



## **BEBIDA FUNCIONAL ELABORADA COM POLPA DE *Annona squamosa* E LEITE DE CABRA: INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SPIRULINA E INULINA NOS COMPOSTOS BIOATIVOS E ANTIOXIDANTES**

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>  
Newton Carlos Santos<sup>2</sup>  
Raphael Lucas Jacinto Almeida<sup>3</sup>  
Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>4</sup>

### **Promoção de saúde**

### **Resumo**

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adição de spirulina e inulina nos compostos bioativos e antioxidantes de uma bebida elaborada com polpa de *annona squamosa* e leite de cabra. Foram desenvolvidas diferentes formulações da bebida, com e sem a adição desses ingredientes. Os teores de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante foram avaliados, utilizando métodos como ABTS e DPPH. Os resultados mostraram que as formulações enriquecidas com spirulina e inulina (bebida 4) apresentaram maiores teores de compostos fenólicos e maior atividade antioxidante. Além disso, a análise de componentes principais indicou a relação entre os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante nas diferentes formulações. Esses achados sugerem que a adição de spirulina e inulina pode melhorar a composição e o valor antioxidante de bebidas funcionais. Essas informações são relevantes para a indústria de alimentos na criação de novos produtos saudáveis e com propriedades antioxidantes.

**Palavras-chave:** Propriedade funcionais, Análise de componentes principais, bebidas, antioxidantes.

---

<sup>1</sup>Bióloga e Dra. em Engenharia de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, virginia.mirtes2015@gmail.com

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia Química – PPGEQ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, newtonquimicoindustrial@gmail.com

<sup>3</sup>Doutorando em Engenharia Química – PPGEQ, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, raphaelqindustrial@gmail.com

<sup>4</sup>Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, victor\_herbert@hotmail.com



## INTRODUÇÃO

Frutas e vegetais são conhecidos por seu rico conteúdo de compostos bioativos, que têm sido associados a diversos benefícios à saúde. Nos últimos anos, tem havido um interesse crescente no desenvolvimento de bebidas funcionais que incorporem esses compostos bioativos para promover a saúde e o bem-estar (NAIK et al., 2023). Nesse contexto, as bebidas de frutas estão ganhando popularidade porque fornecem uma maneira simples e confortável de ingerir frutas ricas em componentes promotores de saúde. Assim, a demanda por sucos de frutas frescas e de alta qualidade está em constante expansão em todo o mundo, especialmente porque há uma crescente conscientização sobre os benefícios de integrar sucos e líquidos saudáveis na dieta humana em vez de refrigerantes e bebidas açucaradas (BARIK et al., 2023).

A pinha (*Annona squamosa*) pertence à família Annonaceae é uma fruta tropical apreciada por seu sabor único e valor nutricional. A fruta é composta por compostos fenólicos, flavonoides e vitamina C em abundância. Sua polpa é muito doce com sabor agradável e aroma característico, portanto, a fruta é considerada saudável e saborosa entre a ampla gama da população. A pinha amadurece rapidamente, mesmo em temperatura ambiente, tornando o processamento difícil e limitado no tempo (DABIR e ANANTHANARAYAN, 2017). O leite de cabra, por sua vez, tem ganhado destaque como uma alternativa ao leite de vaca devido à sua composição única e aos potenciais benefícios à saúde. Ele é conhecido por seu alto teor de proteínas, baixo teor de lactose e maior facilidade de digestão em comparação com o leite de vaca. Além disso, o leite de cabra contém peptídeos bioativos e minerais que contribuem para seu valor nutricional (WEN et al., 2023).

A spirulina e a inulina são dois ingredientes funcionais que têm recebido bastante atenção na indústria de alimentos. A spirulina é uma microalga azul-esverdeada conhecida por seu alto teor de proteínas e como fonte rica de vitaminas, minerais e antioxidantes (ÖZYURT et al., 2023). A inulina, por sua vez, é um tipo de fibra alimentar com propriedades prebióticas que pode melhorar o perfil nutricional dos produtos alimentícios (LOU et al., 2023). Compreender como esses ingredientes interagem e influenciam as

Realização





propriedades bioativas e antioxidantes do produto final pode fornecer informações valiosas para o desenvolvimento de bebidas funcionais com benefícios à saúde aprimorados (BARIK et al., 2023).

Considerando os potenciais benefícios à saúde da *Annona squamosa*, do leite de cabra, da spirulina e da inulina, é interessante explorar seus efeitos combinados no desenvolvimento de uma bebida funcional. Especificamente, este estudo tem como objetivo avaliar o impacto da incorporação da spirulina e da inulina nos compostos bioativos e antioxidantes de uma bebida elaborada com polpa de *Annona squamosa* e leite de cabra.

## METODOLOGIA

### Materiais

Para realização desse estudo foram utilizadas pinhas (*Annona squamosa*) maduras fornecidas pela Central de Abastecimento Agrícola (CEASA). Leite de cabra (Caprilat<sup>®</sup>), spirulina (NutraNatus<sup>®</sup>) e inulina (ingredientesonline<sup>®</sup>) ambos foram adquiridos no comércio local. Todos os reagentes eram de grau analítico.

### Obtenção da polpa

Para obtenção da polpa os frutos foram inicialmente lavados em água corrente e sanitizados em uma solução de hipoclorito de sódio (200ppm/5 min). Após limpeza e sanitização, os frutos foram despulpados manualmente e as frações foram divididas em polpa, casca e sementes. A polpa foi submetida a uma etapa de pasteurização seguindo o protocolo experimental proposto por Santos et al. (2020). Para isso, a polpa foi acondicionada em recipientes de vidro e em seguida foram pasteurizadas por imersão em água à 65 °C durante 30 mim. Para evitar o excesso de calor, os recipientes foram resfriados em água corrente.

Realização





## Desenvolvimento das bebidas

Foram desenvolvidas quatro formulações de bebidas, sendo uma formulação padrão contendo apenas polpa de pinha (65%) e leite de cabra (35%) (Bebida 1). E as outras contendo a mesma proporção de polpa de pinha e leite de cabra da formulação padrão, no entanto, uma com adição de 1,2% de spirulina (Bebida 2) e uma com adição de 0,9% de inulina (Bebida 3); por fim, na última formulação (Bebida 4) adicionou-se as mesmas concentrações de spirulina e inulina das bebidas 2 e 3, respectivamente. Para obtenção das bebidas, a polpa e o leite de cabra foram misturados com auxílio de um liquidificador doméstico (Figura 1) e de acordo com cada formulação a spirulina e inulina foram adicionadas nas proporções estabelecidas.



Figura 1. Principais etapas para obtenção das bebidas

Fonte: Própria (2023).

## Determinação de compostos fenólicos totais

A análise de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, seguindo o protocolo experimental proposto por

Realização



Karabacak et al. (2022). Para isso, 0,5 mL do extrato foi misturado com 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído 3 vezes com água). Após 5 min, 1 mL de solução saturada de carbonato de sódio (35%) foi adicionado à mistura, agitado no vórtex e diluído para 3 mL com 1 mL de água destilada. Posteriormente, o diluente foi mantido no escuro por 30 min, a absorbância foi lida com o espectrofotômetro a 700 nm. Uma curva de calibração linear multiponto ( $R^2=0,9992$ ) foi construída com soluções padrão de ácido gálico com concentrações variando entre 5 e 50 ppm. Os resultados foram calculados a partir da função linear da curva e expressos em mg equivalente de ácido gálico (GAE)/100 g de amostra.

### **Atividade antioxidante**

A atividade antioxidante foi avaliada em todas as amostras, usando dois métodos diferentes em triplicata. Para o ensaio de DPPH, extrato aquoso (1,0 mL) foi misturado com 1 mL de reagente DPPH 0,2 mM, a absorbância das amostras foi determinada em 515 nm usando o leitor UV-visível. Os resultados foram estimados em  $\mu\text{M}$  de Trolox por g de amostra (RUFINO et al., 2007). No método ABTS, 150  $\mu\text{L}$  de extrato foram adicionados a 2,85 mL de solução aquosa de ABTS. A mistura foi agitada vigorosamente e incubada no escuro por 6 min antes da absorbância ser determinada em 734 nm usando o leitor UV-visível. Diferentes concentrações de Trolox (10 -100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) foram medidas como uma curva padrão e a atividade de ABTS foi expressa como  $\mu\text{M}$  de Trolox por g de amostra (GONG et al., 2023).

### **Análise estatística**

Os dados experimentais analisados em triplicata ( $n = 3$ ) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ), utilizando o software estatístico SPSS versão 20 (SPSS Inc.). A análise de componentes principais (PCA) foi realizada a fim de estudar a relação entre os compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das diferentes bebidas formuladas utilizou-se o Statistica 10 software (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) para análise dos dados.

#### **Realização**





## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os teores de compostos fenólicos totais da polpa de pinha e das bebidas elaboradas com polpa de pinha, leite de cabra, spirulina e inulina. Os compostos fenólicos são conhecidos por suas propriedades antioxidantes e podem desempenhar um papel importante na promoção da saúde (LI et al., 2022). Nesta tabela, são fornecidos os valores quantitativos desses compostos para cada amostra analisada.

Tabela 1. Teores de compostos fenólicos totais da polpa de pinha e de bebidas elaboradas com polpa de pinha, leite de cabra, spirulina e inulina.

Amostras	Fenólicos totais (mg GAE/100g)
Polpa	3,25 ± 0,12e
Bebida 1	5,56 ± 0,51d
Bebida 2	11,09 ± 0,66b
Bebida 3	6,35 ± 0,16c
Bebida 4	13,22 ± 0,89a

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferiram significativamente entre as amostras estudadas ( $p > 0,05$ ). Bebida 1: composta de polpa de pinha e leite de cabra. Bebida 2: composta de polpa de pinha, leite de cabra e spirulina. Bebida 3: composta de polpa de pinha, leite de cabra e inulina. Bebida 4: composta de polpa de pinha, leite de cabra, spirulina e inulina.

A polpa de pinha apresentou 3,25 mg GAE/100g de compostos fenólicos. No entanto, observa-se que houve diferenças significativas nos teores de compostos fenólicos entre as diferentes formulações de bebidas desenvolvidas, destaque para bebida 4 que apresentou o maior teor (13,22 mg GAE/100g). Esses resultados indicam que a adição de leite de cabra, spirulina e inulina influenciou a quantidade desses compostos na bebida, resultando em variações nos teores totais de compostos fenólicos. Essa variação pode estar relacionada às interações entre os ingredientes e suas propriedades bioativas (METEKIA et al., 2022). Lucas et al. (2023) relataram em seus estudos que produtos enriquecidos

Realização





com espirulina tem maior probabilidade de serem incluídos na alimentação de pessoas que buscam melhoria da qualidade de vida.

A Tabela 2 apresenta os resultados da atividade antioxidante, medida pelos ensaios ABTS e DPPH, da polpa de pinha e das bebidas elaboradas com polpa de pinha, leite de cabra, spirulina e inulina. A atividade antioxidante é um importante indicador do potencial de combate aos radicais livres e da capacidade de proteção das células contra danos oxidativos (LOU et al., 2012).

Tabela 2. Atividade antioxidante (ABTS e DPPH) da polpa de pinha e de bebidas elaboradas com polpa de pinha, leite de cabra, spirulina e inulina.

Amostras	ABTS ( $\mu\text{M Trolox/g}$ )	DPPH ( $\mu\text{M Trolox/g}$ )
Polpa	$0,83 \pm 0,01\text{e}$	$0,12 \pm 0,01\text{e}$
Bebida 1	$1,15 \pm 0,03\text{d}$	$0,56 \pm 0,02\text{d}$
Bebida 2	$2,96 \pm 0,05\text{b}$	$1,34 \pm 0,04\text{b}$
Bebida 3	$1,75 \pm 0,01\text{c}$	$0,72 \pm 0,02\text{c}$
Bebida 4	$3,58 \pm 0,02\text{a}$	$1,83 \pm 0,05\text{a}$

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferiram significativamente entre as amostras estudadas ( $p > 0,05$ ). Bebida 1: composta de polpa de pinha e leite de cabra. Bebida 2: composta de polpa de pinha, leite de cabra e spirulina. Bebida 3: composta de polpa de pinha, leite de cabra e inulina. Bebida 4: composta de polpa de pinha, leite de cabra, spirulina e inulina.

Neste estudo, observou-se que os valores de atividade antioxidante foram significativamente diferentes entre as diferentes formulações. Para o método ABTS, os valores variaram de 1,15 a 3,58  $\mu\text{M Trolox/g}$ , enquanto para o método DPPH, variaram de 0,56 a 1,83  $\mu\text{M Trolox/g}$ . Interessantemente, a bebida 4 apresentou os maiores valores de atividade antioxidante para ambos os métodos. Além disso, houve uma correlação positiva entre a atividade antioxidante e os teores de compostos fenólicos, indicando que esses compostos podem ser os principais responsáveis pela atividade antioxidante observada (SANTOS et al., 2023).

Realização



Uma possível justificativa para a bebida com adição de spirulina e inulina ter apresentado o maior valor de atividade antioxidante pode estar relacionada às propriedades desses ingredientes. A spirulina é uma microalga rica em compostos antioxidantes, como a ficocianina e os carotenoides, que possuem forte capacidade de neutralizar os radicais livres (MAAG et al., 2022). Por sua vez, a inulina é uma fibra solúvel que atua como prebiótico, estimulando o crescimento de bactérias benéficas no intestino. Essas bactérias produzem compostos com atividade antioxidante, o que pode explicar a maior atividade antioxidante observada na bebida com adição de inulina (BESTER et al., 2023). Assim, a combinação desses ingredientes na formulação da bebida pode ter sinergia de efeitos e contribuir para o aumento da atividade antioxidante, conferindo benefícios adicionais à saúde.

A Figura 2 apresenta a análise de componentes principais (PCA) realizada para estudar a relação entre os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante das diferentes bebidas formuladas.

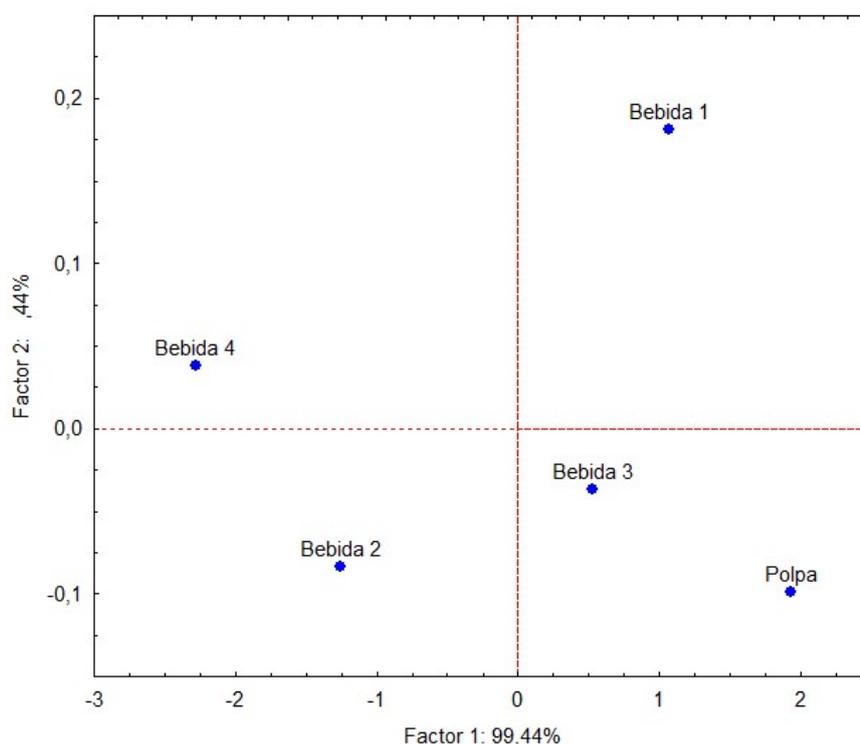


Figura 2. Análise de componentes principais (PCA).

Realização





A PCA é uma técnica estatística multivariada que permite reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar padrões e correlações entre as variáveis analisadas (CALLE et al., 2023). Os autovalores dos dois primeiros componentes principais explicam todas as variâncias, respondendo por uma contribuição de variância total de 99,88%. O fator 1 ocupou 99,44% da variância total, enquanto o fator 2 ocupou 0,44%. Esses dois componentes principais foram utilizados para explicar a maioria das informações totais das amostras, possibilitando uma visualização clara da distribuição das diferentes formulações de bebidas no espaço em relação aos compostos fenólicos totais e à atividade antioxidante. Isso proporciona uma compreensão mais abrangente da influência dos ingredientes utilizados nas bebidas e sua relação com a atividade antioxidante.

## CONCLUSÕES

Em conclusão, este estudo demonstrou que a adição de spirulina e inulina em uma bebida elaborada com polpa de *annona squamosa* e leite de cabra resultou em aumento significativo nos teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. A bebida enriquecida com esses dois ingredientes (Bebida 4) apresentou os maiores valores de compostos fenólicos (13,22 mg GAE/100g) e atividade antioxidante (3,58  $\mu$ M Trolox/g, método ABTS), indicando seu potencial para promover benefícios à saúde. Além disso, a análise de componentes principais revelou a relação entre os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante nas diferentes formulações de bebidas. Esses resultados sugerem que a adição de spirulina e inulina pode melhorar a composição e o valor antioxidante de bebidas funcionais, tornando-as opções promissoras para uma alimentação saudável. No entanto, são necessárias mais pesquisas para compreender completamente os mecanismos envolvidos e explorar o potencial desses ingredientes em outras formulações e aplicações.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa fornecida durante a realização deste estudo.

Realização





## REFERÊNCIAS

BARIK, A., PALLAVI, P., SEN, S. K., RAJHANS, G., BOSE, A., & RAUT, S. Fortification of orange juice with microencapsulated *Kocuria flava* Y4 towards a novel functional beverage: Biological and quality aspects. **Heliyon**, p. e17509, 2023.

BESTER, A., O'BRIEN, M., COTTER, P. D., DAM, S., & CIVAI, C. Shotgun Metagenomic Sequencing Revealed the Prebiotic Potential of a Fruit Juice Drink with Fermentable Fibres in Healthy Humans. **Foods**, v. 12, n. 13, p. 2480, 2023.

CALLE, J. L. P., VÁZQUEZ-ESPINOSA, M., BAREA-SEPÚLVEDA, M., RUIZ-RODRÍGUEZ, A., FERREIRO-GONZÁLEZ, M., & PALMA, M. Novel Method Based on Ion Mobility Spectrometry Combined with Machine Learning for the Discrimination of Fruit Juices. **Foods**, v. 12, n. 13, p. 2536, 2023.

DABIR, M. P.; ANANTHANARAYAN, L. Effect of thermosonication on peroxidase, pectin methylesterase activities and on bioactive compounds in custard apple juice. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, p. 1623-1629, 2017.

GONG, Y., LI, J., LI, J., FAN, L., & WANG, L. Influence of Ultrasound-Assisted Vacuum Drying on Physicochemical Characteristics, Antioxidant Activity, and  $\alpha$ -Glucosidase Inhibition Activity of Flos Sophorae Immaturus. **Foods**, v. 12, n. 3, p. 671, 2023.

KARABACAK, A. O., TUNÇKAL, C., TAMER, C. E., ÇOPUR, Ö. U., & YOLCI ÖMEROĞLU, P. Bioaccessibility of total phenolics and antioxidant activity of melon slices dried in a heat pump drying system. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 16, n. 3, p. 2154-2171, 2022.

LI, X., WANG, Z., XING, C., CHEN, Z., SUN, W., SUN, C., ... & WANG, X. Feasibility of total polar compound and its five components to evaluate the deterioration of heated and fried oil: Aspect of regulations of various countries. **LWT**, v. 171, p. 114153, 2022.

LOU, H., HU, Y., ZHANG, L., SUN, P., & LU, H. Nondestructive evaluation of the changes of total flavonoid, total phenols, ABTS and DPPH radical scavenging activities, and sugars during mulberry (*Morus alba* L.) fruits development by chlorophyll fluorescence and RGB intensity values. **LWT-food science and technology**, v. 47, n. 1, p. 19-24, 2012.

LOU, X., YUE, C., LUO, D., LI, P., ZHAO, Y., XU, Y., ... & BAI, Z. Effects of natural inulin on the rheological, physicochemical and structural properties of frozen dough during frozen storage and its mechanism. **LWT**, p. 114973, 2023.

LUCAS, B. F., COSTA, J. A. V., BRUNNER, T. A. Attitudes of consumers toward Spirulina and açai and their use as a food ingredient. **LWT**, v. 178, p. 114600, 2023.

MAAG, P., DIRR, S., ÖZMUTLU KARSLIOĞLU, Ö. Investigation of Bioavailability and Food-Processing Properties of *Arthrospira platensis* by Enzymatic Treatment and Micro-Encapsulation by Spray Drying. **Foods**, v. 11, n. 13, p. 1922, 2022.

Realização





METEKIA, W. A., USMAN, A. G., ULUSOY, B. H., ABBA, S. I., & BALI, K. C. Artificial intelligence-based approaches for modeling the effects of spirulina growth mediums on total phenolic compounds. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 2, p. 1111-1117, 2022.

NAIK, B., KOHLI, D., WALTER, N., GUPTA, A. K., MISHRA, S., KHAN, J. M., ... & KUMAR, V. Whey-carrot based functional beverage: Development and storage study. **Journal of King Saud University-Science**, p. 102775, 2023.

ÖZYURT, G., USLU, L., DURMUŞ, M., SAKARYA, Y., UZLAŞIR, T., & KÜLEY, E. Chemical and physical characterization of microencapsulated Spirulina fermented with Lactobacillus plantarum. **Algal Research**, v. 73, p. 103149, 2023.

RUFINO, M. D. S. M., ALVES, R. E., DE BRITO, E. S., DE MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. D. G., PÉREZ-JIMENEZ, J., & SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SANTOS, N. C., ALMEIDA, R. L. J., DA SILVA, L. R. I., DOS SANTOS PEREIRA, T., DE ALCÂNTARA SILVA, V. M., DA SILVA EDUARDO, R., ... & DE ALCÂNTARA RIBEIRO, V. H. Pasteurização da polpa e da casca do fruto do mandacaru (Cereus jamacaru). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e403974027-e403974027, 2020.

SANTOS, N. C., ALMEIDA, R. L. J., DE ANDRADE, E. W. V., MEDEIROS, M. F. D., PEDRINI, M. R. S. Effects of drying conditions and ethanol pretreatment on the techno-functional and morpho-structural properties of avocado powder produced by foam-mat drying. **Journal of Food Measurement and Characterization**, p. 1-13, 2023.

WEN, C., CHEN, Y., ZHANG, L., PENG, Y., RONG, B., XI, L., ... & DING, W. Identification and characterization of goat milk key flavor compounds and their precursors in electron beam irradiation and pasteurization on raw. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, p. 103416, 2023.

Realização

