



**Sobremesas congeladas de extrato hidrossolúvel de quirera de arroz:  
Efeito da adição de *Chlorella vulgaris* e *Spirulina platensis* nas  
características físico-químicas e tecnológicas e aceitação sensorial**

**Frozen desserts made from water-soluble broken rice extract: Effect of  
adding *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* on the  
physicochemical and technological characteristics and sensory  
acceptance**

Amanda Mataruco<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Barão<sup>1</sup>, Viviane Priscila Barros de Medeiros<sup>2</sup>, Talita Letícia dos Santos<sup>1</sup>, Thais Ordenez<sup>1</sup>, Arthur Marroni Pereira<sup>1</sup>, Jéssica Carvalho dos Santos<sup>1</sup>, Vinícius Koiti Nakahara<sup>1</sup>, Rafael Sanches Silva<sup>1</sup>, Tamires dos Santos Lima<sup>1</sup>, Mariana Maróstica Bocetto<sup>1</sup>, Vanessa Aparecida Marcolino<sup>1</sup>, Suellen Jensen Klososki<sup>1</sup>, Marciane Magnani<sup>2</sup>, Tatiana Colombo Pimentel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Paraná, CEP 87703-536, Paranavaí, Paraná, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil

**Resumo:** Sobremesas congeladas sabor limão foram processadas com extrato hidrossolúvel de quirera de arroz e adicionadas de microalgas (*Spirulina platensis* ou *Chlorella vulgaris*, 0,5%). Três formulações foram preparadas: (CON) controle (sem adição de microalgas), (SPI) com *S. platensis*, e (CHL) com *C. vulgaris*. Os produtos foram avaliados quanto à composição química, características físico-químicas, propriedades tecnológicas e aceitação sensorial no primeiro dia de armazenamento. A adição de microalgas não alterou o teor de umidade, cinzas e lipídios e a taxa de derretimento (2,73-3,14 g/min) dos produtos. Além disso, não houve impacto na aceitação (aparência, aroma, sabor, textura e impressão geral), sendo que os produtos obtiveram notas entre 6 e 7 em uma escala hedônica de 9 pontos, indicando que os consumidores gostaram de ligeiramente a moderadamente dos produtos. Por outro lado, a adição de microalgas diminuiu os parâmetros L\* e a\* de cor, os parâmetros de textura (firmeza, consistência e coesividade) e a acidez titulável, e aumentou o pH, teor de sólidos solúveis, overrun e teor de proteínas e carboidratos. Essas características são importantes para o produto pois resultam em maior incorporação de ar, maior maciez, cor verde mais acentuada e maior valor nutricional. *S. platensis* também contribuiu com a diminuição no parâmetro b\* de cor e aumento no índice de viscosidade. Conclui-se que a adição de microalgas contribui com as características físico-químicas, tecnológicas e nutricionais de sobremesas congeladas sem impactar negativamente na aceitação dos produtos, independentemente do tipo de microalga utilizado.

<sup>1</sup> tatiana.pimentel@ifpr.edu.br



**Palavras-chave:** Sorvete não lácteo. Microalgas. *Oryza sativa*. Subproduto.

**Abstract:** Frozen desserts lemon flavored were processed with water-soluble extract of broken rice and added with microalgae (*Spirulina platensis* or *Chlorella vulgaris*, 0.5%). Three formulations were prepared: (CON) control (without the addition of microalgae), (SPI) with *S. platensis*, and (CHL) with *C. vulgaris*. The products were evaluated for chemical composition, physicochemical characteristics, technological properties, and sensory acceptance on the first day of storage. Adding microalgae does not alter the moisture, ash, and lipid contents and the products' melting rate (2.73-3.14 g/min). In addition, there was no impact on acceptance (appearance, aroma, flavor, texture, and overall impression). The products scored between 6 and 7 on a 9-point hedonic scale, indicating that consumers liked slightly to moderate the products. On the other hand, adding microalgae decreased the parameters L\* and a\* of color, texture parameters (firmness, consistency, and cohesiveness), and titratable acidity, and increased the pH, total soluble solids content, overrun and protein and carbohydrate contents. These characteristics are important for the product as they result in greater incorporation of air, greater softness, a more pronounced green color, and greater nutritional value. *S. platensis* also contributed to the decrease in the color parameter b\* and increases in the viscosity index. It is concluded that adding microalgae contributes to frozen desserts' physicochemical and technological characteristics without impacting product acceptance, regardless of the type of microalgae used.

**Keywords:** Non-dairy ice cream. Microalgae. *Oryza sativa*. Byproduct.

## 1 INTRODUÇÃO

A procura por alimentos sem leite tem crescido ao longo dos últimos anos devido ao maior número de intolerantes à lactose, alérgicos à proteína do leite e veganos (Pimentel et al., 2021). Estima-se que aproximadamente 40% da população brasileira sofra redução na capacidade de digerir a lactose após a infância e vai apresentar sinais e sintomas de intolerância à lactose ao longo da vida (Anad, 2020). Além disso, o mercado vegano cresce 40% ao ano no Brasil e estima-se que já existem 7 milhões de veganos, representando 3,2% da população (Itatiaia, 2022). O mercado global de produtos não lácteos tornou-se um negócio multibilionário e corresponderá a aproximadamente 26 bilhões de dólares em 2023 (Tangyu et al., 2019). Os extratos vegetais podem ser utilizados como substitutos do leite de vaca em produtos análogos aos produtos lácteos (Silva et al., 2020a).



**RCAGT**

## **REVISTA** de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Entre os diversos cereais disponíveis, o arroz tem destaque devido à presença na dieta usual no Brasil e por apresentar sabor suave. É um alimento altamente energético (contém em torno de 90% de amido) e de grande valor nutricional: proteínas (7-8%), sais minerais (fósforo, ferro e cálcio) e vitaminas do complexo B. Além disso, possui um baixo valor de lipídeos (Prasad et al., 2018).

O Brasil é o principal produtor de arroz fora do continente asiático (Gazeta, 2020). No beneficiamento do arroz branco são produzidos em média 14% de grãos quebrados, classificados como quirera. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento, as safras brasileiras 2017/2018 e 2018/2019 produziram cerca de 11-12 milhões de toneladas de arroz cada (Abisolo, 2018, Salomão, 2019), o que representa aproximadamente 3,2 milhões de toneladas de quirera de arroz produzidas somente nesse período. Para a indústria de beneficiamento do arroz, a quebra de grãos é de extrema importância econômica, especialmente quando se atenta para a diferença na valorização do produto inteiro e do quebrado (ao redor de 80%) (Clickmercado, 2019). O aproveitamento da quirera de arroz é uma área ainda pouco explorada, sendo no Brasil, habitualmente utilizada na alimentação animal (Soares Junior et al., 2010). A quirera de arroz apresenta algumas vantagens, tais como diminuir os custos de produção dos produtos (Silva et al., 2020a), ter hipoalergenicidade, e não apresentar sabor desagradável comum em derivados de soja (Bento, Scapim & Ambrosio-Ugri, 2012).

A população brasileira consumiu, em 2019, mais de 1 bilhão de litros de sorvete (Jornal Cruzeiro do Sul, 2020). O consumo *per capita* alcançou 4,86 litros/ano, com crescimento de 61,61% nos últimos 10 anos (Finamac, 2018). No entanto, devido à alta quantidade de intolerantes à lactose no país, o consumo deste produto não é geral. Desta forma, sobremesas congeladas (sorvetes não lácteos) de extratos hidrossolúveis vegetais têm se tornado um importante tópico de estudo da ciência de alimentos.

Nos últimos anos, a biomassa de microalgas vem despertando crescente interesse na indústria de alimentos (Medeiros et al., 2020). As microalgas já demonstraram atividade hipolipidêmica e hipoglicêmica (Silva et al., 2020b), gastroprotetiva (Anantharajappa, Dharmesh & Ravi, 2019), anti-hipertensiva (Castro-García et al., 2018), entre outros. Dentre as espécies mais utilizadas estão *Spirulina platensis* e *Chlorella vulgaris*, as quais apresentam importantes características nutricionais, tais como presença de fibras solúveis



e insolúveis, oligossacarídeos (kestose, nistose e/ou refinose), açúcares (glicose, ramnose e frutose) e compostos fenólicos (Medeiros et al., 2021a).

Microalgas vêm sendo incorporadas em produtos alimentícios visando melhorar o valor nutricional e a concentração de compostos bioativos, tais como donuts (Rabelo et al., 2013), queijos (Mazinani et al., 2016), massas sem glúten (Fradinho et al., 2020), iogurtes (Barkallah et al., 2017), entre outros. Apenas dois estudos avaliaram a incorporação de microalgas a sorvetes, sendo *Spirulina platensis* (Agustini et al., 2016) e *Nannochloropsis oculata*, *Diacronema vlkianum* e *Porphyridium cruentum* (Durmaz et al., 2020). Até onde os autores conhecem, apenas um estudo de nosso grupo adicionou microalgas a sobremesas congeladas, mas só foi utilizada *S. platensis* (Souza et al., 2023).

Considerando ser de suma importância estudar o tipo de microalga a ser adicionado aos produtos alimentícios de forma a não comprometer as propriedades tecnológicas e sensoriais (Medeiros et al., 2021b), o presente estudo visou avaliar o efeito da adição de *Spirulina platensis* ou *Chlorella vulgaris* na composição química, nas características físico-químicas e tecnológicas e na aceitação sensorial de sobremesas congeladas de extrato hidrossolúvel de quirera de arroz.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

Para a produção das sobremesas congeladas foram utilizados: quirera de arroz branco polido (Tio João®), *Spirulina platensis* (Mocó agropecuária LTDA - EPP – Spirulina orgânica), *Chlorella vulgaris* (Zona Cerealista®), glicose (Marvi®), gordura vegetal hidrogenada (Mesa®), emulsificante/estabilizante (Duas Rodas®), açúcar (Alto Alegre®), liga neutra (Duas Rodas®) e aromatizante de limão (Selecta Tropical Limão, Duas Rodas®).

### 2.2 Preparação do extrato hidrossolúvel de quirera de arroz

A quirera de arroz foi pesada, lavada em água corrente e adicionada de água destilada (1:3). Em seguida, a mistura foi transferida para um extrator de vegetais (Vegan Milk Machine, Viva Smart Nutrition, modelo K-0357, 60 Hz, 1,1 L de capacidade, Polishop®,



Rio de Janeiro, Brasil) e processada por 30 min, resultando no extrato hidrossolúvel de quirera de arroz (EHQA). A proporção quirera de arroz/água foi definida em testes preliminares.

### **2.3 Processamento das sobremesas congeladas de extrato hidrossolúvel de quirera de arroz**

Foram preparadas três formulações de sobremesas congeladas: (CON) controle, sem adição de microalgas, (SPI) com adição de *S. platensis*, e (CHL) com adição de *C. vulgaris*. A metodologia de preparação das sobremesas congeladas e a quantidade de ingredientes utilizada foram definidas em testes preliminares e foram semelhantes ao reportado por Souza et al. (2023). A concentração de microalgas utilizada foi definida em testes preliminares, sendo adicionada a maior quantidade que não impactava negativamente nas características sensoriais dos produtos. Para preparar a calda da sobremesa congelada, EHQA (945 g) foi agitado contínua e lentamente usando um agitador mecânico e aquecido até 50 °C (Silva et al., 2020a). Em seguida, 190,89 g de gordura vegetal hidrogenada liquefeita, 315,98 g de sacarose, 30,15 g de liga neutra, 303,24 g de glicose, 80 g de aromatizante de limão e 9,69 g de microalgas foram adicionados. Na formulação CON não foram adicionadas as microalgas. Em seguida, a calda foi homogeneizada em liquidificador industrial (Industrial Shop®) até obter uma mistura homogênea. Então, a calda foi pasteurizada à temperatura de 70 °C por 30 min em banho-maria (Marconi®) e maturada (24 h a 4 °C). Posteriormente, o emulsificante (62,97 g) foi adicionado à calda maturada. Por fim, a mistura foi batida em batedeira industrial (Malta®) por 3 min para incorporação de ar. O produto foi acondicionado em embalagens plásticas e congelado em freezer à temperatura de -18 °C, sendo submetido às análises de composição química, físico-químicas, tecnológicas e sensoriais após 1 dia de armazenamento.

### **2.4 Avaliação da composição química e características físico-químicas das sobremesas congeladas**

A composição química foi determinada por meio dos seguintes procedimentos: umidade em estufa a 105 °C até peso constante, cinzas por incineração a 550 °C, lipídios pelo



método a frio (*Bligh Dyer*), proteínas pelo Método de *Kjeldahl* e carboidratos por diferença, conforme metodologias propostas pela AOAC (2004).

Determinou-se o pH dos produtos usando um potenciômetro digital, previamente calibrado (MS Technopon®). A acidez titulável foi determinada segundo a AOAC (2004). Dez gramas das amostras foram diluídos em água suficiente para totalizar 100 mL de solução. As soluções foram, então, tituladas com solução de NaOH 0,1N até que o pH 8,3 fosse alcançado. O teor de sólidos solúveis (TSS) foi determinado utilizando um refratômetro digital (InstruTerm®).

### 2.5 Características tecnológicas das sobremesas congeladas

A proporção de ar incorporada à mistura durante o batimento e congelamento é denominada *overrun*. Essa medição foi realizada durante a elaboração das sobremesas congeladas, com pesagem inicial da calda (250 mL) e depois do produto pronto (250 mL). O cálculo do *overrun* foi realizado de acordo com Muse & Hartel (2004) (Equação 1).

$$\text{Overrun (\%)} = [(massa calda - massa sobremesa) / massa sobremesa] \times 100 \text{ (Eq. 1)}$$

O teste de derretimento foi realizado de acordo com o procedimento descrito por Granger et al. (2005). Amostras de sobremesa congelada de 90 mL foram transferidas para tela metálica de abertura 0,5 cm conectada por um funil a uma proveta. A temperatura ambiente foi mantida a  $25 \pm 1$  °C, sem circulação de ar, e a massa de produto drenado foi registrada a cada cinco minutos. A partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de massa derretida em função do tempo. Foi utilizada regressão linear para determinar a velocidade de derretimento a partir da inclinação da reta.

Para avaliação instrumental da cor utilizou-se colorímetro (Minolta®, modelo CR400). O aparelho tinha como especificação: área de leitura 11 mm, iluminante CIE D65 (luz natural do dia), iluminação em um ângulo de 45°, ângulo de observação de 0° e observador padrão CIE 10°. O colorímetro forneceu diretamente os parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (componente vermelho-verde) e  $b^*$  (componente amarelo-azul).

A análise de textura (firmeza, coesividade, consistência e índice de viscosidade) foi conduzida usando um Texturômetro (TAXT Plus, Stable Microsystems®) equipado com um probe cilíndrico de acrílico de 3,6 cm de diâmetro (P36R). As sobremesas congeladas,



armazenadas sob congelamento, foram submetidas a temperaturas de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 h antes da análise e cortadas em quadrados de 4 cm de lado. As condições de análise foram: penetração de 10 mm, força de 1 g, velocidade de pré e de teste de 1 mm/s e velocidade pós-teste de 10 mm/s (Januário et al., 2018).

## 2.6 Aceitação sensorial

Os consumidores eram estudantes, professores e técnicos do Instituto Federal do Paraná (Paranavaí, Brasil) e foram recrutados com base em sua disponibilidade de participar do teste e tendo como requisito serem consumidores de sorvetes. Para o teste de aceitação sensorial, as amostras foram codificadas com números aleatórios de três algarismos. Os testes foram aplicados em cabines individuais, utilizando-se luz branca e as amostras servidas de forma monádica, em copos plásticos de 50 mL e a uma temperatura de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Os julgadores (30 consumidores de sorvete, 16-30 anos) atribuíram notas utilizando escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 9 = gostei muitíssimo) para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão geral. Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética envolvendo seres humanos (CAAE: 43749021.1.3001.8156).

## 2.7 Análise estatística

O experimento foi repetido duas vezes seguindo delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e a determinação de diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foi feita por teste de Tukey ( $\alpha=5\%$ ). Os dados obtidos também foram analisados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) com uma matriz de 3 linhas (3 formulações de sobremesas congeladas) e 17 colunas (análises de composição, físico-químicas e tecnológicas). A Análise Hierárquica de Agrupamento (AHA) foi realizada usando as coordenadas dos dois primeiros componentes principais. Foram consideradas distâncias euclidianas (dissimilaridade), truncamento automático e método de Ward (método de aglomeração). A qualidade do dendrograma foi avaliada pelo coeficiente de correlação cofenética. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software XLSTAT 2021.4.1 (Adinsoft®, New York, USA).



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição química das sobremesas congeladas

A Tabela 1 apresenta a composição química dos produtos. As sobremesas congeladas apresentaram composição química na seguinte faixa (g/ 100 g): umidade (46,81-49,86), proteína (0,40-1,30), cinzas (0,03-0,04), lipídios (19,07-20,57) e carboidratos (29,14-32,81). Em um estudo anterior, Asres et al. (2022) reportaram que sobremesas congeladas utilizando misturas de extrato hidrossolúvel de soja e leite apresentaram umidade de 65,87-69%, proteínas de 4,27-4,39%, lipídios de 6,80-7,47%, cinzas de 0,51-1,19% e carboidratos de 18,80-21,37%. Além disso, Legassa (2020) reportou que sorvetes apresentam em média 61,7% de umidade, 4,1% de proteínas, 16% de gordura, e 20,7% de carboidratos. Os resultados indicam que as sobremesas congeladas do presente estudo apresentaram composição química semelhante aos sorvetes convencionais, apresentando apenas menor conteúdo de proteínas. Esse resultado está relacionado com o baixo conteúdo proteico do arroz.

A adição de microalgas (SPI ou CHL) não resultou em alteração no teor de umidade, lipídios e cinzas dos produtos ( $p > 0,05$ ), mas ocasionou aumento no teor de proteínas e carboidratos ( $p < 0,05$ ). SPI e CHL possuem fibras solúveis e insolúveis, oligossacarídeos (kestose, nistose e rafinose) e açúcares (glicose, ramnose e frutose) em sua composição, os quais aumentam o teor de carboidratos nos produtos aos quais são adicionadas (Medeiros et al., 2021b). Além disso, são consideradas uma fonte de proteína não animal (55–70% para *S. platensis* e 42–55% para *C. vulgaris* em peso seco) (Medeiros et al., 2021a). Dessa forma, a inclusão das microalgas na formulação de sobremesas congeladas resultou em melhoria do valor nutricional dos produtos.

**Tabela 1** – Composição química das sobremesas congeladas

Parâmetro (g/100 g)	CON	SPI	CHL
Umidade	49,86 ± 0,73 <sup>a</sup>	46,89 ± 0,46 <sup>a</sup>	46,81 ± 0,41 <sup>a</sup>
Proteínas	0,40 ± 0,07 <sup>b</sup>	1,20 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,30 ± 0,05 <sup>a</sup>
Cinzas	0,03 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,03 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,001 <sup>a</sup>
Lipídios	20,57 ± 0,29 <sup>a</sup>	19,07 ± 0,47 <sup>a</sup>	19,59 ± 0,31 <sup>a</sup>
Carboidratos	29,14 <sup>b</sup>	32,81 <sup>a</sup>	32,26 <sup>a</sup>

Média ± desvio padrão seguida por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as formulações de sobremesa congelada ( $p < 0,05$ ,  $n=6$ ). Formulações: CON (controle, sem adição de microalgas), SPI (com adição de *Spirulina platensis*), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*).



### 3.2 Características físico-químicas e tecnológicas das sobremesas congeladas

A Tabela 2 apresenta as características físico-químicas e tecnológicas das sobremesas congeladas. As sobremesas congeladas eram ácidas (pH = 2,95 a 3,02) e tinham coloração verde clara ( $L^* = 75,98$  a  $88,21$ ,  $a^* = -4,76$  a  $5,96$ ,  $b^* = 8,42$  a  $11,96$ ), características típicas para sobremesas congeladas sabor limão.

A adição de microalgas (SPI ou CHL) resultou em aumento do pH e do TSS e diminuição da acidez titulável dos produtos ( $p < 0,05$ ). Dentre os tipos de alga, a utilização de CHL resultou em produtos menos ácidos (menor acidez titulável) enquanto a adição de SPI aumentou em maior proporção o TSS ( $p < 0,05$ ). *S. platensis* apresenta maior proporção de oligossacarídeos (nistose e rafinose) em sua composição (Medeiros et al., 2021b), o que pode ter contribuído com o aumento no TSS. Os resultados indicam que a adição das microalgas torna as sobremesas menos ácidas, o que pode ser positivo do ponto de vista sensorial, pois os consumidores no geral preferem produtos menos ácidos (Januário et al., 2018). Esses resultados podem estar relacionados com o aumento no teor de sólidos não gordurosos com a incorporação de microalgas às formulações (Hernández et al., 2022).

**Tabela 2** – Características físico-químicas e tecnológicas das sobremesas congeladas

Parâmetro	CON	SPI	CHL
pH	$2,95 \pm 0,01^b$	$3,02 \pm 0,03^a$	$3,00 \pm 0,02^a$
Acidez titulável (% ácido cítrico)	$0,65 \pm 0,15^a$	$0,57 \pm 0,15^b$	$0,42 \pm 0,05^c$
Teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix)	$36,17 \pm 0,23^c$	$46,77 \pm 1,40^a$	$41,27 \pm 0,46^b$
$L^*$	$88,21 \pm 2,42^a$	$75,98 \pm 0,54^b$	$79,50 \pm 4,09^b$
$a^*$	$-4,76 \pm 0,27^a$	$-5,96 \pm 0,91^b$	$-5,99 \pm 0,37^b$
$b^*$	$11,96 \pm 1,34^a$	$8,42 \pm 0,65^b$	$12,35 \pm 0,70^a$
Overrun (%)	$30,15 \pm 0,48^c$	$55,25 \pm 0,45^a$	$48,75 \pm 1,25^b$
Taxa de derretimento (g/min)	$2,73 \pm 0,27^a$	$3,14 \pm 0,25^a$	$3,08 \pm 0,43^a$

Média  $\pm$  desvio padrão seguida por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as formulações de sobremesa congelada ( $p < 0,05$ ,  $n=6$ ). Formulações: CON (controle, sem adição de microalgas), SPI (com adição de *Spirulina platensis*), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*).  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (+a = vermelho, -a = verde),  $b^*$  (+b = amarelo, -b = azul).

Com relação à cor, a adição de microalgas (SPI ou CHL) resultou em produtos com coloração verde mais escura (diminuição no  $L^*$  e aumento no  $a^*$ , Figura 1). Para SPI, também houve uma diminuição no parâmetro  $b^*$  ( $p < 0,05$ ). A contribuição das microalgas para a cor de produtos alimentícios está relacionada com a composição dos

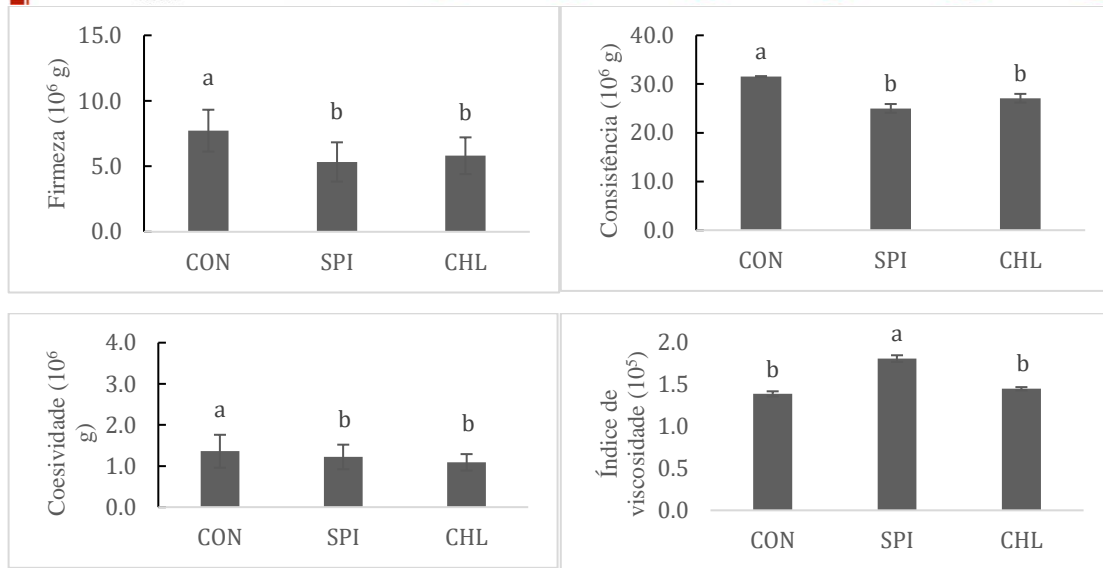


pigmentos presentes (Durmaz et al., 2020). A síntese de pigmentos depende da espécie e das condições de cultivo, tais como temperatura, salinidade, intensidade de luz, e fotoperíodo (Medeiros et al., 2021a). *S. platensis* e *C. vulgaris* apresentam clorofila em sua composição, pigmento responsável pela coloração verde característica dessas microalgas (Fradinho et al., 2020). Ao mesmo tempo, *S. platensis* apresenta ficocianina em sua composição, um pigmento azul esverdeado (Agustini et al., 2016), o que pode explicar a diminuição no parâmetro  $b^*$  apenas nessa formulação. Os consumidores esperam que produtos de sabor limão apresentem coloração verde, dessa forma, a adição de microalgas contribuiu com a cor das sobremesas congeladas.



**Figura 1** – Fotos das sobremesas congeladas. CON (controle, sem adição de microalgas, ESQUERDA), SPI (com adição de *Spirulina platensis*, MEIO), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*, DIREITA).

As propriedades tecnológicas das sobremesas congeladas são caracterizadas principalmente pelas propriedades de textura e taxa de derretimento, que dependem dos valores de overrun. Os resultados dos parâmetros de textura são apresentados na Figura 2.



**Figura 2** – Parâmetros de textura das sobremesas congeladas. Letras diferentes para o mesmo parâmetro de textura indicam diferença significativa entre as formulações de sobremesa congelada. Formulações: CON (controle, sem adição de microalgas), SPI (com adição de *Spirulina platensis*), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*).

A adição de microalgas (SPI ou CHL) resultou em aumento nos valores de overrun e diminuição nos parâmetros de textura (firmeza, consistência e coesividade) ( $p < 0,05$ ). Ao mesmo tempo, a adição de SPI aumentou o índice de viscosidade dos produtos ( $p < 0,05$ ). Durante o batimento da calda, microalgas podem contribuir com um maior aprisionamento de ar dentro da massa da sobremesa, aumentando o volume de ar incorporado e, conseqüentemente, o overrun (Agustini et al., 2016). A presença de fibras nas microalgas pode resultar na formação de uma matriz (rede) capaz de reter mais eficientemente o oxigênio durante o batimento, aumentando o overrun (Januário et al., 2018). Além disso, as microalgas podem permanecer dispersas entre os componentes das sobremesas congeladas, interferindo nas interações, e resultando em produtos mais macios (Silva et al., 2020a). Os consumidores percebem produtos com menor firmeza, consistência e coesividade como mais cremosos (Silva et al., 2021). Dessa forma, a adição de microalgas contribuiu com os parâmetros de textura das sobremesas congeladas. O maior TSS das sobremesas congeladas adicionadas de SPI pode ter resultado em aumento da viscosidade da calda (Silva et al., 2020a) e, conseqüentemente, no índice de viscosidade dos produtos finais.

Não houve efeito da adição de microalgas na taxa de derretimento das sobremesas congeladas ( $p > 0,05$ ). A taxa de derretimento tem importante papel na estabilidade ao



armazenamento dos produtos e na percepção dos consumidores (recobrimento na boca e liberação de sabor) (Durmaz et al., 2020). Sobremesas congeladas com altas taxas de derretimento derretem muito rapidamente, causando uma situação desconfortável e indesejável durante o consumo do produto (Silva et al., 2020a).

### 3.3 Aceitação sensorial das sobremesas congeladas

As sobremesas congeladas receberam notas entre 5,73 e 7,43 em uma escala de 9 pontos, sugerindo que os consumidores gostaram dos produtos de ligeiramente a moderadamente, dependendo do atributo avaliado (Tabela 3). A adição de microalgas (SPI ou CHL) não alterou a aceitação sensorial dos produtos ( $p > 0,05$ ) avaliando aparência, aroma, sabor, textura e impressão geral. Os resultados do presente estudo são importantes para o desenvolvimento de produtos adicionados de microalgas, pois indicam que ambas (*S. platensis* e *C. vulgaris*) poderiam ser utilizadas sem prejuízo para a aceitação pelos consumidores na concentração de 0,5%. Estudos anteriores já reportaram diminuição na aceitação dos produtos adicionados de microalgas devido à presença de aromas não característicos (de alga, de peixe, metálicos), gosto amargo e textura arenosa (Agustini et al., 2016, Barkallah et al., 2017, Durmaz et al., 2020). No entanto, o efeito parece ser dependente da concentração utilizada, com manutenção da aceitação quando baixas concentrações são utilizadas (0,25-0,5%) e reduções em maiores concentrações (Barkallah et al., 2017).

**Tabela 3** – Aceitação sensorial das sobremesas congeladas

Parâmetro	CON	SPI	CHL
Aparência	6,56 ± 1,63 <sup>a</sup>	6,20 ± 1,89 <sup>a</sup>	6,50 ± 2,29 <sup>a</sup>
Aroma	6,43 ± 1,70 <sup>a</sup>	6,50 ± 2,29 <sup>a</sup>	5,93 ± 1,80 <sup>a</sup>
Sabor	7,43 ± 1,30 <sup>a</sup>	6,46 ± 02,28 <sup>a</sup>	6,73 ± 1,70 <sup>a</sup>
Textura	5,80 ± 2,26 <sup>a</sup>	5,73 ± 2,24 <sup>a</sup>	6,10 ± 1,93 <sup>a</sup>
Impressão geral	7,10 ± 1,49 <sup>a</sup>	6,03 ± 2,24 <sup>a</sup>	6,60 ± 1,75 <sup>a</sup>

Média ± desvio padrão seguida por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as formulações de sobremesa congelada ( $p < 0,05$ ,  $n=30$ ). Formulações: CON (controle, sem adição de microalgas), SPI (com adição de *Spirulina platensis*), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*).

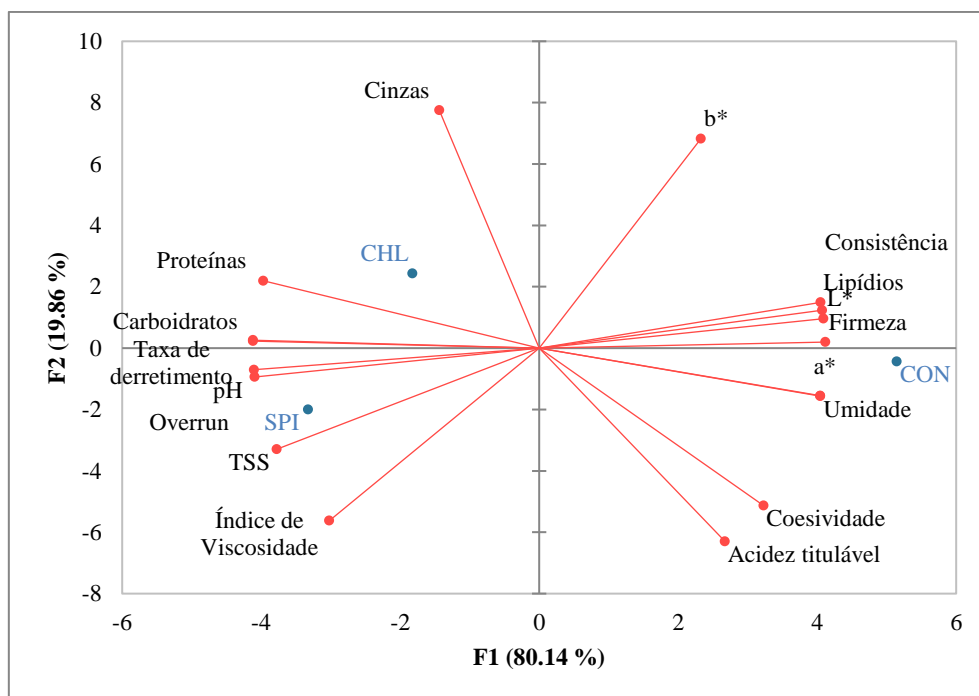
### 3.4 ACP e AHA

A Figura 3 apresenta o mapa da ACP. Os dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) explicaram 100% da variância total dos dados (CP1: 80,14%, CP2: 19,86%). O CP1 separou a formulação CON (no lado direito) das formulações adicionadas de microalgas



(SPI e CHL, lado esquerdo). Desta forma, as sobremesas congeladas adicionadas de microalgas forma caracterizadas pelo maior teor de proteínas e carboidratos, pH, TSS, overrun, taxa derretimento e índice de viscosidade. Ao mesmo tempo, apresentaram menor umidade, lipídios, L\* e a\*, firmeza, consistência e coesividade.

O CP2 separou as formulações adicionadas de microalgas, com CHL acima do eixo e SPI abaixo do eixo. Dessa forma, a sobremesa congelada adicionada de SPI apresentou menor parâmetro b\* e maior acidez titulável. A ACP facilita a observação visual dos resultados obtidos.

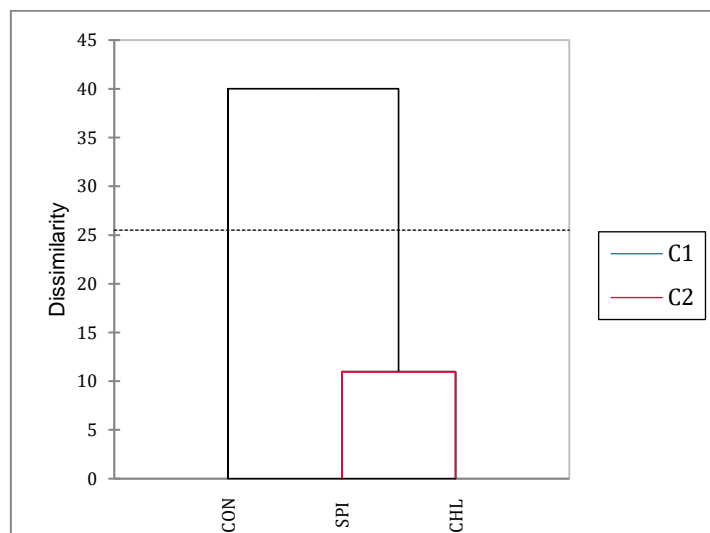


**Figura 3** – Análise de Componentes Principais dos dados das sobremesas congeladas. Formulações: CON (controle, sem adição de microalgas), SPI (com adição de *Spirulina platensis*), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*).

A AHA está apresenta na Fig. 4. A AHA apresentou correlação cofenética de 0,964, indicando estabilidade dos grupos e confiabilidade do dendrograma. Com base no dendrograma, 2 grupos são formados: o primeiro grupo com a formulação CON, e o segundo grupo com as formulações adicionadas de microalgas (SPI e CHL). Esses resultados demonstram que as formulações com SPI e CHL apresentaram características diferenciadas do controle, sendo que o tipo de microalga exerceu impacto não significativo.



Em geral, os resultados de ACP e AHA confirmam que a adição de microalga impactou positivamente a composição química e as características físico-químicas e tecnológicas das sobremesas congeladas. A melhoria na composição química está relacionada com as importantes características nutricionais das microalgas, tais como presença de fibras solúveis e insolúveis, oligossacarídeos (kestose, nistose e/ou rafinose), açúcares (glicose, ramnose e frutose) e compostos fenólicos (Medeiros et al., 2021a). Agustini et al. (2016) também observaram que a adição de microalgas a sorvetes resultou em melhorias nos parâmetros tecnológicos (overrun e derretimento). No entanto, nesse estudo, a adição de microalgas impactou negativamente a aceitação dos produtos pelos consumidores.



**Figura 4** – Análise Hierárquica de Agrupamento das sobremesas congeladas. Formulações: CON (controle, sem adição de microalgas), SPI (com adição de *Spirulina platensis*), e CHL (com adição de *Chlorella vulgaris*).

## 4 CONCLUSÕES

Esse foi o primeiro estudo a avaliar o efeito da adição de dois tipos de microalgas (*S. platensis* e *C. vulgaris*) a sobremesas congeladas processadas com extrato hidrossolúvel de quirera de arroz. Os resultados demonstraram que a adição das microalgas contribuiu positivamente na composição química (maior teor de proteínas e carboidratos), características físico-químicas (menor acidez) e parâmetros tecnológicos (cor verde mais intensa, produtos menos firmes, consistentes e coesos) dos produtos, mantendo a aceitação sensorial semelhante à do produto controle (aparência, aroma, sabor, textura e impressão geral). O presente trabalho traz importante contribuição para o



**RCAGT**

**REVISTA**

de Ciência de Alimentos e Gastronomia



desenvolvimento de produtos não lácteos, o que é de interesse para intolerantes à lactose, alérgicos à proteína do leite e veganos.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq) (processo nº 304075/2019–1, bolsas PIBIC e PIBIC-Jr), “Fundação Araucária” (Bolsas PIBITI e PIBITI-PBIS) e “Instituto Federal do Paraná” (PIAP, e bolsas PRADI).

## REFERÊNCIAS

Abisolo. (2018). *IBGE: safra 2018 de arroz diminui 5,7% ante 2017; café e trigo aumentam*. Disponível em: <https://abisolo.com.br/2018/02/15/ibge-safra-2018-de-arroz-diminui-57-ante-2017-cafe-e-trigo-aumentam/>.

Agustini, T. W., Maâ, W. F., Widayat, W., Suzery, M., Hadiyanto, H., & Benjakul, S. (2016). Application of *Spirulina platensis* on ice cream and soft cheese with respect to their nutritional and sensory perspectives. *Jurnal Teknologi*, 78(4-2).

Anad. Associação Nacional de Atenção ao Diabetes. (2020). Intolerância à lactose. Disponível em: <https://www.anad.org.br/intolerancia-a-lactose/>. Acesso em 14/02/2023.

Anantharajappa, K., Dharmesh, S. M., & Ravi, S. (2020). Gastro-protective potentials of *Spirulina*: role of vitamin B 12. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 745-753.

Aoac. *Official Methods of Analysis*. 15a Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA., 2004.

Asres, A. M., Woldemariam, H. W., & Gemechu, F. G. (2022). Physicochemical and sensory properties of ice cream prepared using sweet lupin and soymilk as alternatives to cow milk. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 278-287.

Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., ... & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical,



RCAGT

# REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT*, 84, 323-330.

Bento, R. S., Scapim, M. R. D. S., & Ambrosio-Ugri, M. C. B. (2012). Desenvolvimento e caracterização de bebida achocolatada à base de extrato hidrossolúvel de quinoa e de arroz. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 71(2), 317-323.

Castro-García, S. Z., Chamorro-Cevallos, G., Quevedo-Corona, L., McCarty, M. F., & Bobadilla-Lugo, R. A. (2018). Beneficial effects of phycobiliproteins from *Spirulina maxima* in a preeclampsia model. *Life Sciences*, 211, 17-24.

Clickmercado. (2019). Cotação. Disponível em: [www.clicmercado.com.br/novo/cotacoes/buscacot.asp](http://www.clicmercado.com.br/novo/cotacoes/buscacot.asp).

Durmaz, Y., Kilicli, M., Toker, O. S., Konar, N., Palabiyik, I., & Tamtürk, F. (2020). Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physicochemical and functional properties. *Algal Research*, 47, 101811.

Finamac. (2018). *Conheça a situação e perspectivas do mercado de sorvetes no Brasil*. Disponível em: <https://blog.finamac.com/conheca-a-situacao-e-perspectivas-do-mercado-de-sorvetes/>.

Fradinho, P., Niccolai, A., Soares, R., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R., ... & Raymundo, A. (2020). Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. *Algal Research*, 45, 101743.

Gazeta. (2020). *Produção brasileira de arroz está estimada em 10,5 milhões de toneladas*. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/noticias/producao-brasileira-de-arroz-esta-estimada-em-10-5-milhoes-de-toneladas\\_432665.html#:~:text=A%20colheita%20foi%20estimada%20em,levantamento%20em%20janeiro%20de%202020](https://www.agrolink.com.br/noticias/producao-brasileira-de-arroz-esta-estimada-em-10-5-milhoes-de-toneladas_432665.html#:~:text=A%20colheita%20foi%20estimada%20em,levantamento%20em%20janeiro%20de%202020).

Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V., & Cansell, M. (2005). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *International Dairy Journal*, 15(3), 255-262.

Hernández, H., Nunes, M. C., Prista, C., & Raymundo, A. (2022). Innovative and healthier dairy products through the addition of microalgae: A review. *Foods*, 11(5), 755.



**RCAGT**

# REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Itatiaia. (2022). Número de veganos e vegetarianos no Brasil cresce a cada dia. Disponível em: <https://www.itatiaia.com.br/noticia/numero-de-veganos-e-vegetarianos-no-brasil-cresce-a-cada-dia>. Acessado em 14/02/2023.

Januário, J.G.B, Oliveira, A. S., Dias, S. S., Klososki, S. J., & Pimentel, T. C. (2018). Kefir ice cream flavored with fruits and sweetened with honey: physical and chemical characteristics and acceptance. *International Food Research Journal*, 25(1), 179-187.

Jornal Cruzeiro do Sul. (2020). *Sorvete movimentou R\$ 13 bilhões em 2019*. Disponível em: <https://www.jornalcruzeiro.com.br/sorocaba/sorvete-movimentou-r-13-bilhoes-em-2019/>.

Legassa, O. (2020). Ice cream nutrition and its health impacts. *Acad. Res. J. Agri. Sci. Res*, 8(3), 189-199.

Mazinani, S., Fadaei, V., & Khosravi-Darani, K. (2016). Impact of *Spirulina platensis* on physicochemical properties and viability of *Lactobacillus acidophilus* of probiotic UF feta cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1318-1324.

Medeiros, V. P. B., da Costa, W. K. A., da Silva, R. T., Pimentel, T. C., & Magnani, M. (2021a). Microalgae as source of functional ingredients in new-generation foods: challenges, technological effects, biological activity, and regulatory issues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-22.

Medeiros, V. P. B., de Souza, E. L., de Albuquerque, T. M. R., da Costa Sassi, C. F., dos Santos Lima, M., Sivieri, K., ... & Magnani, M. (2021). Freshwater microalgae biomasses exert a prebiotic effect on human colonic microbiota. *Algal Research*, 60, 102547.

Medeiros, V. P. B., Pimentel, T. C., Varandas, R. C. R., Dos Santos, S. A., de Souza Pedrosa, G. T., da Costa Sassi, C. F., ... & Magnani, M. (2020). Exploiting the use of agro-industrial residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture medium. *Food Research International*, 137, 109722.

Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 87(1), 1-10.

Pimentel, T. C., da Costa, W. K. A., Barão, C. E., Rosset, M., & Magnani, M. (2021). Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. *Food Research International*, 140, 110033.



**RCAGT**

# REVISTA de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Prasad, V. S. S., Hymavathi, A., Babu, V. R., & Longvah, T. (2018). Nutritional composition in relation to glycemic potential of popular Indian rice varieties. *Food Chemistry*, 238, 29-34.

Rabelo, S. F., Lemes, A. C., Takeuchi, K. P., Frata, M. T., Carvalho, J. C. M. D., & Danesi, E. D. G. (2013). Development of cassava doughnuts enriched with *Spirulina platensis* biomass. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(1), 42-51.

Salomão, R. (2019). Conab estima safra de grãos 2019/2020 em 245,8 milhões de toneladas. Disponível em:

<https://globorural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2019/10/conab-estima-safra-de-graos-20192020-em-2458-milhoes-de-toneladas.html>.

Silva, J. M., Klososki, S. J., Silva, R., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Freitas, M. Q., ... & Pimentel, T. C. (2020a). Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components?. *LWT*, 128, 109472.

Silva, M. E. T., de Paula Correa, K., Martins, M. A., da Matta, S. L. P., Martino, H. S. D., & dos Reis Coimbra, J. S. (2020b). Food safety, hypolipidemic and hypoglycemic activities, and in vivo protein quality of microalga *Scenedesmus obliquus* in Wistar rats. *Journal of Functional Foods*, 65, 103711.

Silva, J. M., Barão, C. E., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Pimentel, T. C. (2021). Prebiotic frozen dessert processed with water-soluble extract of rice byproduct: Vegan and nonvegan consumers perception using preferred attribute elicitation methodology and acceptance. *Journal of Food Science*.

Soares Júnior, M. S., Bassinello, P. Z., Caliari, M., Velasco, P., Reis, R. C. D., & Carvalho, W. T. D. (2010). Bebidas saborizadas obtidas de extratos de quirera de arroz, arroz integral e de soja, 34, 407-413.

Souza, R. C., Magnani, M., de Medeiros, V. P. B., Marcolino, V. A., Klososki, S. J., dos Santos Lima, M., ... & Pimentel, T. C. (2023). Lacticaseibacillus casei improves textural, functional, and sensory properties and phenolics' bioaccessibility of frozen desserts prepared using water-soluble extract of rice by-product and *Spirulina platensis*. *LWT*, 183, 114794.



**RCAGT**

**REVISTA**

de Ciência de Alimentos e Gastronomia



Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 9263-9275.