

COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE SABORIZAÇÃO COM ACEROLA (*Malpighia emarginata* DC.) NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BIOATIVIDADE DE KOMBUCHAS DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

COMPARISON OF FLAVORING METHODS WITH ACEROLA (*Malpighia emarginata* DC.) ON THE PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY AND BIOACTIVITY OF KOMBUCHA DURING REFRIGERATED STORAGE

DOI: 10.65747/conali2025v1c11

Laiza de Andrade Santos¹; Amanda Rodrigues de Sousa Ehler²; Rayane Lycia Ferreira Duvale³; Camila Cristina da Silva Lopes⁴; Maria Conceição Ramos da Soledade Bezerra Silva⁵; Marcelo Barbosa Muniz⁶

¹Discente do Curso de Engenharia Química - CT – UFPB; ²Graduada do curso de Biotecnologia – CBIOTEC – UFPB; ^{3,4}Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos - CT - UFPB; ⁵Doutora em Ciência e Engenharia de Materias, UFSCar; ⁶Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos - CT - UFPB;

Contato: laiza.andrade@academico.ufpb.br

Resumo: A kombucha é uma bebida fermentada com reconhecido potencial funcional. A adição de frutas na saborização, como a acerola, pode intensificar suas propriedades antioxidantes e aprimorar o perfil sensorial. No entanto, a eficiência dessa incorporação depende da técnica utilizada, uma vez que diferentes métodos influenciam a liberação e retenção de compostos bioativos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto de diferentes técnicas de saborização da kombucha de chá branco com acerola sobre características físico-químicas e bioativas durante o armazenamento refrigerado. A kombucha tradicional foi produzida com chá branco adoçado e fermentado por 10 dias, sendo posteriormente saborizada com acerola por três técnicas: infusão da fruta macerada (AIN), suco prensado a frio (APR) e polpa comercial (APO). As amostras foram analisadas nos dias 0, 7 e 14 de armazenamento refrigerado pós saborização quanto a pH, acidez, açúcares, compostos fenólicos, atividade antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP) e cor instrumental. APR promoveu maior acidez e atividade antioxidante inicial, enquanto AIN apresentou maior liberação de fenólicos e desempenho superior ao final da fermentação. APO apresentou menores valores bioativos, associados ao processamento industrial. A análise de cor indicou maior intensidade e saturação na AIN, atribuída à extração eficiente de antocianinas e flavonoides. Conclui-se que os métodos de saborização influenciaram a liberação de compostos bioativos e a atividade antioxidante, com AIN preservando melhor compostos fenólicos e APR favorecendo a extração de açúcares e ácidos. A adição de acerola macerada foi mais eficiente para incorporar maior potencial antioxidante, resultando em kombuchas com desempenho funcional potencializado.

Palavras-chave: atividade antioxidante; bebida fermentada; compostos fenólicos; fruta tropical.

Abstract: Kombucha is a fermented beverage with recognized functional potential. The addition of fruits in flavoring, such as acerola, can enhance its antioxidant properties and improve its sensory

profile. However, the efficiency of this incorporation depends on the technique used, as different methods influence the release and retention of bioactive compounds. In this context, the aim of this study was to evaluate the impact of different flavoring techniques of white tea kombucha with acerola on physicochemical and bioactive characteristics during refrigerated storage. Traditional kombucha was prepared with sweetened white tea and fermented for 10 days, and then flavored with acerola using three techniques: infusion of macerated fruit (AIN), cold-pressed juice (APR), and commercial pulp (APO). Samples were analyzed on days 0, 7, and 14 of refrigerated storage after flavoring for pH, acidity, sugars, phenolic compounds, antioxidant activity (DPPH, ABTS, FRAP), and instrumental color. APR promoted higher initial acidity and antioxidant activity, while AIN showed greater release of phenolics and superior performance at the end of fermentation. APO exhibited the lowest bioactive values, associated with industrial processing. Color analysis indicated higher intensity and saturation in AIN, attributed to efficient extraction of anthocyanins and flavonoids. It is concluded that the flavoring methods influenced the release of bioactive compounds and antioxidant activity, with AIN better preserving phenolic compounds and APR favoring the extraction of sugars and acids. The addition of macerated acerola was the most efficient technique for enhancing antioxidant potential, resulting in kombuchas with improved functional performance.

Keywords: antioxidant activity; fermented beverage; fruta tropical; phenolic compounds; tropical fruit

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o interesse por alimentos com propriedades funcionais tem crescido significativamente, impulsionado por uma mudança no comportamento dos consumidores, que passam a valorizar produtos capazes de promover a saúde e prevenir doenças (1). Nesse cenário, destaca-se a kombucha, uma bebida antiga originária da China, produzida a partir da fermentação aeróbia do chá da *Camellia sinensis* com associação de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras chamada *SCOBY* (*symbiotic culture of bacteria and yeast*) (2). Nos últimos anos, a kombucha tem se destacado nas esferas científica e industrial devido ao seu potencial funcional, especialmente pelas suas propriedades desintoxicantes, antioxidantes e anti-inflamatórias amplamente documentados (3).

Na indústria, o processo de saborização constitui uma etapa estratégica, voltada à incorporação de compostos capazes de conferir sabor, cor, aroma e propriedades bioativas à bebida, além de potencializar sua atratividade sensorial junto aos consumidores. No entanto, a definição do método de saborização mais adequado permanece um desafio, considerando que diferentes técnicas podem impactar significativamente as características físico-químicas, sensoriais e funcionais do produto final (4).

O conhecimento sobre os efeitos das diferentes técnicas de saborização é essencial para a indústria e para produtores de bebidas fermentadas, pois permite a escolha estratégica do método que melhor favorece a extração e preservação de compostos bioativos, como fenólicos e antioxidantes. Essa tomada de decisão pode resultar não apenas em produtos com maior perfil bioativo, mas também em menor custo de produção, maior estabilidade e maior apelo mercadológico. Técnicas mais eficientes podem ser exploradas como diferencial competitivo em

estratégias de marketing voltadas ao consumidor que busca alimentos saudáveis, contribuindo para a inovação e expansão no mercado de bebidas funcionais (1, 10, 11, 12).

Diversas técnicas de saborização têm sido empregadas na inserção de frutas em bebidas fermentadas, com o objetivo de agregar valor sensorial e funcional. Entre elas, destacam-se a maceração (5), a infusão (6, 7) e a prensagem (8). Embora amplamente utilizadas, ainda são escassos os estudos que avaliem os efeitos específicos dessas práticas na liberação de compostos bioativos da acerola (*Malpighia emarginata*), fruto nativo da América tropical e amplamente cultivado no Brasil. A acerola destaca-se por sua expressiva atividade antioxidante, atribuída principalmente à presença de compostos fenólicos como ácido gálico, ácido ferúlico, ácido clorogênico e flavonoides totais, cuja concentração pode variar conforme a variedade, o grau de maturação e o método de processamento da fruta (9).

Nesse contexto, a adição de acerola na saborização de kombuchas elaboradas com chá branco pode representar uma estratégia relevante para o desenvolvimento de bebidas funcionais com maior aporte de compostos bioativos. Embora o chá branco apresente perfil fenólico característico, sua capacidade antioxidante geralmente é inferior à observada em kombuchas produzidas a partir de chá verde ou chá preto (13,14). Por outro lado, seu caráter sensorial mais suave, marcado por notas doces, florais e frutadas, aliado à menor intensidade de amargor e adstringência, favorece a aceitação por consumidores menos habituados a bebidas fermentadas (15). Dessa maneira, a incorporação de acerola, reconhecida por seu elevado teor de compostos antioxidantes, surge como uma alternativa para intensificar a atividade antioxidante dessas formulações, ao mesmo tempo em que preserva ou amplia sua atratividade sensorial.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes técnicas de saborização com acerola em kombuchas de chá branco, considerando sua influência sobre a atividade antioxidante, o teor de compostos fenólicos totais e os parâmetros de cor durante o armazenamento refrigerado.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias-primas

O chá branco utilizado na elaboração das kombuchas foi adquirido em loja de produtos naturais na cidade de João Pessoa (PB, Brasil), da marca QLY Ervas (São Paulo, Brasil). A cultura *starter* foi obtida por doação de uma produtora artesanal em João Pessoa. As acerolas foram adquiridas em feira livre local, enquanto o açúcar cristal e a polpa congelada de acerola comercial (isenta de conservantes) foram obtidos em supermercados da região. As acerolas *in natura* foram higienizadas, sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm e armazenadas em sacos tipo ziplock a -18 °C, até o momento da saborização.

Preparo do Chá

Para o preparo do chá, 2 L de água foram aquecidos em panela de inox até atingir 80 °C. Em seguida, a fonte de calor foi desligada, e adicionaram-se 10 g de folhas de chá branco, que permaneceram em infusão por 15 minutos. Após esse período, a infusão foi filtrada com o auxílio de um tecido branco tipo voal, previamente higienizado e sanitizado, e adicionou-se sacarose a 7 % (p/v) sob agitação manual até completa dissolução.

Fermentação do chá branco

O chá adoçado foi transferido para um biorreator de vidro com capacidade de 3 L e mantido em repouso até atingir a temperatura ambiente (27 ± 2 °C), para posterior inoculação com 10 % (v/v) da cultura *starter* e 3 % (p/v) de placa de SCOBY (16). O biorreator foi coberto com tecido de voal para reduzir contaminações e permitir a aeração. A fermentação foi conduzida em condições aeróbicas, à temperatura ambiente (27 ± 2 °C), durante 10 dias. Após esse período, o SCOBY foi retirado manualmente e a bebida filtrada com tecido de voal. Após a filtragem, obteve-se a kombucha tradicional (KCB), utilizada como base para os tratamentos de saborização.

Saborização da kombucha

Na etapa de saborização da bebida, foram aplicados três tratamentos distintos, utilizando 10% (p/v) de acerola em relação ao volume de KCB. No primeiro tratamento (APO), foi adicionada à bebida a polpa de acerola comercial. No segundo (AIN), acerolas *in natura* foram maceradas manualmente e mantidas em infusão direta na bebida por 20 horas em biorreator fechado, sob temperatura controlada (5 ± 1 °C). O terceiro tratamento (APR) consistiu na adição do suco da fruta obtido por prensagem a frio com prensa hidráulica manual (30 toneladas, marca SKAY). Em todos os casos, após aplicação das técnicas de saborização, as bebidas foram homogeneizadas, filtradas, envasadas em garrafas de 100 mL e armazenadas sob temperatura controlada (5 ± 1 °C).

As amostras foram coletadas nos tempos 0, 7 e 14 dias para análise das características físico-químicas, quantificação de compostos fenólicos totais e avaliação da capacidade antioxidante. A análise instrumental de cor foi realizada no 14º dia de armazenamento sob refrigeração.

Análises físico-químicas

O pH das kombuchas foi medido por meio de um medidor de pH digital da Quimis (São Paulo, Brasil). A acidez total titulável das amostras foi determinada por meio de titulação com NaOH 0,1 M, com o desfecho identificado pela mudança de cor da fenolftaleína em pH 8,2. A acidez total titulável foi expressa como a porcentagem de ácido acético (17). Os teores de açúcares redutores (AR) e totais (AT) foram determinados por espectrofotometria, segundo o método do ácido

dinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (18), utilizando um espectrofotômetro UV-Vis (ASTRAL CIENTÍFICA, EEQ9011J.UV). Para a análise de AR, 0,5 mL da amostra diluída foi misturado com 0,5 mL do reagente DNS, aquecido em banho-maria fervente por 5 minutos, resfriado à temperatura ambiente, diluído com 4,0 mL de água destilada e, então, a absorbância foi lida a 540 nm. Para AT, 0,5 mL das amostras foram previamente hidrolisadas com 0,5 mL de HCl 2 M, aquecidas nas mesmas condições e neutralizadas com 1,5 mL de NaOH 1 M antes de seguir com o procedimento do DNS de forma idêntica à análise de AR. Os resultados foram expressos em gramas por litro.

Capacidade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada por meio dos testes de inibição dos radicais DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS) e pelo método de poder redutor do íon ferroso (FRAP), com leituras de absorbância realizadas em espectrofotômetro UV-vis (ASTRAL CIENTÍFICA, EEQ9011J.UV). O ensaio com DPPH foi realizado segundo a metodologia de Rufino et al. (19), na qual 0,1 mL da amostra foi reagido com 3,9 mL da solução de DPPH, sendo a absorbância lida a 515 nm após 30 minutos em ambiente escuro. O teste com ABTS baseou-se no método descrito por Re et al. (20), no qual 30 µL da amostra foram adicionados a 3000 µL da solução de ABTS, com leitura da absorbância a 734 nm após 6 minutos.

O método FRAP, adaptado de Benzie e Strain (21), consistiu na reação de 90 µL da amostra com 270 µL de água e 2,7 mL do reagente FRAP (composto por uma solução tampão de acetato, TPTZ — 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina — e solução aquosa de cloreto férrico, pH 3,6), incubado a 37 °C por 30 minutos, com leitura a 593 nm. Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes de Trolox (TE)/100 mL.

Compostos fenólicos totais

A determinação dos fenólicos totais seguiu o protocolo descrito por Biluca et al. (22), no qual 50 µL da amostra foram adicionados a 250 µL do reagente de Folin-Ciocalteu e, em seguida, a 750 µL de solução de carbonato de sódio a 20% (m/v). Após incubação por 2 horas, a absorbância foi medida a 765 nm em espectrofotômetro UV-vis (ASTRAL CIENTÍFICA, EEQ9011J.UV). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (mg GAE) por 100 mL.

Cor instrumental

A cor foi avaliada por meio de um colorímetro portátil Minolta® CR300. O sistema utilizado foi o CIEL*a*b*, onde foram medidas as coordenadas: L*, representando a luminosidade em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco); a* que representa uma escala de tonalidade variando de vermelho (0 + a) a verde (0 - a) e b* que representa uma escala de amarelo (0 + b) a azul (0 - b).

Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e dos compostos antioxidantes foram submetidos à análise de variância de dois fatores (two-way ANOVA) e, quando verificado efeito significativo ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o software Statistica® (versão 12). Para a análise de cor, empregou-se a análise de variância de um fator (one-way ANOVA), também seguida do teste de Tukey. Para as comparações dos parâmetros de cor em relação à kombucha não saborizada (controle), utilizou-se ANOVA seguida do teste post hoc de Dunnett, com nível de significância de 5%. Todos os resultados foram expressos como média de três repetições \pm desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físico-químicas da kombucha tradicional

A caracterização físico-química da kombucha tradicional ao final de 10 dias de fermentação está apresentada na Tabela 1. Nesse período, a kombucha elaborada com chá branco apresentou pH de 3,23, valor superior ao reportado por Zheng et al. (23), que observou pH de aproximadamente 2,5 após sete dias de fermentação utilizando o mesmo tipo de chá como substrato. Ainda assim, o valor obtido encontra-se dentro da faixa estabelecida pela legislação brasileira, que determina limites entre 2,5 e 4,2 para bebidas fermentadas não alcoólicas (IN nº 41/2019) (24). A diferença observada pode ser atribuída a fatores como a variação do perfil microbiológico da cultura utilizada, como o observado por Malbaša et al. (25) que avaliou starters com diferentes composições microbiológicas, a composição química das folhas, a origem geográfica do chá, além de condições específicas do processo fermentativo, como temperatura e tempo. Por outro lado, o valor se aproxima do observado por Alves (26), que relatou pH de 3,14 no décimo dia de fermentação em condições similares.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e compostos bioativos da kombucha tradicional

| Análises | KCB |
|--------------------------------------|---------------------|
| pH | 3,23 \pm 0,05 |
| Acidez (g ácido acético/100 mL) | 0,37 \pm 0,01 |
| Açúcares Totais (g/L) | 56,44 \pm 0,90 |
| Açúcares Redutores (g/L) | 56,44 \pm 0,90 |
| FRAP (μ mol/100 mL) | 997,1 \pm 33,18 |
| ABTS (μ mol/100 mL) | 1723,71 \pm 46,22 |
| DPPH (μ mol/100 mL) | 2770,82 \pm 21,03 |
| Fenólicos totais (mg Ac Gál./100 mL) | 29,81 \pm 0.351 |

A acidez observada na kombucha deste estudo foi superior (0,37 g/100mL) àquela reportada por Alves et al. (26), que encontrou valores entre 0,119 e 0,227 g/100 mL em kombucha elaborada com chá verde após 10 dias de fermentação. De forma semelhante, outro estudo (27) registrou acidez de 0,20 g/100 mL aos 5 dias de fermentação, também utilizando chá verde como substrato. Esses resultados corroboram a ideia de que o chá branco pode conferir maior acidez à bebida em comparação ao chá verde, possivelmente devido ao seu processamento no qual não há a inativação de enzimas oxidativas (26).

Em relação à composição de açúcares da KCB, observou-se que, ao final da fermentação, a concentração de açúcares totais atingiu 56,44 g/L. Considerando que a bebida foi inicialmente formulada com 70 g/L de sacarose, esse valor indica um consumo aproximado de 20% dos açúcares adicionados no início do processo fermentativo. Esse resultado corrobora com o de Zheng et al. (23), que relataram concentrações semelhantes após sete dias de fermentação. Essa quantidade residual de açúcar ocorre devido à reduzida velocidade de fermentação na kombucha, especialmente durante sua fase inicial, pois há uma competição dos microorganismos pelo substrato. Como a fermentação da kombucha pode se estender por várias semanas, e até por mais de 30 dias em práticas tradicionais (28), a presença de açúcares residuais após um ciclo de fermentação mais curto, como o de 7 a 14 dias, é considerada esperada.

A concentração de açúcares redutores ao final da primeira fermentação foi de 13,45 g/L, representando a fração da sacarose hidrolisada em glicose e frutose. Esses monossacarídeos são utilizados pelas leveduras na produção de etanol, e também para a produção de ácidos orgânicos pelas bactérias acéticas (26). A disponibilidade desses açúcares é essencial para o avanço da fermentação, impactando tanto a atividade microbiana quanto características sensoriais, como dulçor e acidez.

O teor de compostos fenólicos totais obtido na kombucha de chá branco foi de $29,809 \pm 0,351$ mg ác gál/100 mL, valor superior ao encontrado por Jakubczyk et al. (13) após 14 dias de fermentação ($22,81 \pm 0,5$ mg ác gál/100 mL), ainda segundo a autora, o conteúdo de fenólicos totais dos chás estudados aumentou progressivamente ao longo da fermentação. De acordo com Alves et al. (26), essa concentração pode variar significativamente em função dos parâmetros iniciais da fermentação, como a quantidade de folhas de chá, a concentração de açúcar e a proporção de inóculo utilizados no preparo da bebida.

Os compostos fenólicos são antioxidantes naturais presentes em plantas, conhecidos por sua capacidade de neutralizar radicais livres. Em bebidas fermentadas como a kombucha, esses compostos podem ser potencializados pela ação microbiana ao longo do processo fermentativo. Além disso, segundo Paiva et al. (29), o chá branco tende a apresentar maior concentração de compostos fenólicos totais em comparação com variedades como o chá preto ou o oolong.

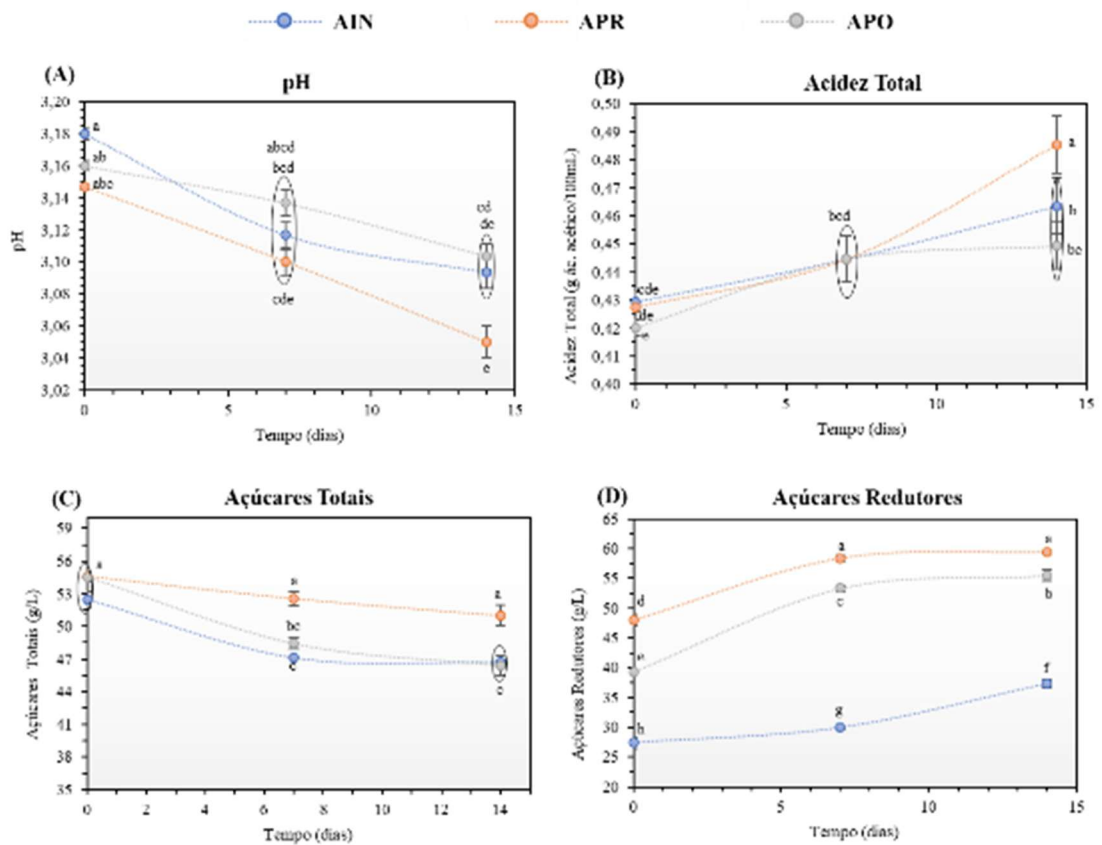
Apresenta perfil mais suave e uma composição distinta em compostos fenólicos, em razão da menor oxidação das folhas durante o processamento do chá, o que preserva melhor seus constituintes bioativos (29). No entanto, quando comparado ao chá verde, seu teor de compostos fenólicos é inferior. Isso se deve ao fato de que o chá verde é submetido a um tratamento térmico que inativa enzimas oxidativas, como a polifenol oxidase, responsáveis pela degradação dos polifenóis, favorecendo, assim, uma maior preservação de seus antioxidantes (26).

Os resultados obtidos nas análises da KCB, antes da adição dos adjuntos, evidenciam sua expressiva atividade antioxidante. A bebida apresentou valores expressivos nos ensaios de ABTS ($1723,71 \pm 46,22 \mu\text{mol}/100 \text{ mL}$) e DPPH ($2770,82 \pm 21,03 \mu\text{mol}/100 \text{ mL}$), sendo este último superior ao relatado por Silva Júnior et. al (1) para a kombucha tradicional de chá verde ($2142,12 \pm 42,06 \mu\text{mol}/100 \text{ mL}$). No entanto, esses valores foram inferiores aos registrados por Alves et al. (26) para kombuchas de chá verde preparadas com diferentes concentrações de chá, açúcar e inóculo. No ensaio de FRAP, o valor encontrado ($997,1 \pm 33,18 \mu\text{mol} /100 \text{ mL}$) foi consideravelmente menor que o intervalo observado por Alves et al. (26) , que variou entre $4661,42 \pm 80,81$ e $9647,14 \pm 40,41 \mu\text{mol}/100 \text{ mL}$. Esses resultados sugerem que o chá verde apresenta maior capacidade de redução do íon ferroso (Fe^{2+}) do que o chá branco, refletindo diferenças na composição fenólica entre os dois tipos de chá.

Transformações bioquímicas durante o armazenamento

As modificações físico-químicas ao longo do armazenamento refrigerado dos tratamentos AIN, APR e APO estão exibidas na Figura 1. Foi observado variações quanto os aspectos de pH, acidez total e açúcares redutores e totais durante 14 dias de armazenamento. Os resultados demonstram que a forma de adição do adjunto influencia diretamente a dinâmica fermentativa, e que o monitoramento dos parâmetros físico-químicos ao longo do processo é essencial para garantir a segurança e a qualidade química da bebida final.

Figura 1 - Características físico-químicas das diferentes técnicas de saborização da kombucha durante o armazenamento refrigerado.



Letras distintas no mesmo tempo indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Círculos indicam que não houve diferença significativa entre as formulações. AIN: kombucha saborizada por infusão de acerola macerada; APR: kombucha saborizada com suco obtido por prensagem a frio da acerola; APO: kombucha saborizada com polpa de acerola comercial.

Fonte: Autores, 2025

A adição da acerola à kombucha tradicional resultou na redução do pH (Dia 0) em todos os tratamentos (3,14 a 3,18), sem diferenças estatísticas (Fig. 1A), em comparação com a kombucha tradicional (KCB). Durante o armazenamento refrigerado os valores continuaram caindo, chegando a 3,05 no dia 14 do tratamento com polpa prensada (APR), sendo significativamente inferior aos demais (AIN: 3,09; APO: 3,10). Essa queda é típica do processo fermentativo, reflexo da produção de ácidos orgânicos como o acético, glucônico e glucurônico, essenciais para a segurança e estabilidade microbiológica da bebida (30; 31).

Simultaneamente, a acidez total apresentou aumento imediato no dia 0 em comparação com KCB, atingindo 0,429 g/100 mL (AIN), 0,428 g/100 mL (APR) e 0,420 g/100 mL (APO), sendo este último valor estatisticamente inferior aos demais. Esse incremento inicial deve-se à presença dos ácidos naturais da acerola, que incluem compostos orgânicos responsáveis pela acidez da fruta (32). Ao fim do processo (dia 14), os valores evoluíram para 0,464; 0,485 e 0,449 g/100 mL, respectivamente, com o tratamento APR apresentando acidez total significativamente maior que o APO, enquanto o AIN permaneceu estatisticamente equivalente aos demais. Esse aumento da

acidez é associado à intensificação da atividade enzimática e microbiana, promovendo a síntese de compostos orgânicos bioativos (28).

Com base nos dados de pH e acidez total, é possível inferir que a técnica de extração utilizando polpa prensada foi mais eficiente na liberação dos ácidos da acerola para a bebida, resultando em uma maior concentração desses compostos na kombucha. Esse comportamento reforça o caráter ácido da acerola e a contribuição dos seus ácidos orgânicos para a acidificação da kombucha, influenciando diretamente as propriedades sensoriais e microbiológicas da bebida. Enquanto isso, a saborização com a polpa comercial apresentou valores ligeiramente menores, sugerindo que parte dos compostos bioativos e ácidos pode ter sido perdida durante o processamento industrial.

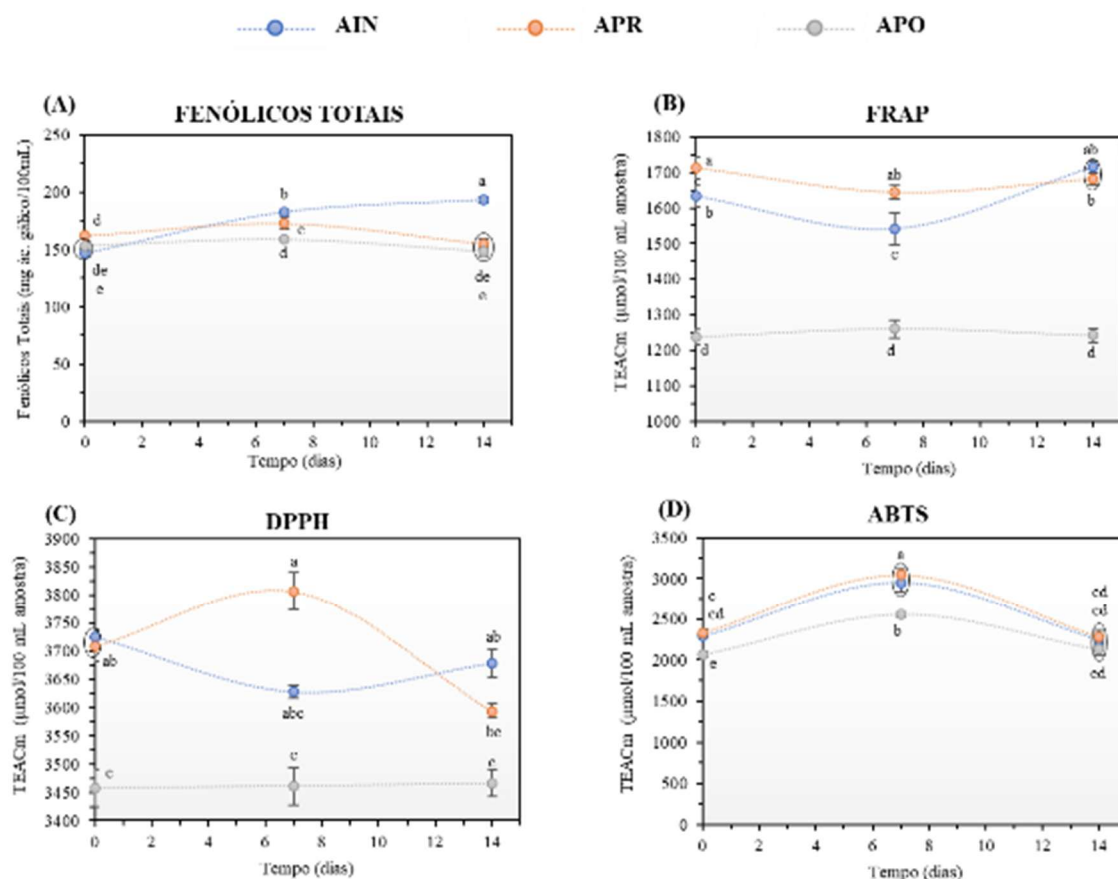
Em relação aos açúcares totais (AT), todos os tratamentos apresentaram queda após a saborização (dia 0), sendo a maior redução inicial observada no tratamento com infusão (AIN), que atingiu 52,43 g/L, valor inferior aos de APR e APO (média de 54,55 g/L; $p > 0,05$). Essa diferença inicial pode ser atribuída à liberação limitada de açúcares quando a fruta é adicionada em pedaços, já que parte deles permanece retida no material sólido posteriormente descartado, comportamento semelhante ao observado para pH e acidez. Ao longo da fermentação, observou-se tendência de queda nos AT em todos os tratamentos, com valores finais de 51,01 g/L em APR e média de 47,05 g/L em AIN e APR, sem diferença significativa entre ambas. Ainda assim, os valores observados foram superiores aos reportados por Surhe et al. (33), que encontraram concentrações finais entre 10 e 20 g/L em kombuchas saborizadas com polpa de frutas brasileiras como o butiá, araçá-vermelho e jabuticaba, partindo de níveis iniciais entre 60 e 80 g/L.

Os açúcares redutores apresentaram aumento ao longo da fermentação em todos os tratamentos, com destaque para a APR e APO, cujos valores iniciais foram de 48,03 g/L e 39,33 g/L, respectivamente, com diferença estatística entre eles durante todo o período de armazenamento. O tratamento com infusão (AIN) apresentou o menor valor inicial (27,39 g/L), o que corrobora a menor disponibilidade de compostos solúveis nessa técnica de saborização. A acerola, embora possua menor teor total de açúcares em comparação à kombucha tradicional, apresenta elevada proporção de açúcares redutores, o que favorece sua fermentabilidade (34). Ao final do período de análises, os valores aumentaram para 59,38 g/L (APR), 55,46 g/L (APO) e 37,32 g/L (AIN). Esse comportamento pode ser atribuído à hidrólise da sacarose em glicose e frutose através mecanismos enzimáticos (invertase) das células microbianas. Este processo é amplamente descrito na literatura como relatado por Surhe et al. (33), visando transformar açúcares complexos em moléculas que atuam como fonte de energia. Esses açúcares redutores são posteriormente metabolizados, resultando na produção de etanol, dióxido de carbono e, também, de ácidos orgânicos sendo o principal o acético.

Evolução do conteúdo fenólico total e da atividade antioxidante

A evolução dos compostos fenólicos totais ao longo do armazenamento refrigerado (Figura 2A) evidencia que as técnicas de saborização com acerola nas formulações de kombucha AIN, APR e APO exercem influência significativa neste parâmetro. No tempo inicial (dia 0), os teores de fenólicos totais foram semelhantes entre as formulações AIN e APO (média de 149,70 mg ácido gálico/100 mL), enquanto a APR apresentou valor superior (161,70 mg ácido gálico/100 mL). Durante o armazenamento, a formulação AIN destacou-se por um aumento progressivo e significativo, alcançando cerca de 193,37 mg ácido gálico/100 mL no 14º dia. Em contraste, as formulações APR e APO apresentaram declínio nos teores após o 7º dia (média de 165,70 mg ácido gálico/100 mL; $p > 0,05$). Esses resultados indicam que o método de infusão adotado na AIN favoreceu um maior percentual de compostos fenólicos bioativos ao longo do armazenamento refrigerado.

Figura 2 - Variação dos compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante da kombucha saborizada com acerola por diferentes técnicas durante o armazenamento refrigerado.



Letras distintas no mesmo tempo indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Círculos indicam que não houve diferença significativa entre as formulações. AIN: kombucha saborizada por infusão de acerola macerada; APR: kombucha saborizada com suco obtido por prensagem a frio da acerola; APO: kombucha saborizada com polpa de acerola comercial.

A formulação APO, elaborada com polpa comercial de acerola, passou por processamento industrial prévio visando o aumento da vida útil do produto, o que possivelmente resultou na redução dos teores de compostos fenólicos e da atividade antioxidante. Esse comportamento é compatível com o que foi descrito por Toydemir et al (34), ao afirmarem que o processamento pode afetar significativamente a estabilidade e a biodisponibilidade de compostos bioativos, como os antioxidantes, dependendo das condições e tecnologias aplicadas e das características da matéria-prima. Diante disso, a formulação AIN, preparada por infusão de acerola in natura, apresentou o melhor desempenho em termos de teor de compostos fenólicos totais ao final do período de armazenamento. Em bebidas fermentadas, os compostos fenólicos, como antocianinas, taninos e carotenoides, desempenham um papel relevante na modulação da cor, aroma e sabor, podendo conferir características sensoriais, a depender do tipo de bebida e do perfil sensorial (33).

Neste estudo, a atividade antioxidante determinada pelo método FRAP no tempo zero apresentou diferenças significativas entre os métodos de extração utilizados (Fig. 2B), sendo mais elevada na kombucha elaborada com acerola prensada (APR), com aproximadamente 1.712 $\mu\text{mol TEACm}/100\text{ mL}$, seguida pela formulação com infusão (AIN), com cerca de 1.632 $\mu\text{mol TEACm}/100\text{ mL}$. Observou-se uma redução significativa ($p < 0,05$) nos valores de FRAP, especialmente no 7º dia de armazenamento das kombuchas saborizadas. No entanto, ao final do processo fermentativo (dia 14), houve um aumento na capacidade de complexação do íon ferroso nas formulações AIN e APR (média de 1.656 $\mu\text{mol TEACm}/100\text{ mL}$), sem diferença significativa entre ambas. Dessa forma, a técnica FRAP quantifica a habilidade dos compostos antioxidantes de reduzir o íon Fe^{3+} a Fe^{2+} , ou seja, mede a capacidade de doação de elétrons desses compostos. Estudos clássicos identificaram como principais contribuintes flavonoides (como quercetina, rutina e catequina), taninos, ácidos fenólicos (galato, cafeico, ferúlico) e resveratrol, cuja predominância varia de acordo com o tipo de chá utilizado e com as condições do processo fermentativo (35).

O comportamento fermentativo observado por Suhre et al. (33) foi semelhante ao verificado neste estudo, possivelmente em decorrência da ação dos microrganismos presentes na bebida. Os resultados de atividade antioxidante obtidos pelo método FRAP neste estudo mostram-se consistentes com os relatados para outras bebidas fermentadas, destacando-se por apresentarem, em sua maioria, valores superiores aos encontrados por Xiong et al. (35), que investigaram kombuchas produzidas com folhas de bambu e amoreira, alcançando aproximadamente 800 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$ após 15 dias de fermentação.

No que se refere à atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH, observou-se no dia 0 que apenas APO diferiu estatisticamente dos demais tratamentos apresentando o menor valor (3.457 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$) (Figura 2C). As kombuchas elaboradas com acerola por infusão (AIN) e prensagem (APR) apresentaram os maiores valores (média de 3.717 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$). No 7º dia do armazenamento refrigerado a formulação APR demonstrou um aumento progressivo na atividade antioxidante, atingindo 3.805 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$, seguido por uma redução até o 14º dia.

Esse comportamento é consistente com os dados relatados por Silva Junior et al. (1), que analisaram kombuchas saborizadas com pitanga e umbu-cajá e observaram um aumento na atividade antioxidante no 7º dia de fermentação, com valores em torno de 2.691 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$ para o teste de DPPH.

Em contraste, o tratamento AIN obteve comportamento inverso, com redução da capacidade antioxidante pelo teste de DPPH no 7º dia (3.627 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$) de armazenamento, seguida de aumento no 14º dia (3.678 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$). Ao final do processo de saborização, não foi observado diferença significativa entre o tratamento APR e demais formulações. Esses resultados sugerem que o método de extração influencia a disponibilidade dos compostos antioxidantes inicialmente presentes, e que o armazenamento pode tanto potencializar quanto reduzir a atividade, a depender da interação entre os microrganismos suspensos e a matriz bioativa.

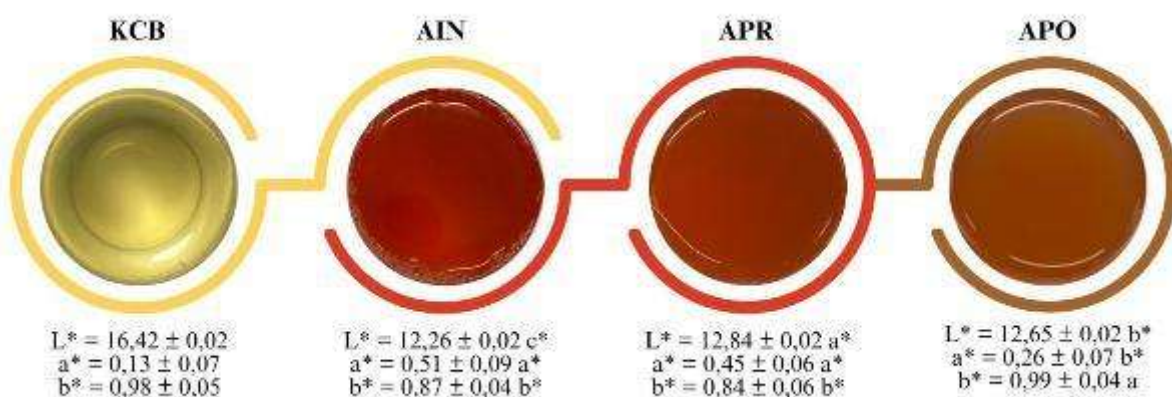
Os resultados de eliminação do radical ABTS demonstraram variabilidade entre as formulações ao longo do tempo (Figura 2D). Inicialmente (dia 0), as kombuchas AIN e APR apresentaram os maiores valores (2.308 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$), diferindo significativamente da APO (2.065 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$). No 7º dia, todas as formulações apresentaram aumento na atividade antioxidante através deste teste, com AIN e APR mantendo níveis superiores (2.996 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$). No 14º dia, a atividade antioxidante das três formulações mostrou tendência de redução, embora sem diferença estatística significativa entre todas as amostras (2.218 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ mL}$). Esse resultado indica possível degradação de compostos fenólicos mais reativos, que independente da técnica de saborização aplicada, tendem a se igualar ao longo tempo. Padrão semelhante de fermentação foi relatado por Jakubczyk et al. (36) em um estudo com bebida fermentada de beterraba (*Beta vulgaris L.*), no qual se observou um aumento nos valores de ABTS até o 7º dia de fermentação, seguido por leve decréscimo dos níveis antioxidantes até o final do processo. Sob essa ótica, é interessante que se consuma a bebida preferencialmente no período de 7 dias após o início da fermentação, visando usufruir das propriedades antioxidantes (13,37).

Portanto, os resultados obtidos evidenciam que o método de extração da acerola influencia de forma significativa o conteúdo fenólico total e a atividade antioxidante das kombuchas ao longo do armazenamento refrigerado. A formulação AIN, destacou-se pelos maiores valores de fenólicos totais. Este tratamento, juntamente com o tratamento APR, alcançou os melhores desempenhos antioxidantes pelos testes de DPPH e FRAP. De modo geral, foi observado que a saborização potencializou a capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos presentes no chá branco fermentado. Além disso, a escolha da técnica de saborização pode ser utilizada como estratégia para produzir kombuchas com maior potencial antioxidante.

Cor Instrumental

A cor é um atributo sensorial essencial para a qualidade dos alimentos e a aceitação pelos consumidores (38). Os resultados presentes na Figura 3 revelam que a kombucha tradicional (KCB) apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros do sistema CIELab* quando comparada às amostras saborizadas (AIN, APR e APO) pelo teste de Dunnett, evidenciando o impacto da adição de acerola. Além disso, entre as técnicas de saborização utilizadas, observaram-se diferenças consistentes entre AIN e APO, reforçando que o método empregado influencia diretamente a coloração final da bebida.

Figura 3 - Parâmetros de cor das kombuchas saborizadas.



Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Um asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa em relação ao controle (KCB) pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$). KCB: kombucha tradicional; AIN: kombucha saborizada por infusão de acerola macerada; APR: kombucha saborizada com suco obtido por prensagem a frio da acerola; APO: kombucha saborizada com polpa de acerola comercial. Valores expressos como média \pm desvio padrão ($n = 3$).

Autores, 2025

A amostra controle (KCB), sem adição de acerola, apresentou a coloração mais clara dentre os tratamentos, caracterizada pelo maior valor de luminosidade ($L^* = 16,42$) e pelos baixos valores de a^* ($0,13$) e b^* ($0,98$). Tal resultado era esperado, uma vez que, além da ausência de pigmentos oriundos da acerola, o chá branco utilizado como substrato possui menor concentração de compostos oxidados, os quais são responsáveis por tonalidades mais escuras em variedades como chá preto e chá oolong (39).

A coloração avermelhada observada nas amostras com acerola está associada à presença de antocianinas, pigmentos conhecidos por sua sensibilidade à degradação enzimática e não enzimática durante o processamento e armazenamento (38). Entre os tratamentos saborizados, a

infusão com acerola macerada (AIN) apresentou cor mais intensa, com menor luminosidade ($L^* = 12,26$) e maior valor de a^* (0,51), sugerindo uma extração mais eficiente de antocianinas e flavonoides (39). Em contrapartida, a kombucha saborizada com suco prensado a frio (APR) apresentou maior luminosidade ($L^* = 12,84$) e valor intermediário de a^* (0,45), enquanto a formulação com polpa comercial (APO) exibiu coloração menos saturada, com menor intensidade de vermelho ($a^* = 0,26$), possivelmente em razão da degradação de pigmentos como carotenoides e antocianinas durante o processamento industrial (34, 40).

As análises colorimétricas confirmaram diferença estatística significativa na coordenada L^* entre todos os tratamentos. Para a coordenada a^* , os valores de AIN e APR foram semelhantes (média de 0,48), enquanto a APO apresentou valor inferior. O parâmetro b^* foi positivo em todas as formulações, indicando predominância de tonalidade amarelada, sendo mais acentuada na APO (0,99), que diferiu estatisticamente das formulações APR e AIN (média de 0,86). Esses resultados evidenciam que o método de saborização influencia de forma significativa a coloração da kombucha: a infusão de acerola macerada (AIN) favoreceu a preservação dos pigmentos naturais, resultando em coloração mais intensa, enquanto a polpa comercial (APO) apresentou menor saturação devido ao processamento industrial.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que as diferentes técnicas de saborização com acerola influenciaram de forma significativa as propriedades físico-químicas, bioativas e sensoriais da kombucha de chá branco. A adição da fruta, independentemente do método aplicado, promoveu aumento da acidez, modificação no perfil de açúcares, e incremento da atividade antioxidante e de fenólicos totais da bebida em relação à kombucha tradicional, confirmando o potencial funcional da acerola como adjunto na produção de bebidas fermentadas.

Entre os métodos avaliados, a infusão de acerola in natura (AIN) destacou-se por promover maior retenção de compostos fenólicos totais ao longo do armazenamento, além de preservar melhor os pigmentos naturais, conferindo coloração mais intensa e atrativa à bebida. Embora a prensagem a frio (APR) tenha resultado em maior liberação inicial de açúcares, ácidos e compostos antioxidantes, observou-se uma queda desses parâmetros ao longo do tempo. A formulação com polpa industrializada (APO) apresentou desempenho inferior, possivelmente em razão da degradação de compostos bioativos durante o processamento prévio da matéria-prima.

Dessa forma, o estudo oferece subsídios relevantes para a formulação de kombuchas mais nutritivas e atrativas, destacando a infusão de acerola in natura como técnica mais promissora. Os resultados também reforçam o potencial da acerola como ingrediente funcional e contribuem para

decisões técnicas tanto para a indústria quanto para a produção artesanal, incentivando o uso de frutos nativos e métodos de processamento mais eficientes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Laboratório de Bebidas Alcoólicas (LBA) pelo suporte técnico e pela infraestrutura disponibilizada. Nosso reconhecimento também se estende aos autores e ao corpo docente pelas contribuições científicas e orientações que foram fundamentais para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA JÚNIOR, J. C. et al. Traditional and flavored kombuchas with pitanga and umbu-cajá pulps: Chemical properties, antioxidants, and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 44, p. 101380, 2021.
- 2 LAU, Y. L.; TANG, P. L. Exploring the effects of fermentation time and the addition of paraprobiotic strain K-1 on the physicochemical, chemical, and antioxidant properties of black and green tea kombuchas sweetened with different sugars. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 40, p. 101152, jun. 2025.
- 3 DELORME, M. M. et al. Harnessing arabica and canephora coffee cascara as substrates for kombucha: Comparative study of chemical, antioxidant, antibacterial and antifungal properties. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 66, p. 103570, jun. 2025.
- 4 PAIVA, Y. F. et al. Physicochemical aspects, bioactive compounds, phenolic profile and in vitro antioxidant activity of tropical red fruits and their blend. **Journal of Food Science**, v. 15, n. 3, p. 120-135, 2023.
- 5 ONYIA, M. E. et al. Effect of pressed palm oil fruit fibre on mechanical properties of sandcrete masonry blocks using Taguchi-grey relational analysis optimization technique. **Cleaner Materials**, v. 5, 100124, set. 2022.
- 6 DASDEMIR, Y.; FINDIK, B. T.; YILDIZ, H.; BIRISCI, E. Blueberry-added black tea: Effects of infusion temperature, drying method, fruit concentration on the iron-polyphenol complex formation, polyphenols profile, antioxidant activity, and sensory properties. **Food Chemistry**, v. 410, p. 135463, 2023.
- 7 LIMA, A. S. L. et al. Fermentation of passion fruit leaf tea with Kombucha inoculum: An upcycling approach for the development of functional fermented beverages. **Food Research International**, v. 218, p. 116870, out. 2025.
- 8 CEJUDO-BASTANTE, M. J. et al. Study of the volatile composition and sensory characteristics of new Sherry vinegar-derived products by maceration with fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 469–479, 2013.

- 9 LAURINDO, L. F. et al. Health benefits of acerola (*Malpighia* spp.) and its by-products: A comprehensive review of nutrient-rich composition, pharmacological potential, and industrial applications. **Food Bioscience**, v. 62, p. 105422, dez. 2024.
- 10 GRANATO, D. et al. Functional foods and non-dairy probiotic food development: trends, concepts, and products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 6, p. 2021–2043, 2020.
- 11 KAMILOGLU, S. et al. Influence of food matrix on the content, absorption and bioavailability of dietary bioactive compounds: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 7, p. 934–959, 2015.
- 12 VERNI, M. et al. Innovative strategies to design functional cereal-based beverages enriched with bioactive compounds: Focus on bioaccessibility and bioavailability. **Trends in Food Science & Technology**, v. 132, p. 154–166, 2023.
- 13 JAKUBCZYK, K., et al. Perfil químico e atividade antioxidante da bebida de kombucha derivada de chá branco, verde, preto e vermelho. **Antioxidants**, 9, 447, 2020.
- 14 SHANNON, E.; JAISWAL, A. K.; ABU-GHANNAM, N. Polyphenolic content and antioxidant capacity of white, green, black, and herbal teas: a kinetic study. **Food Research**, v. 2, n. 1, p. 1–11, 2018.
- 15 HUANG, J. et al. Análise sensorial do sabor do chá branco Jinggu: explorando os mecanismos de formação de aromas doces e frutados. **Química dos Alimentos: X**, v. 24, p. 102026, 2024.
- 16 LE et al. Coffee husk by-product as novel ingredients for cascara kombucha production. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 3, p. 673-680, 2024.
- 17 **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC**. Official methods of analysis of the AOAC International. 19th ed. Washington, DC: AOAC International, 2005.
- 18 MILLER, Gail Lorenz. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- 19 RUFINO, M. D. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.
- 20 RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1231–1237, 1999.
- 21 BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–76, 1996.
- 22 BILUCA, F. C. et al. Physicochemical parameters, bioactive compounds, and antibacterial potential of stingless bee honey. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v. 45, n. 2, p. e15127, 2021.
- 23 ZHENG, Y. et al. Comprehensive evaluation of quality and bioactivity of kombucha from six major tea types in China. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 36, p. 100910, 2024.
- 24 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 41, de 17 de setembro de 2019. Estabelecer o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha em todo o

território nacional, na forma desta Instrução Normativa e do seu Anexo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de setembro, 2019. Seção 1, p. 13.

25 MALBAŠA, R. V. et al. Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverages. **Food Research International**, v. 44, n. 4, p. 851–857, 2011.

26 ALVES, R. O. et al. Evaluation of the impact of fermentation conditions, scale up and stirring on physicochemical parameters, antioxidant capacity and volatile compounds of green tea kombucha. **Fermentation**, Basel, v. 11, p. 201, 2025.

27 LACERDA, U. V. et al. Antioxidant, antiproliferative, antibacterial, and antimalarial effects of phenolic-rich green tea kombucha. **Beverages**, Basel, v. 11, p. 7, 2025.

28 LEAL, J. M. et al. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. **CyTA - Journal of Food**, London, v. 16, n. 1, p. 390–399, 2018.

29 PAIVA, L. et al. Comparative analysis of the polyphenols, caffeine, and antioxidant activities of green tea, white tea, and flowers from Azorean *Camellia sinensis* varieties affected by different harvested and processing conditions. **Antioxidants**, Basel, v. 10, p. 183, 2021.

30 AYED, L.; ABID, S.; HAMDY, M. Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. **Annals of Microbiology**, Cham, v. 67, p. 111–121, 2017.

31 JAYABALAN, R. et al. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Hoboken, v. 13, n. 4, p. 538–550, 2014.

32 FERREIRA, I. C. et al. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p. 13829, 2021.

33 SUHRE, T. et al. Fermentation of native Brazilian fruits with kombucha: A novel opportunity for producing low-alcohol beverages. **Food Bioscience**, v. 65, p. 106122, 2025.

34 TOYDEMIR, Gamze et al. Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health. **Food Chemistry: X**, v. 14, p. 100334, 2022.

35 XIONG, R. G. et al. Atividades antioxidantes, compostos fenólicos e aceitabilidade sensorial de bebidas fermentadas com kombucha de folhas de bambu e amoreira. **Antioxidant**, v. 12, n. 8, p. 1573, 2023.

36 JAKUBCZYK, K. et al. Phenolic compounds and antioxidant properties of fermented beetroot juices enriched with different additives. **Foods**, v. 13, n. 1, p. 102, dez. 2023.

37 ABACI, N. et al. Kombucha – An ancient fermented beverage with desired bioactivities: A narrowed review. **Food Chem X**, v. 14, p. 100302, 6 abr. 2022.

38 GERALDI, M. V. et al. Influence of high isostatic pressure and thermal pasteurization on chemical composition, color, antioxidant properties and sensory evaluation of jabuticaba juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 139, p. 110548, 2021.

39 MARTIHANDINI, N.; ROCHIMAT, I. Characteristics of Four Variants of Kombucha Tea as Candidate of Functional Health Drink. **Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia**, v. 10, n. 1, p. 227–237, 2024. DOI: <https://doi.org/10.35311/jmpi.v10i1.519>.

40 MARAFON, Karine et al. An opportunity for acerola pulp (*Malpighia emarginata* DC) valorization evaluating its performance during the block cryoconcentration by physicochemical, bioactive compounds, HPLC–ESI-MS/MS, and multi-elemental profile analysis. **Food Research International**, v. 176, p. 113793, 2024.