



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**JOANA RÍZIA SANTOS NASCIMENTO SOUZA**

**DESENVOLVIMENTO DE GELEIA DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus  
gounellei*) COM SPIRULINA (*Arthrospira platensis*): PROPRIEDADES  
FUNCIONAIS E FÍSICO-QUÍMICAS**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2023**

**JOANA RÍZIA SANTOS NASCIMENTO SOUZA**

**DESENVOLVIMENTO DE GELEIA DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*) COM  
SPIRULINA (*Arthrospira platensis*): PROPRIEDADES FUNCIONAIS E  
FÍSICO-QUÍMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido e  
apresentado no âmbito do Curso de Tecnologia de  
Alimentos da Universidade Federal da Paraíba  
como requisito para obtenção do título de  
Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro

**JOÃO PESSOA – PB**

**2023**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S729d Souza, Joana Rízia Santos Nascimento.  
Desenvolvimento de geleia de xique-xique  
(*Pilosocereus gounellei*) com spirulina (*Arthrospira*  
*platensis*): propriedades funcionais e físico-químicas /  
Joana Rízia Santos Nascimento Souza. - João Pessoa,  
2023.  
48 f. : il.

Orientação: Angela Maria Tribuzy de Magalhães  
Cordeiro.  
TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Antioxidantes. 2. Cactácea. 3. Geleia. 4.  
Microalga. 5. Proteínas. I. Cordeiro, Angela Maria  
Tribuzy de Magalhães. II. Título.

UFPB/CTDR

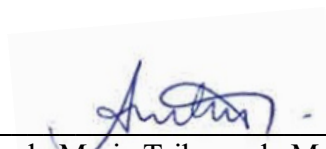
CDU 664.858

**JOANA RÍZIA SANTOS NASCIMENTO SOUZA**

**DESENVOLVIMENTO DE GELEIA DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*) COM SPIRULINA (*Arthrospira platensis*): PROPRIEDADES FUNCIONAIS E FÍSICO-QUÍMICAS**

**Trabalho aprovado em 8 de novembro de 2023.**

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Profa. Dra. Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro**  
**Presidente da banca examinadora**



---

**Dra. Maristela Alves Alcântara**  
**Examinadora Interna**



---

**MSc. Fabrícia Souza Ferreira**  
**Examinadora Externa**

Aos meus pais, Raimundo e Joana, pelas  
orações e por todo esforço para me ajudar a  
chegar até aqui, e ao meu esposo David Souza,  
por todo o apoio e confiança,

**dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelas bênçãos e pelas dificuldades, pois foram elas que me tornaram quem sou, por ter me dado o sustento, a paz, a saúde e a força para superar todos os obstáculos até aqui.

Agradeço ao meu esposo, David Souza, por seu imenso amor, cuidado e proteção a cada dia, pela confiança, pelas palavras de conforto, por ter sido meu porto seguro e minha fortaleza em todos os meus muitos momentos de fragilidade e por ser meu lugar de conforto e calma.

Agradeço aos meus pais, Raimundo e Joana, aos meus irmãos, Jean e Kaleby, pelas orações, por serem meus exemplos e por todo apoio direcionado a mim desde a decisão de deixar o nosso lar para poder vivenciar essas experiências.

Às minhas primas, Alicia e Glícia, pelo apoio, amor e carinho durante os curtos momentos que tivemos juntas desde o início dessa jornada.

Aos meus sobrinhos, Ayla, Isac e Max, agradeço imensamente pelas suas existências, pois a saudade e os momentos que não pude viver ao lado de vocês me deram força para não desistir.

Agradeço ao meu avô Loro, tios e tias pelo apoio e orações.

Aos meus avós, José e Maria, in memoriam.

Aos amigos que João Pessoa me deu, me permitindo tornar a vida longe da minha família menos triste, além de todos os momentos únicos e todo o apoio.

A todos os meus professores que contribuíram imensamente com todo o meu aprendizado.

Aos técnicos de laboratório do CTDR, Maristela, Rene, Aline e Gisleânia por todo o apoio, paciência e conselhos ao longo do desenvolvimento desse projeto.

E por fim, agradeço imensamente à minha professora e orientadora, Angela Tribuzy, por ter me aceitado de braços abertos, pelo carinho, paciência, atenção, dedicação e cuidado, por todo conhecimento compartilhado, pelo seu exemplo em todas as áreas da vida, e principalmente por não ter me deixado desistir, pois você fez mais por mim do que pensa. Espero que a nossa parceria dure por muitos anos.

## RESUMO

O xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) é uma cactácea endêmica da Caatinga, possui diversas propriedades funcionais e nutricionais e ainda um potencial ilimitado para a indústria e produção alimentar sustentável. Já a spirulina, *Arthrospira platensis*, uma microalga rica em nutrientes, é conhecida por suas potenciais propriedades funcionais benéficas à saúde. Este trabalho aborda o desenvolvimento de uma inovadora geleia à base de xique-xique enriquecida com spirulina, destacando suas características físico-químicas e propriedades funcionais. Neste estudo, foram elaboradas 3 formulações de geleias, tendo como formulação base contendo 60% de cladódio de xique-xique, 8% hortelã, 1,5% de pectina, 0,5% de ácido cítrico e 30% de açúcar, e diferentes concentrações de spirulina, sendo FII (0,25%), FIII (0,5%), e uma controle sem spirulina. Foram realizadas análises de composição centesimal, pH, acidez e sólidos solúveis nas matérias-primas e nas geleias elaboradas. O conteúdo de fenólicos totais e o potencial antioxidante foram determinados nas geleias elaboradas. Os resultados revelaram que a adição de spirulina à geleia de xique-xique conferiu propriedades funcionais notáveis, como o aumento da concentração de proteínas e a presença de compostos fenólicos que conferiram a atividade antioxidante confirmada pelo método DPPH. Além disso, a geleia premium elaborada com xique-xique e spirulina apresentou características físico-químicas adequadas, como pH e acidez, atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos. O perfil de textura das geleias elaboradas revelou-se dentro do esperado para os parâmetros de dureza, coesividade e adesividade. Espera-se que esse estudo possa contribuir para uma maior diversificação de produtos a base de xique-xique, valorizando uma planta endêmica da Caatinga e promovendo ainda mais o consumo da spirulina como uma fonte alternativa de nutrientes.

Palavras-chave: antioxidantes; cactácea; geleia; microalga; proteínas.

## ABSTRACT

The xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) is a cactus endemic to the Caatinga, has diverse functional and nutritional properties and unlimited potential for industry and sustainable food production, has diverse functional and nutritional properties and unlimited potential for industry and sustainable food production. Spirulina, *Arthrospira platensis*, a microalgae rich in nutrients, is known for its potential functional properties beneficial to health. This work addresses the development of an innovative jelly based on xique-xique enriched with spirulina, highlighting its physicochemical characteristics and functional properties. In this study, 3 jelly formulations were created, with a base formulation containing 60% xique-xique cladode, 8% mint, 1.5% pectin, 0.5% citric acid and 30% sugar, and different concentrations of Spirulina, being FII (0.25%), FIII (0.5%), and a control without spirulina. Proximate composition analyzes were carried out, pH, acidity and soluble solids in the raw materials and in the jellies made. Total Phenolic Content and antioxidant potential were determined in the jellies prepared. The results revealed that the addition of Spirulina to xique-xique jelly conferred notable functional properties, such as the increased concentration of proteins and the presence of phenolic compounds that conferred antioxidant activity confirmed by the DPPH method. Furthermore, the premium jelly made with xique-xique and spirulina presented adequate physicochemical characteristics, such as pH and acidity, meeting established quality standards. The texture profile of the jellies produced was within what was expected for the hardness parameters, cohesiveness, and adhesiveness. It is hoped that this study can contribute to greater diversification of xique-xique based products, valuing an endemic plant from the Caatinga and further promoting the consumption of spirulina as an alternative source of nutrients.

Keyword: antioxidants; cacti; jelly; microalgae; proteins.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> - Fotografia com arbustos de cactos da espécie <i>Pilosocereus gounellei</i> (xique-xique) ..... | 17 |
| <b>Figura 2</b> - Características das propriedades químicas da pectina.....                                      | 23 |
| <b>Figura 3</b> - Fluxograma das etapas de produção da geleia de xique-xique .....                               | 27 |
| <b>Figura 4</b> - Imagem das formulações de geleias elaboradas, na sequência FI, FII e FIII .....                | 37 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1</b> - Perfil mineral de cladódios de xique-xique ( <i>Pilosocereus gounellei</i> ) ..... | 18 |
| <b>Quadro 2</b> - Concentrações de pectina (%) em diferentes alimentos .....                         | 24 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> - Formulação da geleia de cacto com diferentes proporções de Spirulina .....                                              | 30 |
| <b>Tabela 2</b> - Composição centesimal da polpa do cladódio, hortelã e spirulina .....                                                   | 32 |
| <b>Tabela 3</b> - Valores de aW, pH, acidez e sólidos solúveis da polpa do cladódio, hortelã e spirulina .....                            | 33 |
| <b>Tabela 4</b> - Composição centesimal da geleia .....                                                                                   | 35 |
| <b>Tabela 5</b> - Valores de aW, pH, acidez e sólidos solúveis da geleia .....                                                            | 36 |
| <b>Tabela 6</b> - Resultados de Conteúdo de Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante (DPPH) das Geleias .....                            | 38 |
| <b>Tabela 7</b> - Parâmetros de textura instrumental de geleias de xique-xique elaboradas com diferentes concentrações de Spirulina ..... | 39 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                          | <b>13</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                                 | <b>15</b> |
| 2.1 CACTÁCEAS.....                                                                                | 15        |
| 2.1.1 ASPECTOS IMPORTANTES DAS CACTÁCEAS.....                                                     | 16        |
| 2.1.2 XIQUE-XIQUE.....                                                                            | 17        |
| 2.3 HORTELÃ.....                                                                                  | 21        |
| 2.4 GELEIA.....                                                                                   | 22        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                                                         | <b>27</b> |
| 3.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA E INSUMOS.....                                                      | 28        |
| 3.2 PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA.....                                                                 | 28        |
| 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DAS FORMULAÇÕES DE GELEIA.....                           | 28        |
| 3.4 PREPARO DAS GELEIAS.....                                                                      | 29        |
| 3.5 PERFIL DE TEXTURA DA GELEIA.....                                                              | 30        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                              | <b>32</b> |
| 4.1 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATÉRIAS-PRIMAS.....                                            | 32        |
| 4.2 COMPOSIÇÃO PROXIMAL DAS FORMULAÇÕES DE GELEIAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SPIRULINA..... | 34        |
| 4.3 RESULTADOS DE ANÁLISES DE FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....                      | 38        |
| 4.4 RESULTADOS DE ANÁLISES DE TEXTURA DA GELEIA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SPIRULINA.....    | 39        |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                                                                           | <b>41</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As cactáceas são plantas suculentas pertencentes à família Cactaceae e apresentam ampla ocorrência na Caatinga, destacando-se como a terceira maior diversidade de espécies no bioma. Devido ao clima semiárido predominante na região, caracterizado por altas temperaturas e longos períodos de estiagem, os cactos desenvolveram o controle fisiológico especializado em armazenamento de água, permitindo sua sobrevivência nesse ambiente adverso. Dentre as espécies encontradas na Caatinga, o *Pilosocereus gounellei*, popularmente conhecido como xique-xique, é uma cactácea endêmica dessa região, apresentando um caule longo com ramos separados, cobertos por espinhos pontiagudos e frutos de polpa rosa intensa e sementes pretas (De Lucena, 2013; Bezerril et al., 2021).

Apesar da presença marcante dos cactos na Caatinga e do potencial funcional e nutricional que possuem, nota-se uma lacuna de estudos científicos abrangentes sobre suas propriedades e benefícios, o que tem limitado o aproveitamento dessas plantas em sua totalidade. No entanto, pesquisas recentes indicam o xique-xique como uma alternativa alimentar promissora, com valor nutricional significativo e a presença de diversos compostos bioativos, como fibra alimentar, cálcio, magnésio, selênio, zinco e compostos fenólicos, tais como catequina, galato de epigallocatequina, procianidina B e ácido gálico (Bezerril et al., 2021). É possível observar que no meio gastronômico seu uso não é mais desafiador, uma vez que, de acordo com Cunha (2023), a geleia de xique-xique é um produto culinário que pode ser elaborado com essa planta, como demonstrou no Festival GastroTinga, na cidade de Canindé de São Francisco, estado de Sergipe, uma proposta de geleia de xique-xique com rapadura.

Outra fonte com potencial muito importante para o ser humano é a spirulina (*Arthrospira platensis*), uma microalga, cyanobacteria, procariótica que possui um teor elevado de micro e macronutrientes. Sua composição pode apresentar cerca de 70% de proteínas, também é rica em carboidratos, vitaminas (A, C, E e do complexo B), minerais (ferro, cálcio, cobre, magnésio, cromo, manganês, fósforo, potássio, sódio e zinco), ácido  $\gamma$ -linolênico, e pigmentos como clorofila, ficocianinas e carotenoides. A ficocianina C é um pigmento comumente encontrado nas cianobactérias, sendo um dos componentes mais abundantes da spirulina e possui propriedades antioxidantes e antiinflamatórias (Sjors & Alessandro, 2010).

Assim como as matérias primas citadas anteriormente, a hortelã (*Mentha spicata*) também é muito consumida devido suas propriedades funcionais, bioatividade e potencial

antiinflamatório. É uma planta pertencente à família Lamiaceae, perene, rizomatosa e glabra. É uma das ervas mais comumente consumidas e cultivadas em todo o mundo (Lawrence, 2007). Suas folhas são ricas em fitoquímicos, ácido fólico e vitaminas que lhe conferem propriedades antibacterianas, antifúngicas e anti-inflamatórias, e ainda ajuda a tratar problemas digestivos, alivia tosse e congestão nasal, e combate doenças respiratórias. A planta fresca ou seca, e seus óleos essenciais são amplamente utilizados na indústria alimentícia, cosmética, confeitaria, goma de mascar, pasta de dente e farmacêutica. A hortelã é reconhecida como planta medicinal, assim como é muito utilizada como tempero na gastronomia mundial (Snoussi et al., 2015).

O mercado global de geleias e conservas de frutas tem apresentado crescimento constante. Segundo o relatório do Reportlinker (2020), estima-se que esse mercado atingirá US\$8,9 bilhões até 2027, com os principais impulsionadores desse crescimento localizados nos EUA, Canadá, Japão, China e Europa. Essa indústria tem se mostrado favorável ao investimento, utilizando indicadores como a Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR) para avaliar o retorno financeiro ao longo do tempo (Suno, 2019).

Neste trabalho, é apresentada uma proposta de geleia de xique-xique e hortelã, enriquecida com spirulina, um produto inovador e sustentável que aproveita a cactácea típica do semiárido brasileiro. Demonstrar ainda, as potencialidades dessa geleia como um alimento funcional, como efeitos benéficos à saúde pelo potencial antioxidante, que pode ainda contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região. Neste contexto, o objetivo principal foi avaliar o potencial funcional e nutricional do xique-xique e sua viabilidade como ingrediente na produção de geleias enriquecidas com spirulina. Para isso, foram realizadas análises físico-químicas, compostos fenólicos e atividade antioxidante das geleias formuladas a partir do xique-xique, hortelã e spirulina, buscando compreender suas propriedades nutricionais, tecnológicas e antioxidantes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CACTÁCEAS

A família cactácea tem sua localização mais centralizada nas Américas, família esta que possui um grande número de espécies de cactos, dentre eles arbustos, ervas e até árvores que podem chegar até 10 metros de altura, distribuídas por todo o mundo (The Plant, 2013). No Brasil, existem cerca de 39 gêneros nativos de cactáceas, com cerca de 330 espécies diferentes, distribuídas nas cinco regiões do país, sendo a região com maior diversidade, a região Nordeste, onde se destacam as cactáceas dos gêneros *Pilosocereus*, *Opuntia* e *Cereus* (Sales et. al., 2014).

As cactáceas têm sua distribuição predominante em ambientes com baixa disponibilidade hídrica, devido a mecanismos desenvolvidos e evoluídos durante os séculos. Os cactos possuem metabolismo CAM (*Crassulacean acid metabolism*) que regula o processo fotossintético e a fotorrespiração, o que os permitem se adaptar a forma de absorção do CO<sub>2</sub> e o aprimoramento do uso da água. O desenvolvimento dessas plantas nesses ambientes com disponibilidade insuficiente de água, foi o que resultou em modificações morfofisiológicas, que tornou capaz essas plantas de reduzirem os efeitos estressantes desses ambientes (Winter et al., 2011).

Os cactos são plantas suculentas, e são fartamente encontradas na Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, onde se apresenta como a terceira em diversidade. Neste bioma, o clima semiárido predominante é caracterizado com altas temperaturas e longos períodos de estiagem. Como os cactos possuem mecanismos fisiológicos especializados em armazenamento de água, essas plantas conseguem se desenvolver e se manter nesse clima, tornando-se reservas de água e servem como alimento nas épocas de estiagem tanto para animais como para consumo próprio, e por isso é considerada uma planta alimentícia não convencional (PANC) (Bezerril et al., 2021; De Andrade Vieira, 2023).

Ainda podemos destacar que muitas dessas espécies de cactáceas são mais frequentemente usadas como fonte alternativa de água e alimento para ruminantes durante os períodos de seca, dando ênfase no uso de espécies nativas como: *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Pilosocereus gounellei* (xiquexique) e *Pilosocereus pachycladus* (facheiro).

### 2.1.1 ASPECTOS IMPORTANTES DAS CACTÁCEAS

Os cladódios são caules modificados e assumem a função fotossintética das folhas. São órgãos suculentos e articulados, de formato oval ou alongado (30-80 cm de comprimento, 18-25 cm de largura). O interior dos cladódios é composto pelo clorênquima, parte da planta onde é realizada a fotossíntese, e a parte de dentro é formada por um parênquima medular branco, que tem como principal função realizar o armazenamento de água. Ambos possuem células mucilaginosas que armazenam a mucilagem (Trachtenberg & Mayer, 1981a (1982a) apud Sáenz, 2004).

A cactáceas são ricas fontes de mucilagens (hidrocolóides naturais, distribuídas em diversas partes das plantas, cladódios e frutos), que é um carboidrato complexo, com elevada capacidade de absorção de água, podendo assim ser considerada pela indústria, uma potencial fonte de hidrocolóides. A mucilagem é um polissacarídeo neutro, que contém em diferentes quantidades l -arabinose, d -galactose, l -ramnose e d-xilose, bem como ácido galacturônico. Mas essa composição da mucilagem pode variar tanto de acordo com as espécies, como pelo manejo, temperatura, irrigação e chuva (Sáenz, Sepúlveda, & Matsuhira, 2004; De Andrade Vieira, 2023).

Ainda segundo estudos realizados por De Andrade Vieira e colaboradores (2021), as mucilagens das mais diversas espécies de cactos, apresentam propriedades funcionais desejáveis como elevadas concentração de minerais (cálcio, potássio, magnésio, manganês, ferro e zinco), altos níveis de proteína, cálcio e monossacarídeos (principalmente arabinose e galactose), como também propriedades tecnológicas como boa capacidade de retenção de água em relação com a capacidade de retenção de óleo, capacidades emulsificantes e estabilizantes (presença de tanto de proteínas quanto de carboidratos), propriedades espumantes (correlação com as concentrações de carboidratos e cálcio).

Em 2015, em resposta aos desafios relacionados com a crise global da biodiversidade, e ainda ao fato de 795 milhões de pessoas que sofrem com insegurança alimentar, os líderes mundiais comprometeram-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que procuram, entre outros, erradicar a fome e a pobreza global até 2032. Os cactos, como alimento humano, apresentam significativo potencial econômico e funcional. Além disso, para garantir a segurança alimentar básica, é necessário compreender as percepções das diferentes populações sobre as escolhas alimentares (Oliveira et al., 2021).

Embora as questões sociais e culturais relacionadas com a alimentação sejam um dos principais obstáculos ao desenvolvimento de produtos inovadores utilizando fontes alimentares não tradicionais, o valor acrescentado destes produtos abre perspectivas encorajadoras para a produção alimentar sustentável. Além disso, à medida que cresce o interesse por alimentos saudáveis, produtos inovadores tendem a ser amplamente aceites quando possuem qualidades nutricionais e benefícios potenciais para a saúde e o bem-estar do consumidor (Monteiro et al, 2023).

Ao adotar práticas agrícolas sustentáveis e estratégias de economia circular, a produção comercial de cactos apresenta grande potencial e é uma solução na busca pelo alcance dos ODS. Somente utilizando recursos biológicos renováveis, convertendo-os em bens de alta qualidade e preservando o valor dos recursos durante um longo período de tempo poderemos alcançar os objetivos de geração zero de resíduos e redução de emissões de gases com efeito de estufa (Sharma et al, 2021).

A produção de cactos para consumo humano oferece um grande potencial para a aplicação de estratégias de economia circular, uma vez que visa concretizar o conceito de “desperdício para riqueza”, trazendo assim novas tecnologias, empregos e meios de subsistência, e gerando benefícios intrínsecos para a população (Xu et al, 2019).

### 2.1.2 XIQUE-XIQUE

**Figura 1** - Fotografia com arbustos de cactos da espécie *Pilosocereus gounellei* (xique-xique).



**Fonte:** Arquivo pessoal.

O gênero *Pilosocereus* é encontrado no México e na América do Sul, pertencente à subfamília *Cactoideae*, tribo *Cereeae*. A espécie *Pilosocereus gounellei* é uma cactácea endêmica da Caatinga, que se desenvolve em afloramentos rochosos e solo areno-pedregoso. É uma cactácea com tronco ereto e ramos laterais bem espaçados, é coberta de espinhos robustos e de cor verde opaca; possui flores tubulares, noturnas, grandes e brancas que desabrocham às dezessete horas; frutos semelhantes a bagas, redondo, achatado nas duas extremidades, avermelhado, a polpa é roxa e as sementes são pequenas e brilhantes; a frutificação ocorre de março a outubro (Barbosa, 1998).

Devido a baixa quantidade de estudos e informações científicas sobre suas propriedades nutricionais e biológicas disseminadas, no geral, as cactáceas não são aproveitadas de todas as formas possíveis. Contudo, de acordo com alguns estudos recém realizados com o xique-xique, por exemplo, indicam o potencial do seu valor nutricional, com considerável fonte de fibra alimentar, de minerais, como cálcio, magnésio selênio e zinco (Quadro 1), tais minerais desempenham funções importantes da saúde humana, atuando na transmissão nervosa, regulação da pressão arterial, no sistema imunológico e nas contrações musculares (Gharibzadeh E Jafari, 2017); além de uma variedade de compostos bioativos como fenólicos, dentre eles a catequina, galato de epigallocatequina, procianidina B e ácido gálico; flavonoides e betalaínas (Maciel et al., 2015; Da Silva, 2018).

Estudos relacionam o conteúdo destes compostos bioativos presentes nas plantas, especialmente os compostos fenólicos, que estão correlacionados com a sua elevada capacidade antioxidante. Também foram identificadas fibras solúveis e insolúveis no cladódio (Ribeiro, 2020; De Assis, 2019).

#### **Quadro 1 - Perfil mineral de cladódios de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*).**

| Minerais (mg/100 g) | <i>Carvalho et al. (2021)</i> | <i>Bezerril et al. (2021)</i> |               | Recomendação (mg) <sup>1</sup> |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|
|                     |                               | Cilindro vascular             | Caule central |                                |
| Potássio (K)        | 364,49                        | 308,40                        | 101,6         | 3400 <sup>2</sup>              |
| Magnésio (Mg)       | 86,73                         | 182,40                        | 167,10        | 420 <sup>3</sup>               |
| Cálcio (Ca)         | 26,90                         | 145,57                        | 99,72         | 1000 <sup>2</sup>              |
| Sódio (Na)          | 19,46                         | 24,05                         | 122,31        | 1500 <sup>2</sup>              |
| Manganês (Mn)       | 6,10                          | 7,71                          | 4,56          | 2,3 <sup>2</sup>               |
| Fósforo (P)         | 2,50                          | 2,94                          | 6,79          | 700 <sup>3</sup>               |
| Ferro (Fe)          | 0,15                          | 0,12                          | 0,26          | 8 <sup>3</sup>                 |
| Zinco (Zn)          | 0,10                          | 0,45                          | 0,22          | 11 <sup>3</sup>                |

Nota: valores expressos em mg/100 g; <sup>1</sup>Baseado em Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina 2019. Dietary Reference Intakes, 2019. Washington, DC: The National Academies Press. Baseado em um homem adulto de 31 a 50 anos; <sup>2</sup>Ingestão adequada; <sup>3</sup>Subsídios dietéticos recomendados.

**Fonte:** PESSOA, (2022).

Estudos *in vivo* (camundongos), cujos resultados podem servir de base para o ser humano, foram capazes de constatar que o uso do extrato de xique-xique foi responsável por uma redução significativa da glicemia, mantendo dentro dos padrões desejados; como também os níveis de colesterol total e triglicerídeos; também foi observado que a utilização do extrato aquoso de xique-xique em doses elevadas (1000 mg/kg) podem estimular a proteção contra radicais livres no fígado e baço (que em excesso no organismo podem reagir com proteínas, lipídios e com o DNA das células saudáveis, resultando em estresse oxidativo e danos nas células); proporcionar efeitos anti-inflamatórios, analgésicos e antipiréticos (De Oliveira, 2019). Em estudos *in vitro* foi identificado potenciais efeitos prebióticos do suco liofilizado de cladódios de *Pilosocereus gounellei* (Ribeiro et al., 2020).

O extrato de *P. gounellei* vem sendo estudado tanto para fins farmacológicos, alimentícios, entre outros, revelando que o xique-xique se apresenta como alternativa alimentar pelo seu valor nutricional e compostos bioativos, indicando potencial para aplicação em diversos produtos alimentícios (Bezerril et al., 2021).

## 2.2 SPIRULINA

As microalgas são microrganismos fotossintéticos procarióticos ou eucarióticos que podem crescer rapidamente e viver em condições adversas devido à sua estrutura unicelular ou multicelular simples (Ljubic, 2018). São uma classe de microrganismos com extensa diversidade filogenética. Possuem alta atividade fotossintética, ciclos de crescimento curtos e baixa necessidade de área de terra em comparação com as plantas terrestres, sendo uma potencial fonte sustentável de matéria-prima que pode ser aproveitada para uso comercial (Gouveia, 2010). Como consequência do seu potencial, as microalgas têm sido usadas na produção de biocombustíveis, alimentos, ração animal, produtos terapêuticos, farmacêuticos (Costa et al., 2019).

Spirulina é o termo usado para representar a biomassa seca, resultado do processamento das algas do gênero *Arthrospira sp.*, (cianobactéria procariótica), produzida comercialmente para uso em rações para peixes, suplementos vitamínicos, corantes alimentares, aquicultura, produtos farmacêuticos e nutracêuticos. Estudos apontam como sendo uma rica fonte de vitaminas do complexo B, especialmente B12, e pigmentos como ficocianina, clorofila e carotenóides, possui também vitamina E, ácidos graxos  $\omega$ -6 e minerais como ferro, cobre, magnésio dentre outros (Koyande, 2019).

O destaque da spirulina é o seu teor de proteína que pode chegar a 70% da sua fração seca, o que inclui também diversos aminoácidos essenciais como leucina, isoleucina e valina. É rica em compostos antioxidantes como carotenos e xantofilas, e também compostos antimicrobianos. Apresenta baixo teor de lipídeos e calorias, mas possui qualidades valiosas de ácidos graxos ativos como os ácidos palmítico, oléico, láurico e  $\gamma$ -linolênicos, precursor de leucotrienos, prostaglandinas e tromboxanos, associados à regulação de distúrbios inflamatórios, imunológicos e cardiovasculares (devido efeitos positivos no metabolismo do colesterol, aumentando o nível de HDL). Ainda se tem estudos sobre o potencial de produzir anticorpos específicos para antígenos para ajudar a tratar a depressão e o transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (Gouveia, 2010; Koyande, 2019).

O cultivo da spirulina é normalmente realizado através de lagoas abertas, caracterizadas como lagos, lagoas, tanques artificiais, containers e fotobiorreatores fechados, que tem a produção da biomassa controlada através do uso de recipientes de cultura iluminados, onde não há troca de gases e contaminantes com o meio ambiente de forma direta (Zhou et al., 2018).

A spirulina pode ser consumida no Brasil com a permissão da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), desde que o produto final seja devidamente registrado; onde a microalga seja adicionada a uma mistura ou isolada; e esteja enquadrado na definição de alimentos com propriedades funcionais, de saúde ou com substâncias bioativas, também é necessário que possua as especificações dos ingredientes, o que inclui a identificação da espécie da alga e local onde foi cultivada. A quantidade máxima da ingestão diária da spirulina é de 1,6g (Brasil, 2009).

Como suplemento alimentar, a spirulina tem sido consumida na forma de comprimido, pó ou pasta, e ainda vem sendo usado como ingrediente adicionado na produção de biscoitos, doces, pães, macarrão, bebidas e cerveja (Koyande, 2019). Ainda apresenta potencial industrial por ser fonte de ficocianina, que é um ficobiliproteína fluorescente e de cor azul que tem sido amplamente utilizada como corante natural na indústria alimentícia e cosmética, e estudos recentes atribuíram propriedades hepatoprotetoras, anti-inflamatórias, antioxidantes e neuroprotetores (Lopes, 2006).

A literatura reporta que a *Spirulina platensis* é uma alga segura para consumo humano após extensa avaliação. O estudo *in vivo*, conduzido por Yang et al. (2011), revelou evidências robustas de que a spirulina é um alimento seguro e adequado para inclusão em dietas humanas, seja na forma de suplementos ou como ingrediente em produtos nutricionais. Portanto, a segurança do consumo de spirulina é respaldada por pesquisas abrangentes, o que

torna uma escolha confiável e saudável para a indústria de alimentos e para indivíduos que desejam aproveitar seus benefícios à saúde.

No mesmo estudo foram avaliados os níveis de toxicidade *in vitro* e *in vivo* de duas espécies de algas verde-azuladas, nomeadamente *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kützinger (NO) e *Spirulina platensis* (SP). Os autores contextualizam que as algas verde-azuladas têm sido consumidas por séculos em várias culturas de todo o mundo, sendo conhecidas por seus potenciais benefícios à saúde. No entanto, destacam uma preocupação significativa sobre a presença de toxinas, como microcistinas, em produtos de algas verde-azuladas. O estudo foi realizado para avaliar a segurança do consumo de NO e SP cultivados em ambiente controlado. O estudo revelou que nenhuma das espécies de algas verde-azuladas continha níveis detectáveis de microcistinas, que são conhecidos por serem hepatotoxinas e prejudiciais à saúde humana. Além disso, os testes *in vitro* em células HepG2 não mostraram citotoxicidade significativa nas frações extraídas das algas, diminuindo um baixo risco de danos celulares com a exposição dessas frações. Já os testes *in vivo* em camundongos alimentados com uma dieta suplementada com as referidas algas verdes-azuladas por 6 meses não demonstraram anormalidades perceptíveis, concluindo que as espécies de algas verdes-azuladas são seguras para consumo humano, mesmo em níveis suplementares de até 5%, com base nos testes *in vitro* e *in vivo* realizados. Estes resultados sustentam a previsão de desenvolvimento de alimentos naturais seguros à base de algas verde-azuladas (Yang et al., 2011).

### 2.3 HORTELÃ

O gênero *Mentha* possui de 25 a 30 espécies, que podem variar de acordo com o local de cultivo, e crescem sob cultivo principalmente em climas tropicais a temperados na região da América, Europa, China, Brasil, Índia, Austrália e África do Sul. A *Mentha spicata* L. é uma planta herbácea rizomatosa perene que pode crescer até 1 m de altura, com caules e folhagens variavelmente glabros a pubescentes e rizomas carnudos que crescem amplamente no subsolo. As folhas podem ter 5 a 9 cm de comprimento e 1,5 a 3 cm de largura e bordas serrilhadas. O caule tem formato quadrado, típico da família das mentas. A hortelã produz flores com pontas finas, cada flor é rosa ou branca e tem 2,5 a 3 mm de comprimento e largura. As folhas são comumente usadas como aromatizante de chá e a planta inteira é usada como medicamento. É uma espécie que apresenta uma diversidade considerável na sua composição química de óleos essenciais e com importância industrial, tendo em vista sua

produção de óleos voláteis muito valiosos comercialmente, contém misturas complexas de monoterpenos e são amplamente utilizadas nas indústrias farmacêuticas, cosmética, bebidas, aromas, alimentos e afins (Snoussi et al., 2015).

Barros (2015), avaliou a composição dos óleos essenciais de espécies de *Mentha*, que apresentaram atividade antioxidante, anticolinesterásica relacionado ao maior teor de óxido de piperitona; e antifúngico (presença de pulegona). Esses componentes mais ativos majoritários como óxido de piperitona e pulegona, e outros componentes minoritários podem estar associadas às propriedades funcionais detectadas para as espécies de *Mentha*.

## 2.4 GELEIA

Segundo a legislação brasileira de geleias de frutas, representada pela Resolução nº 12 de 24 de julho de 1978 e Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, geleia de fruta é o produto obtido pela cocção, de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até consistência gelatinosa, podendo ser adicionado de glicose ou açúcar invertido e também de acidulantes e de pectina para compensar a quantidade deficiente no conteúdo natural de pectina ou de acidez própria da fruta. Ainda de acordo com a legislação o produto pode ser classificado como: geleia comum, geleia extra, geleia simples ou mista (Brasil, 1978).

No processo de produção da geleia, é de grande importância manter os parâmetros como o pH e a relação entre polpa, açúcar e pectina, tendo em vista que esses parâmetros influenciam diretamente na formação do gel, bem como nas propriedades físicas e químicas do produto, principalmente nos atributos sensoriais e na aceitação do produto pelo consumidor (Kamal, 2018). Entretanto, todos esses fatores dependem da matéria-prima a ser utilizada.

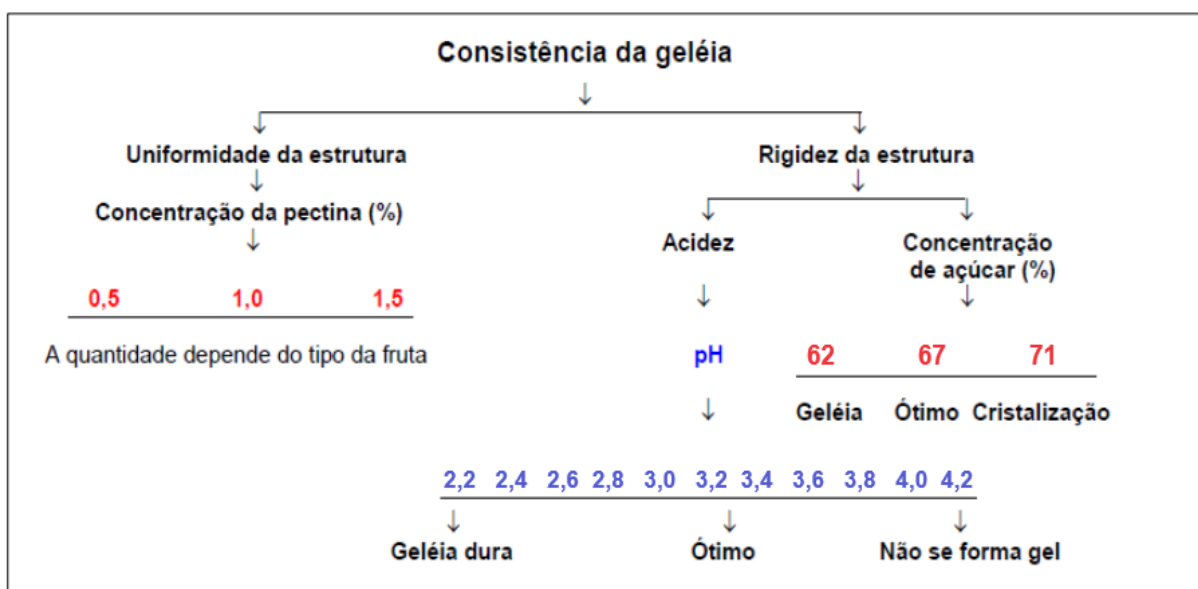
Segundo Lopes (2007), a gelificação pode ser explicada simplesmente como sendo uma precipitação da pectina devido à adição de açúcar, alterando assim o equilíbrio entre a pectina e a água. Durante o processo, a pectina se precipita na forma de um coloide hidratado, formando uma rede de fibrilas não solúveis com grande capacidade de reter o líquido e aglutinar o açúcar sob a formação de um gel. Sendo assim, uma mistura pobre em pectina resulta na formação de um gel fraco.

A formação do gel também depende das concentrações de açúcar e a acidez, tendo em vista que em formulações com maiores concentrações de açúcares, resulta em menos água disponível para ser retida pelo gel, resultando em um gel mais rígido. Com relação ao teor de

acidez, ocorre o endurecimento do gel, provavelmente devido ao enrijecimento das fibrilas, se o meio se encontra pouco ácido, as fibrilas ficam fracas, sendo um gel fraco, sem retenção do xarope. Entretanto, em meio excessivamente ácido, o gel resultante se torna endurecido, com baixa elasticidade e capacidade reduzida de manter a estrutura da geleia, também podendo causar desidratação excessiva, hidrólise da pectina, decomposição e sinérese. Com relação à concentração de sólidos (°Brix), deve estar em torno de 62 °Brix e no máximo 67 °Brix, concentrações maiores que esta, não ocorre formação do gel (Lopes, 2007).

A figura 2 mostra como as concentrações de pectina, acidez e °Brix interferem na consistência de geleias.

**Figura 2** – Características das propriedades químicas da pectina.



Fonte: Rauch, (1978).

A pectina é um hidrocolóide natural, considerado um polissacarídeo rico em ácido galacturônico utilizado nas indústrias de alimentos, bebidas e farmacêuticas devido às suas propriedades funcionais, gelificantes e estabilizadoras. Este polissacarídeo é um componente multifuncional da parede celular vegetal, participando juntamente com a celulose e a hemicelulose na manutenção das ligações intercelulares. As frutas cítricas e os tecidos vegetais são as principais fontes de extração. A formação do gel é a principal característica funcional da pectina que depende principalmente das características como pH, nível de sólidos solúveis (°Brix) e cátions divalentes, mas também do nível de pectina e seu grau de Metoxilação. (Paiva, 2009).

O quadro a seguir mostra algumas ricas fontes de pectina de interesse industrial.

**Quadro 2** - Concentrações de pectina (%) em diferentes alimentos.

| <b>Origem</b>   | <b>Pectina (%)</b> |
|-----------------|--------------------|
| Batata          | 2,5                |
| Tomate          | 3                  |
| Maçã            | 5,0 a 7,0          |
| Beterraba       | 15,0 a 20,0        |
| Frutas cítricas | 30,0 a 35,0        |

**Fonte:** FOODS INGREDIENTS BRAZIL (2014)

As pectinas podem ser classificadas como de alto ou baixo teor de metoxilação, característica que interfere diretamente no processo de gelificação. Segundo Pomeranz (2013), os grupos dos ácidos carboxílicos dos monômeros do ácido galacturônico podem ou não ser esterificados com metanol ou ácido acético, onde uma porcentagem de grupos esterificados é expressa como o grau de metoxilação ou acetilação, respectivamente. Os grupos carboxila esterificados pelo metanol podem chegar a 13%, ou seja, a taxa de esterificação é de cerca de 80%, por isso é chamada de pectina altamente metoxilada. Já a pectina de baixa a metoxilação, a taxa de esterificação dos grupos carboxila com metanol é de no máximo 7%, ou seja, o grau de esterificação é inferior a 50%. Nas pectinas com alto teor de metoxilação (ATM) a gelificação ocorre em concentrações de 60-80% de sólidos solúveis e pH de 2,8-3,8. Já as pectinas de baixa metoxilação (BTM) formam gel em concentrações de sólidos solúveis de 10 a 70% e pH de 2,8 a 6,0, mas somente em presença de cátions divalentes, como o cálcio.

O momento da adição da pectina durante o preparo da geleia é um fator muito importante para conseguir alcançar as características do produto, sendo assim, a orientação é que a pectina seja misturada com parte do açúcar total utilizado na formulação e adicionado na metade do processo de cozimento da geleia, evitando a formação de grumos (Krolow, 2013).

Os açúcares indicados para o processamento de geleias podem ser sacarose, glicose, frutose, açúcar invertido, entre outros, que devem ser de fácil dissolução, como por exemplo a sacarose. A hidrólise desses açúcares ocorre em meio ácido e aquecido, onde se decompõe em glicose e frutose, processo conhecido como inversão, que é necessário quando se deseja evitar a cristalização da geleia durante o armazenamento (Souza, 2018; Krolow, 2013).

Os ácidos usados no preparo de geleias são amplamente encontrados na natureza. Mas a adição dos ácidos depende do teor de acidez da fruta, se for baixo, deve-se adicionar para uma boa gelificação e fortalecer o sabor natural da fruta. O ácido também ajuda a prevenir a

cristalização do açúcar durante o armazenamento da geleia. Os mais utilizados para fins alimentícios são os cítricos, tartáricos e o ácido málico. O momento da adição do ácido é somente no final do processo de cocção (Krolow, 2013). Como alternativa natural, prática e versátil para regular o pH da preparação, o sumo do limão também é adicionado em preparos de geleias artesanais.

#### 2.4.1 POTENCIAL MERCADOLÓGICO DE GELEIAS

O consumo anual de geleias no Brasil per capita no ano de 2007 foi de aproximadamente 1,02 kg, na região sul do Brasil, segundo dados obtidos pela Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas - ABICAB (2007). Dentre os sabores de geleias mais consumidos são: goiaba (76%), morango (69,4%), amora (64%) e frutas vermelhas (28,7%) (Vivendo Bauru, 2023).

A geleia tem inúmeras utilizações na culinária. Podendo ser utilizadas tanto no preparo de pratos simples como de pratos complexos, receitas doces e até salgadas como queijos e carnes, facilitando o processo digestivo pela ação da pectina. Apesar de todos esses benefícios, por ser um alimento mais calórico, deve ser consumido com moderação, assim como os demais alimentos. São excelentes para quem pratica atividade física, pois são facilmente absorvidos pelo organismo, fornecendo a energia necessária antes da prática de atividades físicas. Para as crianças, além de trazerem o delicioso sabor de diferentes frutas, também repõe o gasto energético elevado (Carmen, 2023).

Segundo Reportlinker (2020), o mercado global de geleia e conservas de frutas pode atingir US\$8.9 bilhões até 2027, mesmo com a crise do covid-19 no ano de 2020 este mercado faturou US\$7.9 bilhões. Uma forma de avaliar o crescimento desse mercado e o retorno sobre o investimento é utilizar o *Compound Annual Growth Rate* (CAGR), que em português significa Taxa de Crescimento Anual Composta. Segundo Suno (2019) esse indicador mostra a taxa de retorno média de um investimento ao longo de um período de tempo, ou seja, a taxa de retorno necessária para um investimento crescer de seu saldo inicial para o seu saldo final.

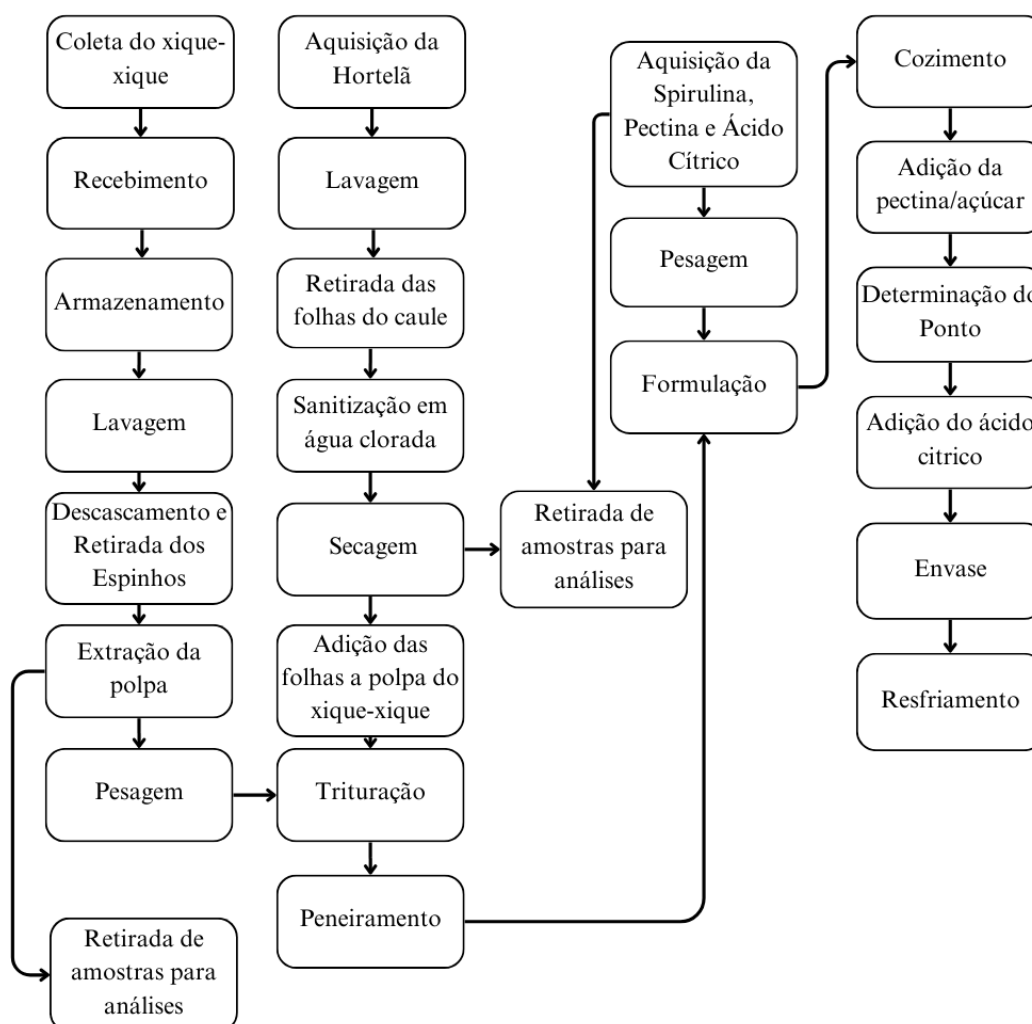
O segmento de conservas deve crescer a uma taxa anual composta (CAGR) de 1,1% no mercado global. Os principais impulsionadores desse crescimento são EUA, Canadá, Japão, China e Europa, que representam um mercado combinado de US\$885,5 milhões em 2020 e devem chegar a US\$939,2 milhões até o final do período de análise de 2020 até 2027. A China é um dos mercados que mais crescem nesse grupo regional. Na região da

Ásia-Pacífico, liderada por países como Austrália, Índia e Coreia do Sul, o mercado deve alcançar US\$1,2 bilhão até 2027, enquanto a América Latina deve ter um CAGR de 1,7% durante o período de análises (Reportlinker, 2020).

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada em duas etapas. A primeira etapa consistiu na avaliação físico-química das matérias-primas (cladódio de xique-xique, hortelã e spirulina). A segunda etapa foi realizada com o desenvolvimento das formulações de geleia, seguido da caracterização físico-química, análise do conteúdo de fenólicos totais, atividade antioxidante pelo método DPPH e perfil de textura. A figura 3 apresenta o fluxograma das etapas de preparo das amostras até a elaboração da geleia.

**Figura 3** - Fluxograma das etapas de produção da geleia de xique-xique.



**Fonte:** Próprio autor.

### 3.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA E INSUMOS

O xique-xique foi coletado em área particular, localizada na cidade de Gurinhém/PB. Após a coleta, foram transportados em caixas plásticas em temperatura ambiente (26 °C). O material vegetal foi higienizado de acordo com os padrões e armazenado.

A hortelã foi adquirida em hortifruti localizado na cidade de João Pessoa/PB. Enquanto, a Spirulina, proveniente da Fazenda Tamanduá (Patos – PB), foi adquirida na Loja NutriVida, localizada no Centro de João Pessoa/PB.

O açúcar cristal utilizado na formulação foi da marca Alegre® e adquirido no mercado local de João Pessoa/PB. A pectina (Mago®) e o ácido cítrico foram adquiridos no comércio local de João Pessoa/PB.

### 3.2 PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

O xique-xique foi higienizado em água corrente, seguido da retirada da epiderme e dos espinhos do cladódio, o cilindro obtido foi cortado em pequenos tamanhos (aproximadamente 2 cm) e pesados. Em seguida foram triturados em um liquidificador, homogeneizados, peneirados em tecido tipo voal e retirada a espuma superficial.

A hortelã foi higienizada previamente em água corrente, seguida da retirada do caule, e as folhas obtidas foram higienizadas em água com solução de hipoclorito de sódio em concentração 2,5%, por 15 minutos. Em seguida, foi realizado o enxágue e dispostas em superfície coberta com papel toalha para retirada do excesso de água.

A Spirulina, pectina e ácido cítrico já foram adquiridos prontos para o uso, sendo necessários somente a pesagem de acordo com as análises a serem realizadas e a porcentagem das formulações pré-definidas.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DAS FORMULAÇÕES DE GELEIA

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR, Campus Mangabeira, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

A composição e qualidade dos cladódios de xique-xique, hortelã, spirulina e das amostras de geleia foram avaliadas pelas análises físico-químicas: pH, Acidez Total Titulável (ATT), Sólidos Solúveis Totais (SST), SST/ATT, proteínas, lipídios, cinzas, e umidade, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2016). A atividade de água foi analisada através do uso do equipamento AquaLab 4TE DUO – Analisador de Atividade de Água.

Para avaliação funcional, tanto das matérias-primas como das formulações de geleia elaboradas, além das análises descritas anteriormente, foram realizadas análises para determinar teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin (SINGLETON & ROSSI, 1965), e atividade antioxidante pelo método DPPH (BLOIS, 1958), as curvas padrão foram realizadas com Trolox e os resultados expressos em  $\mu\text{M}$  Trolox/100 g de geleia.

### 3.4 PREPARO DAS GELEIAS

A produção da geleia foi realizada no Laboratório de Processamento de Vegetais do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR, Campus Mangabeira, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

As formulações de geleia foram definidas a partir de delineamento inteiramente casualizado (DIC) e determinadas após testes preliminares de bancada, tendo como parâmetro a formulação base de uma geleia *premium* de acordo com a legislação (mínimo de 60% vegetal/40% de açúcar).

A adição da pectina foi definida em 1,5%, e o ácido cítrico em 0,4% com base na quantidade total de material vegetal e açúcar. Foram formulados 3 tratamentos de geleias, sendo uma formulação base (cladódio, hortelã, açúcar, pectina e ácido cítrico) e duas formulações de geleia base adicionadas de spirulina, com variações nas quantidades de 0,25% e 0,5%, de acordo com o volume final da geleia base. As formulações de geleia foram detalhadas na tabela 1.

Para a elaboração da geleia, inicialmente a polpa do cladódio foi triturada, peneirada e a espuma superficial retirada. Em seguida, as folhas da hortelã já higienizadas, foram trituradas no liquidificador juntamente com a polpa do cladódio, peneirados e adicionados no recipiente destinado ao cozimento final da geleia. Os demais componentes da geleia foram adicionados da seguinte forma, o açúcar foi fracionado em duas partes, sendo a primeira parte adicionada no início do processo, a pectina foi adicionada com o açúcar restante após cerca de

20 minutos ou próximo da obtenção do ponto da geleia, enquanto o ácido cítrico foi adicionado somente após obter o ponto da geleia

**Tabela 1** - Formulação da geleia de cacto com diferentes proporções de Spirulina.

| Ingredientes (%)  | Formulações |        |       |
|-------------------|-------------|--------|-------|
|                   | FI          | FII    | FIII  |
| Polpa do cladódio | 60          | 60     | 60    |
| Hortelã           | 8           | 8      | 8     |
| Açúcar            | 30          | 30     | 30    |
| Pectina           | 1,5         | 1,5    | 1,5   |
| Ácido Cítrico     | 0,5         | 0,5    | 0,5   |
| Total             | 100         | 100    | 100   |
| Spirulina         | * 0         | * 0,25 | * 0,5 |

\* Quantidade de spirulina adicionada com base no peso total da geleia base

**Fonte:** Próprio autor.

As formulações foram concentradas por agitação mecânica, em fogo baixo até alcançar teor de sólidos solúveis totais das geleias teve uma variação de 24 a 30 minutos. Após atingido o ponto final do preparo das geléias, estas foram armazenadas em recipiente plástico descartável com tampa, e mantidos em temperatura de refrigeração (5 °C). O processo foi demonstrado através do fluxograma de processos (Figura 3).

### 3.5 PERFIL DE TEXTURA DA GELEIA

Para avaliação das propriedades tecnológicas das amostras de geleia realizou-se a análise do Perfil de Textura (TPA), no Laboratório do Centro de Vocação Tecnológica em Segurança Alimentar e Nutricional (CVTSAN/CTDR/UFPB).

A análise foi determinada utilizando um analisador de textura CT3 - Brookfield, com sonda cilíndrica de alumínio de 6mm, com velocidade de teste de 5mm.s<sup>-1</sup>, penetração de 10mm de distância e tempo entre um ciclo e outro de 5s. A análise foi realizada em triplicata. Os resultados obtidos da curva Força x Tempo foram calculados pelo Software *TexturePro* CT V1.3. Os parâmetros analisados foram: dureza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade.

### 3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância ANOVA e a comparação de médias pelo teste Tukey. Os cálculos foram efetuados pelo programa IBM SPSS *Statistics*. Os resultados obtidos são apresentados na seção resultados, para cada análise realizada da formulação final da geleia.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Os resultados da composição centesimal das matérias-primas utilizadas para produção das geleias estão apresentados na Tabela 2. Os dados apresentados correspondem a média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 2** - Composição centesimal da polpa do cladódio, hortelã e spirulina.

| Análises (g/100g) | Cladódio     | Hortelã      | Spirulina    |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| Umidade           | 97,59 ± 0,02 | 86,90 ± 0,11 | 11,18 ± 0,07 |
| Cinzas            | 0,48 ± 0,01  | 1,64 ± 0,03  | 9,75 ± 0,02  |
| Proteínas         | 0,54 ± 0,11  | 4,61 ± 0,08  | 55,53 ± 0,17 |
| Lipídios          | 0,26 ± 0,07  | 1,32 ± 0,27  | 8,31 ± 0,61  |
| Carboidratos      | 1,13 ± 0,11  | 5,53 ± 0,27  | 15,23        |
| Açúcares totais   | -            | 1,02 ± 0,05  | -            |

Dados apresentados como média ( $\mu$ ) ± desvio padrão ( $\sigma$ ).

**Fonte:** Próprio autor.

Ao observar os resultados, foi possível constatar alto teor de umidade (97,59 %), e elevada atividade de água (0,9884 %) no cladódio de xique-xique, o que já se esperava, pois é característico das espécies de cactáceas. Estudo realizado por Bezerril e colaboradores (2021) confirma essa informação pois encontraram, na mesma espécie de cacto, resultados muito próximos (94,16 % e 0,97 % respectivamente) ao encontrado neste trabalho.

Ao observar o mesmo estudo realizado por Bezerril e colaboradores (2021), verifica-se valores menores para proteínas (0,49 %), e resultados próximos para lipídios (0,28 %). Já os teores de carboidratos (açúcares e fibras) e cinzas apresentaram valores bem superiores aos encontrados neste estudo, onde carboidratos foram 3,29 % e cinzas 1,99 %. A diferença entre os resultados pode estar associada ao estágio de maturação dos cladódios e também ao processo de peneiramento, onde grande parte da haste central (parte da cactácea mais rica em carboidratos e demais sólidos) foi retirada e descartada, devido o seu uso não apresentar características agradáveis à geleia.

Em relação aos valores obtidos nas análises da composição das folhas de hortelã (*Mentha spicata* L.), podemos comparar com os resultados encontrados por Scherer e colaboradores (2013) onde os valores de umidade e cinzas (tabela 2) foram muito próximos,

de 0,86 % e 1,7 %, respectivamente. Já os conteúdos determinados, neste estudo, para proteínas e lipídeos foram bem mais elevados que os valores obtidos por Scherer e colaboradores (2013) (respectivamente 2,3 % e 0,4 %). Em relação ao resultado encontrado no conteúdo de carboidratos nas folhas de hortelã foi relativamente baixo em comparação aos encontrados nesse mesmo estudo (9,6 %).

Em relação a composição centesimal determinada para spirulina, dados apresentados na tabela 2, a umidade foi de 11,18%, cinzas de 9,75%, proteínas de 55,53%, lipídios de 8,31%, e carboidratos de 15,23%. Ao comparar esses resultados com os achados por Barros (2010), que investigou a composição de *Arthrospira platensis* em diferentes métodos de cultivo e secagem, observa-se que a umidade encontrada (11,18 %) com variação entre 11,64% e 13,59%, em relação ao teor de proteínas determinado (55,53 %) foi superior à faixa (10,43% a 54,19%) reportada por Barros (2010). Por outro lado, a quantidade de cinzas determinada neste estudo foi superior ao apresentado por Larrosa (2015) de 7,2%. Os carboidratos específicos por diferença e o teor de lipídios foram mais elevados no estudo de Larrosa e colaboradores (2015) apresentando valores de 20,1% e 18%, respectivamente, em comparação ao determinado neste estudo (tabela 2). Essas discrepâncias podem ser atribuídas a diferentes fontes, métodos de análise ou melhorias de maturação das amostras, ressaltando a importância da precisão na caracterização da composição centesimal em trabalhos científicos.

Os resultados das análises físico-químicas para determinação de pH, acidez e sólidos solúveis das matérias-primas utilizadas para produção das geleias encontram-se ilustrados na tabela 3. Os dados apresentados correspondem a média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 3** - Valores de aW, pH, acidez e sólidos solúveis da polpa do cladódio, hortelã e spirulina.

| Análises                          | Cladódio        | Hortelã         | Spirulina       |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| aW                                | 0,9884 ± 0,0008 | 0,9810 ± 0,0027 | 0,5806 ± 0,0057 |
| pH                                | 4,13 ± 0,01     | 6,53 ± 0,04     | 6,47 ± 0,03     |
| Acidez (g/100 g de ácido cítrico) | 0,24 ± 0,03     | 0,3680 ± 0,02   | 1,30 ± 0,07     |
| Sólidos Solúveis (°Brix)          | 1,37 ± 0,15     | 5,50 ± 0,10     | 6,63 ± 0,21     |

Dados apresentados como média ( $\mu$ ) ± desvio padrão ( $\sigma$ ).

**Fonte:** Próprio autor.

Em relação aos resultados encontrados no cladódio de xique-xique para pH (4,13), acidez (0,24) e sólidos solúveis (1,37) foram próximos aos encontrados por De Almeida

(2007), ao estudarem as diversas partes do cladódio de xique-xique, apresentando valores entre 1,87 e 4,93.

As folhas de hortelã apresentaram pH (6,53) próximo aos valores encontrados do hidrolato de *Mentha piperita* estudado por Do Espírito Santo (2020), que foi de 6,76 %. Em estudos realizados por Oliveira (2022), o valor de acidez de 1,81 % foi extremamente superior ao demonstrado na tabela 3. Já os sólidos solúveis (tabela 3) foram superiores ao valor encontrado por esse mesmo autor (2,8). A diferença nos teores de acidez dos estudos, pode estar relacionado com o tempo pós-colheita da análise realizada na hortelã, levando em consideração que as alterações na acidez estão relacionadas ao metabolismo oxidativo causado pela respiração celular (Oliveira, 2021).

As matérias-primas avaliadas para utilização na elaboração das geleias apresentaram baixos teores de sólidos solúveis e pH considerado elevado, o que justificou a adição da pectina comercial e ácido cítrico para o processamento das geleias.

#### 4.2 COMPOSIÇÃO PROXIMAL DAS FORMULAÇÕES DE GELEIAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SPIRULINA.

Os resultados das análises de determinação da composição proximal das geleias formuladas com xique-xique, hortelã e spirulina encontram-se na tabela 4. Os dados apresentados correspondem a média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

O teor de umidade encontrado para as geleias formuladas variou de 31,56% a 32,02%. Segundo a legislação RDC nº12, de 24 de julho de 1978 (Brasil, 1978), os valores para umidade em geleias são padronizados entre 35% a 38%, indicando assim, que os valores encontrados em todas as formulações foram inferiores aos valores estabelecidos (Brasil, 1978).

No entanto, o conhecimento apenas dos teores de umidade não pode determinar a estabilidade de um alimento. Mas a atividade de água, que é a disponibilidade da água nos alimentos para atividade microbiológica, enzimática ou química nos alimentos, é que determina a vida útil dos alimentos (Fellows, 2006).

**Tabela 4** - Composição centesimal da geleia.

| Análises (g/100g) | Formulações    |               |               |
|-------------------|----------------|---------------|---------------|
|                   | FI             | FII           | FIII          |
| Umidade           | 32,02 ± 1,20   | 31,76 ± 0,60  | 31,56 ± 1,27  |
| Cinzas            | 0,83 ± 0,02    | 0,85 ± 0,01   | 0,86 ± 0,01   |
| Proteínas         | 0,45 ± 0,06 *  | 0,75 ± 0,01 * | 0,96 ± 0,10 * |
| Lípidios          | 0,53 ± 0,05    | 0,51 ± 0,05   | 0,53 ± 0,03   |
| Carboidratos      | 66,19 ± 1,20   | 66,11 ± 0,60  | 66,06 ± 3,02  |
| Açúcares totais   | 60,34 ± 1,18 * | 53,78 ± 0,00  | 49,74 ± 3,02  |

Dados apresentados como média ( $\mu$ ) ± desvio padrão ( $\sigma$ ).

\* Apresentou diferença média significativa no nível de confiança de 0.05 entre as amostras.

Legenda: FI - Formulação base sem adição de spirulina; FII - Formulação base, adicionada de 0,25% de spirulina; FIII - Formulação base, adicionada de 0,5% de spirulina.

**Fonte:** Próprio autor.

Os valores de proteínas encontrados nas diferentes formulações de geleias elaboradas apresentaram diferenças estatísticas e variaram de 0,45% a 0,96%. A formulação FIII apresentou uma quantidade maior de proteína em relação a FII. Mesmo os valores obtidos não sendo tão elevados (em relação a quantidade em gramas), a adição de spirulina na composição base da geleia promoveu um aumento no teor de proteína na medida que aumentou a adição da microalga, devido ao elevado teor deste constituinte conforme apresentado na tabela 2. É esperado que a adição de spirulina em proporções maiores, possa agregar um potencial proteico ainda mais significativo à geleia.

As formulações de geleias apresentaram uma redução significativa dos teores de açúcares totais na medida que a spirulina foi adicionada. A geleia FII, que continha 0,25% de spirulina, apresentou uma redução de 6,56% em relação a FI (sem spirulina). Já a formulação FIII que continha 0,5% de spirulina mostrou uma redução de 4,4% em relação a FII. Ou seja, a diferença a menos no teor de açúcares totais da amostra FIII para Amostra FI foi de 10,6%. Entretanto, para que seja possível entender quais foram as reações que resultaram nessas alterações dos teores de açúcares, são necessários a realização de mais análises e estudos, para entender como a spirulina pode influenciar nos teores de açúcar e sua absorção.

Os demais parâmetros analisados não apresentaram variação significativa entre as formulações. Contudo, os resultados encontrados para formulação FI, ou seja a geleia controle sem spirulina, conforme resultados descritos na tabela 4 podem ser comparados aos encontrados por Bezerril e colaboradores (2021) em geleia de xique-xique, com umidade (29,02%), Cinzas (0,83%), proteínas (0,28%) e carboidratos (67,17%).

Os resultados das análises de determinação de aW, pH, acidez e sólidos solúveis das geleias elaboradas com xique-xique encontram-se ilustrados na tabela 5. Os dados apresentados correspondem a média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 5** - Valores de aW, pH, acidez e sólidos solúveis da geleia.

| Análises                          | Formulações       |                 |                 |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
|                                   | FI                | FII             | FIII            |
| aW                                | 0,8019 ± 0,0004 * | 0,8032 ± 0,0005 | 0,8034 ± 0,0004 |
| pH                                | 3,48 ± 0,01       | 3,47 ± 0,02     | 3,49 ± 0,00     |
| Acidez (g/100 g de ácido cítrico) | 1,26 ± 0,01       | 1,29 ± 0,01     | 1,31 ± 0,02     |
| Sólidos Solúveis (°Brix)          | 64,56 ± 0,66      | 64,23 ± 0,76    | 64,83 ± 1,00    |

Dados apresentados como média ( $\mu$ ) ± desvio padrão ( $\sigma$ ).

\* Apresentou diferença média significativa no nível de confiança de 0.05 entre as amostras.

**Fonte:** Próprio autor.

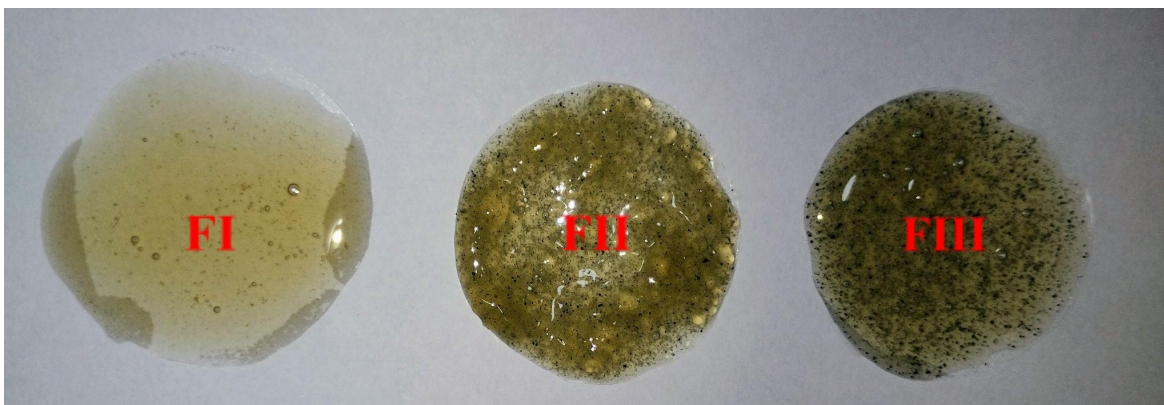
Os resultados da análise de atividade de água das geleias (aW) apresentaram diferenças estatísticas e variaram de 0,8019 a 0,8034. Estes resultados demonstram que a adição de spirulina interfere na aW. Dentre as formulações, a geleia FI apresentou a menor atividade de água, enquanto a FIII a maior. No entanto, todas as formulações apresentaram na faixa de 0,60 - 0,84, onde não ocorre o crescimento de bactérias patogênicas em alimentos levemente úmidos, como a geleia (Brian, 1997 apud Rodrigues, 2020). De acordo com Franco e Landgraf (2005), os valores limítrofes de atividade de água para multiplicação de bactérias halofílicas, bolores xerofílicos e leveduras osmofílicas são, respectivamente, 0,75, 0,65 e 0,61.

O teor de sólidos solúveis encontrado nas formulações de geleias de xique-xique não apresentou diferenças estatísticas e revelou média de 64,54 °Brix. Este resultado atende a legislação brasileira (Brasil, 1978) que estabelece variação de 62 a 65 °Brix para sólidos solúveis totais de geleias de fruta.

Os valores encontrados para pH estão de acordo com a legislação para produção de geleias (Brasil, 1978). Segundo Ribeiro e colaboradores (2016), para o processo de formação eficaz de um gel estável, é necessário obter um pH ideal (entre 3,2 a 3,5), considerando sempre o teor de sólidos solúveis próximo de 65. Ressalta-se ainda, que o pH tem um papel importante na conservação de geleias, pois apresentam pH inferior a 4,5, contribuindo assim, na redução do risco de contaminação por microrganismos deterioradores e patógenos, e consequentemente, aumentando a vida de prateleira.

Os valores encontrados para sólidos solúveis e pH das geleias elaboradas revelam a obtenção de um produto com padrões característicos de uma geleia premium conforme figura 4.

**Figura 4** - Imagem das formulações de geleias elaboradas, na sequência FI, FII e FIII.



Legenda: FI - Formulação base sem adição de spirulina; FII - Formulação base, adicionada de 0,25% de spirulina; FIII - Formulação base, adicionada de 0,5% de spirulina.

**Fonte:** próprio autor.

A Figura 4 ilustra a aparência visual das geleias elaboradas FI, FII e FIII. A geleia base (FI) apresentou uma coloração amarelo esverdeado brilhante, possivelmente resultado da junção das cores do cladódio e da hortelã e ao processamento da geleia (caramelização durante o cozimento). As formulações FII e FIII adicionadas de spirulina apresentaram colorações mais escuras devido a coloração verde intensa desta microalga. A textura de todas as geleias elaboradas apresentou-se com características de geleias artesanais, com cremosidade, sem sinérese, nem tão pouco consistência de doce.

Com relação ao sabor, a equipe de pesquisa realizou uma avaliação sensorial preliminar e foi possível perceber o sabor doce suave, uma sensação refrescante possivelmente atribuído a hortelã, e um leve sabor ácido residual, resultando em um sabor agradável para o consumo isolado, como ingrediente ou ainda no acompanhamento de diversos alimentos.

### 4.3 RESULTADOS DE ANÁLISES DE FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os resultados obtidos das análises de determinação do Conteúdo de Fenólicos Totais e da Atividade Antioxidante pelo método DPPH das geleias de xique-xique são apresentados na tabela 6. Os dados apresentados correspondem a média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 6** - Resultados de Conteúdo de Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante (DPPH) das Geleias.

| Formulações | Análises                      |                                         |
|-------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
|             | Fenólicos (mg Ácido Gál/100g) | DPPH ( $\mu\text{mol Tx}/100\text{g}$ ) |
| FI          | $106,32 \pm 6,87$             | $427,91 \pm 5,20$                       |
| FII         | $108,65 \pm 5,08$             | $425,41 \pm 12,82$                      |
| FIII        | $109,33 \pm 3,37$             | $432,08 \pm 3,81$                       |

Dados apresentados como média ( $\mu$ )  $\pm$  desvio padrão ( $\sigma$ ).

**Fonte:** Próprio autor.

Ao observar os dados obtidos, é possível visualizar um aumento (na medida que se adicionou a spirulina às formulações) em relação às análises de conteúdo de fenólicos totais. Contudo, a análise estatística dos dados não indicou diferenças significativas entre as formulações de geleia. A literatura reporta as desvantagens do método de determinação do conteúdo de fenólicos totais, pois é fato que a presença de proteínas, açúcares e ácidos orgânicos da matriz analisada podem interferir na quantificação dos fenólicos, especialmente por espectrofotometria (Alcantara et al., 2019; Vieira et al., 2022).

Por exemplo, Lima (2018) verificou em geleia mista de uva isabel e carnaúba valor de 107,20 mg de Ácido Gál/100g. Esse valor é similar ao encontrado nas formulações FI, FII e FIII que variaram entre 106,32, 108,65 e 109,33 mg de Ácido Gál/100g, respectivamente. Costa (2021), também encontrou resultados próximos, de 106,60 mg de Ácido Gál/100g em geleia de acerola e melão de São Caetano.

Com relação aos resultados da análise de atividade antioxidante pelo método DPPH, também não apresentou diferenças significativas entre as formulações de geleias elaboradas. Pesquisa conduzida por Correa (2018) encontrou resultados para atividade antioxidante de geleia de cupuaçu obtidas a partir da polpa do cupuaçu com 3 tratamentos (polpa comercial,

polpa seca em estufa e polpa liofilizada), onde os resultados obtidos foram de 57,67; 57,07 e 64,15  $\mu\text{Mol Tx}/100\text{g}$ , respectivamente. Sendo assim, os resultados obtidos para a atividade antioxidante de geleia de xique-xique com diferentes concentrações de spirulina foram muito superiores aos determinados para geleia de cupuaçu.

O resultado da atividade antioxidante ainda pode ser comparado aos valores encontrados por Bezerril e colaboradores (2021) de 572,96  $\mu\text{Mol Tx}/100\text{g}$  referente ao cilindro vascular do xique-xique. Essa redução nos valores pode estar associada a influência dos processos de produção da geleia, que pode influenciar no conteúdo dos compostos fenólicos, e consequentemente nas propriedades antioxidantes.

#### 4.4 RESULTADOS DE ANÁLISES DE TEXTURA DA GELEIA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SPIRULINA

Os resultados das análises de textura das geleias de xique-xique elaboradas com diferentes concentrações de Spirulina são apresentados na tabela 7. Os dados apresentados correspondem a média de três determinações e seus respectivos desvios padrão.

**Tabela 7** - Parâmetros de textura instrumental de geleias de xique-xique elaboradas com diferentes concentrações de Spirulina.

| Parâmetros de Textura | Amostras        |                   |                 |
|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|                       | FI              | FII               | FIII            |
| Dureza (N)            | 1,28 $\pm$ 0,07 | 1,59 $\pm$ 0,09 * | 1,38 $\pm$ 0,04 |
| Adesividade (mJ)      | 1,16 $\pm$ 0,20 | 1,76 $\pm$ 0,20 * | 1,30 $\pm$ 0,10 |
| Coesividade (N)       | 0,37 $\pm$ 0,02 | 0,32 $\pm$ 0,20   | 0,38 $\pm$ 0,15 |
| Elasticidade (mm)     | 0,81 $\pm$ 0,11 | 0,92 $\pm$ 0,01   | 0,91 $\pm$ 0,00 |
| Gomosidade (N)        | 0,46 $\pm$ 0,06 | 0,51 $\pm$ 0,03   | 0,53 $\pm$ 0,01 |
| Mastigabilidade (N)   | 0,39 $\pm$ 0,09 | 0,47 $\pm$ 0,02   | 0,48 $\pm$ 0,01 |

Dados apresentados como média ( $\mu$ )  $\pm$  desvio padrão ( $\sigma$ ).

\* Apresentou diferença média significativa no nível de confiança de 0.05 entre as amostras.

**Fonte:** Próprio autor.

Ao comparar os resultados dos parâmetros de textura apresentados na tabela 7, foi possível verificar que somente a formulação FII apresentou uma diferença superior significativa para os parâmetros de dureza e adesividade entre as demais formulações de geleia.

Segundo Garrido e colaboradores (2015) a dureza pode ser definida como a força necessária para atingir a deformação do alimento durante a primeira mordida. Em relação a esse parâmetro, podemos comparar os valores obtidos de dureza com os valores encontrados por Lemos et al., (2019), onde esse parâmetro apresentou uma variação entre 0,95 a 4,60 N para geleias prebióticas tradicionais mistas de jabuticaba e acerola.

Em análises de parâmetros de textura de geleias de maçã com tratamentos distintos quanto à concentração de pectina, foram observados valores para coesividade de 0,37 a 0,53 N, para o parâmetro de elasticidade, valores de 0,89 a 0,96 mm e para gomosidade de 0,30 a 1,90 N. Todos esses valores encontrados por Garrido e colaboradores (2015), são semelhantes aos encontrados.

Os valores apresentados na tabela 7 para o parâmetro de mastigabilidade estão dentro dos valores encontrados por Curi e colaboradores (2017) em geleias de physalis com queijo do tipo brie (0.08 a 0.58 N).

## 5 CONCLUSÃO

Ao finalizar esse estudo, foi possível verificar que os valores obtidos, nas diversas análises realizadas, das matérias-primas foram semelhantes aos encontrados por diversos autores. Nas três diferentes formulações de geleias desenvolvidas (FI, FII e FIII), foi verificado que as mesmas estão conformes aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes de geleias (o uso de legislação específica para geleia foi devido a falta de legislação específica para geleia de vegetais).

Ainda foi possível verificar que as formulações adicionadas com spirulina (FII e FIII), apresentaram valores superiores em proteínas, agregando desta forma maior valor proteico as formulações das geleias. Também podemos ver um potencial da spirulina em reduzir de forma significativa os teores de açúcares totais nos alimentos, mais especificamente nas geleias desenvolvidas neste trabalho.

Sugere-se mais análises para investigação microbiológica e sensorial e assim confirmar a qualidade das geleias de xique-xique e hortelã enriquecida com spirulina. Espera-se que novos estudos sejam realizados para a valorização do xique-xique como alimento funcional, fomentando seu aproveitamento na indústria de geleias e promovendo oportunidades de desenvolvimento socioeconômico e ambiental na região da Caatinga. Além disso, estimular o desenvolvimento de novos produtos adicionados de spirulina, possibilitando o benefício potencial do consumo desta microalga rica em proteínas.

## REFERÊNCIAS

AOAC, G. W. Official methods of analysis of AOAC International. Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5. 2016.

ARUMUGAM, P., & RAMESH, A. (2009). Protective effects of solvent fractions of *Mentha spicata* (L.) leaves evaluated on 4-nitroquinoline-1-oxide induced chromosome damage and apoptosis in mouse bone marrow cells. *Genetics and Molecular Biology*, 32(4), 847-852.

BARBOSA, H. P. Tabela de composição de alimentos do Estado da Paraíba: setor agropecuário. 2. ed. João Pessoa: UFPB, 1998. 221p.

BARROS, KATHARINA KARDINELE DA SILVA. Produção de biomassa de *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*) para alimentação humana. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

BENEFÍCIOS DO CONSUMO DE GELEIAS. Carmen Produtos Artesanais 2023. Disponível em: <<https://docescarmen.com.br/beneficios-do-consumo-de-geleias/>>. Acesso em: 26 de outubro de 2023.

BEZERRIL, FABRÍCIA FRANÇA et al. Physicochemical characteristics and bioactive compounds of the Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) cactus from Caatinga Brazilian: are they nutritive and functional?. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 15, p. 3284-3297, 2021.

BEZERRIL, FABRÍCIA FRANÇA et al. *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. *LWT*, v. 139, p. 110512, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº12, de 24 de Julho de 1978. Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Resolução ANVISA/MS. RDC Nº272 de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial da União, Brasília, de 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Resolução CNS, Resolução Normativa Nº 15, de 1978. Define termos sobre geleia de frutas. Diário Oficial da União, Brasília, de 11 de dezembro de 1978.

BRASIL. VII Lista dos novos ingredientes aprovados, 2009 – Comissões Tecnocientíficas de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

CARVALHO, C. R. S. (2019). Potencial antioxidante e teor de compostos fenólicos dos chás de hortelã (*Mentha spicata*), camomila (*Matricaria chamomilla*) e capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*).

CORREA, CELY DOS SANTOS. Desenvolvimento e caracterização de geleia de cupuaçu. 2018.

COSTA, J. A. V., FREITAS, B. C. B., ROSA, G. M., MORAES, L., MORAIS, M. G., & MITCHELL, B. G. Operational and economic aspects of Spirulina-based biorefinery. *Bioresource technology*, 292, 121946. 2019.

COSTA, THALIA AMANNARA MELO DA et al. Propriedades antioxidantes da geleia de acerola com melão de São Caetano (*Momordica charantia* L.). 2021.

CUNHA, FÁBIO. Geléia de xique-xique com rapadura. Disponível em: <https://reportergourmet.com.br/aprenda-a-preparar-geleia-de-xique-xique-com-rapadura/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

CURI, PAULA NOGUEIRA et al. Characterization of different native american physalis species and evaluation of their processing potential as jelly in combination with brie-type cheese. *Food Science and Technology*, v. 38, p. 112-119, 2017.

DA SILVA, A. A., DANTAS, R. L., DOS SANTOS VÉRAS, C., ALVES, R. E., & DE MELO SILVA, S. Physical and physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.)) fruit. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(5), 1969-1980. (2018).

DE ALMEIDA, C. A., DE FIGUEIREDO, R. M., QUEIROZ, A. J. M., & DE OLIVEIRA, F. M. (2007). Physical and chemical characteristics of xiquexique pulps. *Revista Ciência Agronômica*, 38(4), 440.

DE ANDRADE VIEIRA, ÉRICA et al. Mucilages of cacti from Brazilian biodiversity: Extraction, physicochemical and technological properties. *Food Chemistry*, v. 346, p. 128892, 2021.

DE ANDRADE VIEIRA, ÉRICA; DE MAGALHÃES CORDEIRO, ANGELA MARIA TRIBUZY. Bioprospecting and potential of cactus mucilages: A bibliometric review. *Food chemistry*, v. 401, p. 134121, 2023.

DE ASSIS, P. O. A., GUERRA, G. C. B., DE SOUZA ARAÚJO, D. F., DE ARAÚJO, A. A., DE ARAÚJO, R. F., DE CARVALHO, T. G., ... & DO EGYPTO, R. D. C. R. (2019). Intestinal anti-inflammatory activity of xique-xique (*Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) juice on acetic acid-induced colitis in rats. *Food & function*, 10(11), 7275-7290.

DE LUCENA, CAMILLA MARQUES et al. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, v. 9, p. 1-11, 2013.

DE OLIVEIRA, A. M., DA SILVA, W. A. V., FERREIRA, M. R. A., PAIVA, P. M. G., DE MEDEIROS, P. L., SOARES, L. A. L., ... & NAPOLEÃO, T. H. (2019). Assessment of 28-day oral toxicity and antipyretic activity of the saline extract from *Pilosocereus gounellei* (Cactaceae) stem in mice. *Journal of ethnopharmacology*, 234, 96-105.

DE OLIVEIRA, A. M., DE LUNA FREIRE, M. O., DA SILVA, W. A. V., FERREIRA, M. R. A., PAIVA, P. M. G., SOARES, L. A. L., ... & NAPOLEÃO, T. H. (2018). Saline extract of *Pilosocereus gounellei* stem has antinociceptive effect in mice without showing acute toxicity and altering motor coordination. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 95, 289-297.

DOURADO GOMES MACHADO, TAMIRES ALCÂNTARA, et al. "Nutritional, Physicochemical and Sensorial Acceptance of Functional Cookies Enriched with Xiquexique (*Pilosocereus Gounellei*) Flour." *PloS One*, vol. 16, no. 8, 2021, p. e0255287.

FELLOWS, PETER J. *Tecnologia do Processamento de Alimentos-: Princípios e Prática*. Artmed Editora, 2018. 34 p.

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

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2005. 182 p.

GARRIDO, JUAN IGNACIO; LOZANO, JORGE ENRIQUE; GENOVESE, DIEGO BAUTISTA. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT-Food Science and Technology*, v. 62, n. 1, p. 325-332, 2015.

GHARIBZAHEDI, SEYED MOHAMMAD TAGHI; JAFARI, SEID MAHDI. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, v. 62, p. 119-132, 2017.

GOUVEIA, L., MARQUES, AE, SOUSA, JM, MOURA, P., & BANDARRA, NM (2010). Microalgas – fonte de moléculas bioativas naturais como ingredientes funcionais. *Alimentos Sci Technol Bull Funct Foods*, 7 (2), 21.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 2008. v.1.

KAMAL, T., SONG, Y., ZHANG, T., ZHU, B. W., & TAN, M. (2018). Effect of hydrocolloid and processing potentiality on water migration in apple jellies of Yinduqing cultivar. *LWT*, 98, 381-389.

KOYANDE, A. K., CHEW, K. W., RAMBABU, K., TAO, Y., CHU, D. T., & SHOW, P. L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24.

KROLOW, ANA CRISTINA RICHTER. Preparo artesanal de geleias e geleíadas. 2013.

LARROSA, APQ et al. SECAGEM DE SPIRULINA SP. EM LEITO DE JORRO: EFEITO DA TEMPERATURA NAS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO DESIDRATADO. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v. 1, n. 2, p. 3955-3961, 2015.

LEMOS, DANIELLE MARTINS et al. Elaboration and characterization of jabuticaba and acerola prebiotic jelly. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, 2019.

LIMA, JEANNE DOS SANTOS et al. Avaliação do teor de compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante e análise sensorial de geleia mista de uva Isabel com carnaúba. 2018.

LJUBIC, Anita et al. Biomass composition of *Arthrospira platensis* during cultivation on industrial process water and harvesting. *Journal of Applied Phycology*, v. 30, p. 943-954, 2018.

LOPES, REGINA LÚCIA TINOCO. Dossiê técnico: fabricação de geléias. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais–CETEC, 2007.

LOPES, T. M. (2006). Ação fotodinâmica da C-Ficocianina, pigmento extraído da *Spirulina platensis*, nas linhagens tumorais humanas K562 (não MDR) e K562–Lucena 1 (MDR) (Master's thesis).

MACIEL, J. K., CHAVES, O. S., BRITO FILHO, S. G., TELES, Y. C., FERNANDES, M. G., ASSIS, T. S., ... & DE SOUZA, M. D. F. V. (2015). New alcamide and anti-oxidant activity of *Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. ex Rowl.(Cactaceae). *Molecules*, 21(1), 11.

MACIEL, JÉSSICA KARINA DA SILVA, et al. Caracterização fitoquímica do extrato de *Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. ex Rowl.(Cactaceae) e avaliação de suas atividades antioxidante e microbiológica. 2016.

MONTEIRO SS, ALMEIDA RL, SANTOS NC, PEREIRA EM, SILVA AP, OLIVEIRA HML, PASQUALI MADB. Novos Alimentos Funcionais com Componentes de Cactos: Perspectivas Sustentáveis e Tendências Futuras. *Alimentos* . 2023; 12(13):2494.

OLIVEIRA, A.; CORREDO, R.K.; OLIVEIRA, E.L.; OLIVEIRA, D.P.; CARRASCO, L.R. Coordenou a intensificação para conciliar os objetivos de desenvolvimento sustentável "Fome Zero" e "Vida na Terra". *J. Meio Ambiente. Manag.* 2021, 284 112032.

PAIVA, EMMANUELA P.; LIMA, MARIANNE S.; PAIXÃO, JOSE A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. *Revista Iberoamericana de Polímero*, v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

PESSOA, VICTOR GURGEL et al. Composição bromatológica e análise sensorial de cactáceas como plantas alimentícias não convencionais: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 8, p. e41011831289-e41011831289, 2022.

POMERANZ, YESHAJAHU (Ed.). *Food analysis: theory and practice*. Springer Science & Business Media, 2013.

Quais as geleias mais vendidas?. VIVENDO BAURU, 2023. Disponível em: <<https://www.vivendobauru.com.br/quais-as-geleias-mais-vendidas/>>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

RAUCH, George H. et al. *Jam making*. 1987.

REPORTLINKER. Global Fruit Jams, Jellies and Preserves Industry. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2020/08/25/2083575/0/en/Global-Fruit-Jam-s-Jellies-and-Preserves-Industry.html>. Acesso em: 03 ago. 2023.

RIBEIRO, T. S., SAMPAIO, K. B., MENEZES, F. N. D. D., DE ASSIS, P. O. A., DOS SANTOS LIMA, M., DE OLIVEIRA, M. E. G., ... & DO EGYPTO QUEIROGA, R. D. C. R. (2020). In vitro evaluation of potential prebiotic effects of a freeze-dried juice from

*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) cladodes, an unconventional edible plant from Caatinga biome. 3 Biotech, 10, 1-9.

SÁENZ, CARMEN; SEPÚLVEDA, ELENA; MATSUHIRO, BETTY. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. Journal of arid environments, v. 57, n. 3, p. 275-290, 2004.

SALES, M. S. L. et. al.. *Cereus jamacaru* DE CANDOLLE (CACTACEAE), O MANDACARU DO NORDESTE BRASILEIRO. Publicatio Uepg: Ciências Biológicas e da Saúde, [s.l.], v. 20, n. 2, p.135-142, 2014. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). [://revistas.uepg.br/index.php/biologica/article/view/6353/4834](http://revistas.uepg.br/index.php/biologica/article/view/6353/4834)

SHARMA, P.; GAUR, VK; SIROHI, R.; VARJANI, S.; HYUN KIM, S.; WONG, JWC. Processamento Sustentável de Resíduos Alimentares para Produção de Produtos de Base Biológica para Bioeconomia Circular. Biorrecurso. Tecnologia. 2021 , 325 , 124684.

SCHERER, RODRIGO et al. Antioxidant and antibacterial activities and composition of Brazilian spearmint (*Mentha spicata* L.). Industrial crops and products, v. 50, p. 408-413, 2013.

SJORS, V. I., AND F. ALESSANDRO. "Algae based biofuels, Applications and coproducts." Environment and natural resources management working paper. Environment climate change. Bioenergy monitoring and assessment (2010).

SNOUSSI, M., NOUMI, E., TRABELSI, N., FLAMINI, G., PAPETTI, A., & DE FEO, V. (2015). *Mentha spicata* essential oil: chemical composition, antioxidant and antibacterial activities against planktonic and biofilm cultures of *Vibrio* spp. strains. Molecules, 20(8), 14402-14424.

SOUZA, ROSANE; OLIVEIRA, EMANUEL; FEITOSA, BRUNO. Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas. 2018.

SUNO. CAGR: O que é? Qual sua importância nos investimentos? Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/cagr/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

TRACHTENBERG, S.; MAYER, A. M. A Stereological Analysis of the Succulent Tissue of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.: I. Development of mucilage cells. Journal of Experimental Botany, p. 1091-1103, 1981.

THE PLANT, List. The Angiosperms (Flowering plants). [s.l.], 2013. <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Cactaceae/>

WINTER, K., GARCIA, M., & HOLTUM, JA (2011). Regulação positiva do CAM induzida pelo estresse hídrico em mudas de um cacto tropical, *Opuntia elatior*, operando predominantemente no modo C3. *Jornal de Botânica Experimental* , 62 (11), 4037-4042.

XU, C.; NASROLLAHZADEH, M.; SELVA, M.; ISSAABADI, Z.; LUQUE, R. Resíduos para Riqueza: Valorização de Biorresíduos em Bio(Nano)Materiais Valiosos. *Química. Soc. Rev.* 2019 , 48 , 4791–4822.

YANG, Y., PARK, Y., CASSADA, D., SNOW, D., ROGERS, D., & LEE, J. (2011). In vitro and in vivo safety assessment of edible blue-green algae, *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kützinger and *Spirulina plantensis*. *Food and Chemical Toxicology*, 49(7), 1560-1564.

ZHOU, T., WANG, J., ZHENG, H., WU, X., WANG, Y., LIU, M., XIANG, S., CAO, L., RUAN, R., LIU, Y. (2018). Characterization of additional zinc ions on the growth, biochemical composition and photosynthetic performance from *Spirulina platensis*, *Bioresource Technology*, Volume 269, Pages 285-291.