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**SABOR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**INTENÇÃO DE COMPRA**

- certamente compraria  
 provavelmente compraria  
 tenho dúvidas se compraria  
 provavelmente não compraria  
 certamente não compraria

Amostra: \_\_\_\_\_

**COR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 ideal  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**IMPRESSÃO GLOBAL**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**SABOR**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**AROMA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**TEXTURA**

- gostei extremamente  
 gostei muito  
 gostei moderadamente  
 gostei ligeiramente  
 não gostei nem desgostei  
 desgostei ligeiramente  
 desgostei moderadamente  
 desgostei muito  
 desgostei extremamente

**INTENÇÃO DE COMPRA**

- certamente compraria  
 provavelmente compraria  
 tenho dúvidas se compraria  
 provavelmente não compraria  
 certamente não compraria

14. Agora que você provou todas as amostras coloque-as em ordem de preferência, sendo que a mais preferida fica mais a direita e a menos preferida mais à esquerda.

\_\_\_\_\_

- preferida

\_\_\_\_\_

+ preferida

## ANEXO A – TABELA DE ORDENAÇÃO / TABELA DE CHRISTENSEN

Número de avaliadores	Número de amostras									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	10	12	15	18	21	23	26	29	32	35
13	10	13	16	19	22	24	27	30	33	36
14	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37
15	11	14	17	20	23	26	29	32	36	39
16	11	14	17	21	24	27	30	33	37	40
17	11	15	18	21	25	28	31	34	38	41
18	12	15	19	22	25	29	32	35	39	42
19	12	16	19	23	26	29	33	36	40	44
20	12	16	20	23	27	30	34	37	41	45
21	13	16	20	24	27	31	35	38	42	46
22	13	17	21	24	28	32	35	39	43	47
23	13	17	21	25	29	33	36	40	44	48
24	13	18	21	25	29	33	37	41	45	49
25	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50
26	14	18	22	26	30	34	39	43	47	51
27	14	19	23	27	31	35	39	43	48	52
28	15	19	23	28	32	36	40	44	49	53
29	15	19	24	28	32	36	41	45	49	54
30	15	19	24	28	33	37	42	46	50	54
31	15	20	24	29	33	38	42	47	51	56
32	16	20	25	29	34	38	43	47	52	57
33	16	21	25	30	34	39	44	48	53	57
34	16	21	25	30	35	39	44	49	53	58
35	16	21	26	31	36	40	45	50	54	59
36	17	22	26	31	36	41	46	50	55	60
37	17	22	27	31	36	41	46	51	56	61
38	17	22	27	32	37	42	47	51	57	62

Fonte: Adaptado de DUTCOSKY (2013).