

 Carollyne Maragoni-Santos ¹

 Isabelle Santana ²

 Leilson de Oliveira Ribeiro ³

 Barbara Moraes Mora ²

 Beatriz de Araújo Cassane
Martins ²

 Camila Ferreira ²

 Laiz Letícia Silva Cardoso ²

 Lorena Moraes Santos ²

 Liliane Siqueira de Oliveira ²

 Eliane Przytyk Jung ³

 Ricardo Felipe Alves Moreira ^{1,4}

 Ana Elizabeth Cavalcante Fai ^{1,2}

¹ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro , Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro , Instituto de Nutrição, Departamento de Nutrição Básica e Experimental. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Instituto Nacional de Tecnologia , Laboratório de Análises Químicas Orgânicas e Inorgânicas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro , Instituto Biomédico, Departamento de Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Correspondência

Ana Elizabeth Cavalcante Fai
bethfai@yahoo.com.br

Editoras Convidadas

 Lilia Zago

 Aline Rissatto Teixeira

 Isabelle Santana

 Betzabeth Slater Villar

Desenvolvimento e caracterização de molhos picantes de caqui inovadores: oportunidades para reduzir as perdas pós-colheita

Development and characterization of innovative spicy persimmon sauces: Opportunities to reduce post-harvest losses

Resumo

O período de colheita do caqui é curto e intenso, o que leva a uma considerável perda pós-colheita. Os produtos inovadores de caqui com um período de conservação prolongado, como os molhos, são uma estratégia para reduzir as perdas e estão em conformidade com abordagens potencialmente mais sustentáveis na indústria agrícola. O objetivo deste estudo foi desenvolver e caracterizar o molho picante de caqui (S1) e o molho picante de caqui com noz-moscada, cravo e canela (S2). O teor de umidade de S1 e S2 foi de $88,08 \pm 0,01$ e $87,41 \pm 0,03\%$, respectivamente, com o mesmo pH de $4,2 \pm 0,12$. As formulações dos molhos continham 18 e 6,3 g.100 g⁻¹ de carboidrato e fibra, respectivamente. Os molhos apresentaram cor avermelhada e qualidade microbiológica adequada com coliformes termotolerantes <3 NMP.g⁻¹, ausência de *Salmonella* sp e bolores e leveduras < 10 UFC.g⁻¹. O teor de fenólicos foi maior em S2 (358,94 µg GAE g⁻¹) do que em S1 (265,16 µg GAE g⁻¹), enquanto o teor de flavonoides foi maior em S1 (729,6 µg RE g⁻¹) do que em S2 (568,68 µg RE g⁻¹). A atividade antioxidante pelo ensaio DPPH foi maior em S2 (IC50: 1.944,88 µg. mL⁻¹) do que em S1 (IC50: 3.061,33 µg. mL⁻¹), mas o mesmo em ABTS (IC50: 3.103,08 ± 413,89 µg. mL⁻¹) para ambos os molhos. O S2 (31 compostos) tem uma composição volátil mais rica do que o S1 (19 compostos). Por exemplo, os fenilpropanoides, como a eumelicina, só foram detectados nas amostras S2. Os molhos de caqui apresentados neste estudo configuram-se como uma contribuição para o desenvolvimento de produtos agroecológicos com potenciais propriedades funcionais e benefícios sociais.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Produtos. *Diospyros kaki*. Molho Picante. Molho de Frutas. Perdas Pós-Colheita.

Abstract

The persimmon harvest period is short and intensive, which leads to considerable post-harvest losses. Innovative persimmon products with extended shelf life, such as sauces, are one strategy to reduce losses and align with potentially more sustainable approaches in the agricultural industry. This study aimed to develop and characterize the spicy persimmon sauce (S1) and the spicy persimmon sauce with nutmeg, clove and cinnamon (S2). The moisture content of S1 and S2 was 88.08 ± 0.01 and $87.41 \pm 0.03\%$, respectively, with an equal pH of 4.2 ± 0.12 . The sauce formulations contained at least 18 and 6.3 g.100 g⁻¹ carbohydrates and crude fiber, respectively. The sauces showed a reddish color and adequate microbiological quality with thermotolerant coliforms < 3 MPN. g⁻¹, absence of *Salmonella* sp and yeast and mold <

10 CFU.g⁻¹. The phenolic content was higher in S2 (358.94 µg GAE g⁻¹) than in S1 (265.16 µg GAE g⁻¹), while the flavonoid content was higher in S1 (729.6 µg RE g⁻¹) than in S2 (568.68 µg RE g⁻¹). The antioxidant activity by DPPH assay was greater in S2 (IC₅₀: 1,944.88 µg. mL⁻¹) than in S1 (IC₅₀: 3,061.33 µg. mL⁻¹), but the same in ABTS (IC₅₀: 3,103.08± 413.89 µg. mL⁻¹) for both sauces. S2 (31 compounds) has a richer volatile composition than S1 (19 compounds). Phenylpropanoids such as elemicin, for example, were detected in S2 samples only. The persimmon sauces presented in this study serve as input for an agroecological product development process with potential functional properties and social benefits.

Keywords: Product Development. *Diospyros kaki*. Spicy Sauce. Fruit Sauce. Postharvest Losses.



INTRODUÇÃO

O caqui (*Diospyros kaki*) é uma fruta muito apreciada e consumida em todo o mundo.^{1,2} Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial em 2022 foi de 4,4 milhões de toneladas, com uma área cultivada de 1 milhão de hectares.³ O Brasil, quinto maior produtor mundial de caqui, produz cerca de 170 mil toneladas por ano, com um valor bruto médio anual de US\$ 16,5 milhões.³ O caqui é uma importante cultura comercial no Brasil, especialmente para as pequenas e médias propriedades familiares, para as quais a produção agroecológica é, muitas vezes, a principal ou única fonte de renda.^{4,5}

Nos últimos dez anos, a produção de caqui no Brasil tem sido marcada por significativa perda pós-colheita. De acordo com a FAO, a perda média anual entre 2014 e 2019 foi de cerca de 20% da produção total.³ As perdas pós-colheita do caqui estão associadas a vários fatores, incluindo a alta perecibilidade, geralmente relacionada ao amadurecimento, à produção de etileno, à respiração acelerada e ao amolecimento do fruto.⁶ Além disso, práticas inadequadas de manuseio e superprodução durante a colheita agravam o problema e contribuem significativamente para que ocorram essas perdas.^{4,7} Para além da melhoria das técnicas pós-colheita e dos métodos de armazenamento,⁴ o desenvolvimento de novos produtos de valor agregado a partir do caqui contribui para a redução das perdas pós-colheita.^{4,8} Na China, maior produtor mundial de caqui, estima-se que essas perdas são de aproximadamente 5% da produção total.³ Vale dizer que a China é o país com maior número de publicações sobre alimentos desenvolvidos à base de caqui.⁹

No Brasil, a demanda por produtos artesanais tem aumentado significativamente, pois a sociedade está valorizando cada vez mais a sustentabilidade e dando preferência a alimentos regionais.¹⁰ Nesse contexto, a elaboração de produtos à base de caqui é uma estratégia viável e sustentável para a agricultura familiar. A utilização de processos de baixa sofisticação tecnológica permite a gestão eficiente dos excedentes agrícolas, a redução das perdas pós-colheita e o aumento do valor agregado na produção agrícola local. Além disso, esses produtos podem ser facilmente adaptados para a preparação caseira, proporcionando opções acessíveis e convenientes que promovem a diversidade dietética e o consumo de alimentos de origem vegetal.^{2,4,7,9}

O caqui é apreciado pelo seu sabor, valor nutricional e composição fitoquímica, o que o torna adequado para a procura de novas utilizações, dado o seu perfil de carboidratos e compostos bioativos como polifenóis, terpenoides e flavonoides.^{2,6,7,9} Essas propriedades permitem o desenvolvimento de produtos de elevada qualidade e com boas propriedades sensoriais,^{9,11} tais como vinho,¹² vinagre,¹³ compotas de baixa caloria,¹⁴ smoothies,¹⁵ chutney e ketchup,⁹ cerveja,¹⁶ suco e geleia.¹⁷ Neste sentido, o desenvolvimento de molhos picantes à base de caqui é uma boa oportunidade de inovação e desenvolvimento de produtos.

Os molhos são definidos como produtos em forma líquida, pastosa, emulsionada ou suspensa, à base de especiarias e/ou condimentos e/ou outros ingredientes, fermentados ou não, que são utilizados para preparar e/ou adicionar sabor e aroma a alimentos e bebidas.¹⁸ Dentre os molhos, a produção de molhos de frutas tem aumentado, uma vez que melhoram as propriedades funcionais valiosas dos alimentos como ingredientes alimentares.¹⁹

Existem alguns estudos na literatura em que uma fruta foi utilizada como matéria-prima para a produção de molhos, como por exemplo, para a produção de molho de morango,²⁰ molho enriquecido com morango,²¹ substituição parcial de tomate por abacate em molho agridoce²² e molho de açai.¹⁹ Na produção de molhos, especiarias como canela, cravinho, pimenta e outras podem ser adicionadas para aumentar a

funcionalidade e criar novos sabores.^{23,24} O presente estudo teve como objetivo desenvolver e caracterizar um produto alimentar inovador – um molho picante – utilizando caqui.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima e preparação de formulações de molho picante de caqui

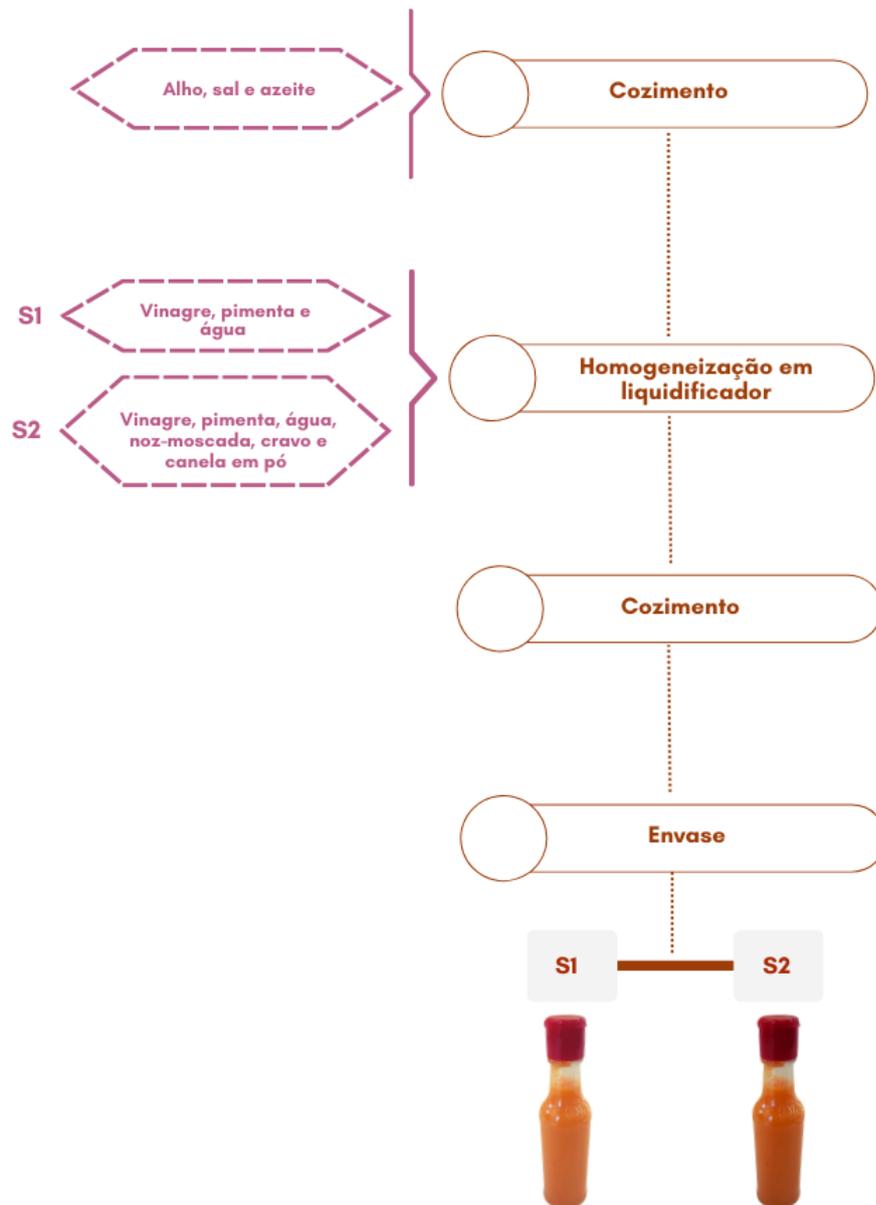
Os frutos de caqui (*Diospyros kaki* L. 'Rama Forte') estudados foram cultivados no município do Rio de Janeiro, em Vargem Grande (22,97 de latitude; 43,49 de longitude), estado do Rio de Janeiro, Brasil. Os frutos totalmente maduros foram adquiridos de um produtor agroecológico local no Rio de Janeiro, Brasil. Os outros ingredientes para os molhos picantes de caqui utilizados no estudo foram comprados num mercado local no Rio de Janeiro, Brasil.

Foram desenvolvidas duas receitas de molhos picante de (S1: Molho picante de caqui / S2: Molho picante de caqui com especiarias) (ver Tabela 1). O caqui fresco foi lavado com água da torneira e higienizado, e posteriormente retirado o cálice. Os outros ingredientes, quando aplicável, foram lavados e higienizados; as partes não comestíveis foram removidas e as comestíveis, cortadas em pedaços. A Figura 1 mostra as etapas de preparo dos dois produtos (S1 e S2).

Tabela 1. Formulações dos molhos picantes de caqui. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2022.

Ingredientes	Formulação dos molhos	
	S1	S2
Caqui (<i>Diospyros kaki</i> L.) (g)	700	700
Alho (<i>Allium sativum</i> L.) (g)	10	10
Azeite (g)	15	15
Vinagre de vinho branco (mL)	100	100
Sal (g)	3	3
Pimenta dedo-de-moça (<i>Capsicum baccatum</i> L.) (g)	15	15
Água (mL)	700	700
Noz-moscada (<i>Myristica fragrans</i>) powder (g)	-	1,5
Cravo (<i>Syzygium aromaticum</i>) (g)	-	0,2
Canela (<i>Cinnamomum verum</i>) powder (g)	-	0,6

Figura 1. Fluxograma do processo de recrutamento adotado no estudo transversal para construção de consenso sobre o ensino de habilidades culinárias com 47 universidades públicas brasileiras; abril-outubro de 2021.



Análise físico-química dos molhos picantes de caqui

As análises foram efetuadas em duplicada para determinar a umidade e o valor do pH dos molhos.²⁵

Estimativa da composição centesimal dos molhos picantes de caqui

Os teores de carboidratos, proteínas, gorduras totais e fibra dos molhos picantes de caqui foram estimados com base no Banco de Dados Brasileiro de Composição de Alimentos.^{26,27} Os macronutrientes (carboidratos, proteínas, gorduras totais) e fibra do fruto do caqui 'Rama Forte' foram determinados com base no trabalho de Matheus, Nogueira et al.²⁸ O valor energético (kcal) foi estimado de acordo com o sistema *Atwater*, considerando 4 kcal/g para carboidratos e proteínas e 9 kcal/g para gordura.

Parâmetros colorimétricos

Os valores de cor das amostras de molhos picantes de caqui foram medidos com um colorímetro CM-5 (Konica Minolta, Japão). Os valores de cor foram indicados pelas coordenadas luminosidade (L^*), vermelho ($+a^*$), verde ($-a^*$), amarelo ($+b^*$), azul ($-b^*$), croma ou saturação (C^*) e matiz (H^*). Os resultados foram expressos como a média de quatro medições. Os parâmetros de cor resultantes foram representados utilizando o Microsoft Excel nas cartas de cores propostas por Delgado-González et al.²⁹

A diferença total de cor (ΔE^*) (Eq. 1) foi calculada para as duas amostras. Este valor é uma medida da diferença entre duas cores de acordo com a seguinte classificação: $\Delta E^* = 0-0,5$ diferença de nível traço; $\Delta E^* = 0,5-1,5$ diferença ligeira; $\Delta E^* = 1,5-3,0$ diferença perceptível; $\Delta E^* = 3,0-6,0$ diferença apreciável; $\Delta E^* = 6,0-12,0$ grande diferença; e $\Delta E^* > 12,0$ diferença muito óbvia.³⁰

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (Eq. 1)$$

Análise microbiológica

Para avaliar a qualidade microbiológica dos molhos, foram analisados coliformes termotolerantes (expresso em número mais provável por grama: NMP g^{-1}), a contagem total de fungos (expresso em logaritmo de unidades formadoras de colônias por grama: log UFC g^{-1}) e *Salmonella* sp. (presença ou ausência em 25 g). Todas as análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela American Public Health³¹ e Silva et al.³² As medições foram efetuadas em duplicata para cada amostra.

Procedimento de extração para determinação do teor de fenólicos totais, do teor de flavonoides totais e da atividade antioxidante

Para a extração, 3 g dos molhos (S1 e S2) e 40 mL de uma solução de água: metanol (1:1, v/v) foram homogeneizados e deixados em repouso à temperatura ambiente durante 60 minutos. Em seguida, a solução foi centrifugada a 3.500 rpm durante 15 minutos. Finalmente, o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Para a segunda extração, foi utilizado o resíduo da extração anterior e o mesmo processo foi realizado com uma solução aquosa de acetona (70%). O sobrenadante foi transferido para o mesmo balão volumétrico de 100 mL, que foi preenchido com água destilada.³³

Análise do teor de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais (TPC) das amostras foi determinado utilizando o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu.²⁸ As amostras foram extraídas e diluídas (1:2 v/v) de acordo com o item "procedimentos de extração". O TPC foi calculado utilizando uma curva de calibração de ácido gálico (5, 10, 25, 50, 75 e 100 $mg L^{-1}$). Os resultados foram expressos em μg equivalentes de ácido gálico (GAE) g^{-1} de molho. A absorbância foi medida a 760 nm.

Análise do teor de flavonoides totais

O teor de flavonoides totais (TFC) da solução original foi avaliada pelo método espectrofotométrico do cloreto de alumínio, utilizando a rutina como composto de referência.³⁴ O teor de flavonoides totais foi



calculado utilizando uma curva de calibração da rutina (300, 600, 900 e 1200 mg L⁻¹). Os resultados foram expressos em µg de equivalentes de rutina (ER) g⁻¹ de molho. A absorbância foi medida a 510 nm.

Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada com o teste ABTS [2,2'-azinobis-(3- etilbenzotiazolina-6-sulfonato)]³⁵ e com o teste DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).³⁶ Novas soluções foram preparadas a partir das soluções originais descritas no item "procedimentos de extração" (1.000 µg mL⁻¹; 3.000 µg mL⁻¹; 6.000 µg mL⁻¹ e 9.000 µg mL⁻¹) para gerar as curvas antioxidantes usadas para calcular o IC50 (ABTS) e IC50 (DPPH) dos molhos. A absorbância foi medida a 734 nm para o ensaio de ABTS e a 515 nm para o ensaio de DPPH.

Isolamento, identificação e quantificação de compostos voláteis

A análise dos compostos voláteis por SPME no *headspace* descrita por Wang et al.³⁷ foi adaptada com pequenas alterações: 10 g do molho foram vertidas em frasco de vidro transparente de 20 mL, imediatamente tapado e colocado em banho-maria com temperatura controlada a 60°C durante 60 minutos. Uma fibra SPME revestida com 100 µm de PDMS (100% polidimetilsiloxano) (Supelco®, Bellefonte, PA, EUA) foi pré-condicionada a 250°C durante 30 minutos e inserida no espaço livre acima da superfície do líquido. Foi utilizado um sistema em branco com um frasco vazio como controle. As fibras SPME foram dessorvidas a 250°C durante cinco minutos na porta de injeção do sistema de cromatografia descrito abaixo. A análise por CG/MS das frações voláteis foi efetuada utilizando um cromatógrafo de fase gasosa Agilent HP-6890 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) com uma coluna capilar de fenilmetilsiloxano HP-5MS a 5% (30 m x 0,25 mm, espessura de película de 0,25 µm; Restek, Bellefonte, PA, EUA) equipada com um detector seletivo de massa Agilent HP-5975 em modo de impacto de elétrons (energia de ionização: 70 eV) e operada nas seguintes condições. A temperatura do forno foi inicialmente mantida a 50°C durante dois minutos, depois aumentada para 240°C a uma taxa de 5°C/min e mantida a esta temperatura durante dez minutos. As temperaturas do injetor e do detector foram fixadas em 250°C e 260°C, respectivamente. As amostras foram injetadas em modo *splitless*. Foi utilizada uma técnica de normalização para registrar os dados quantitativos. Os índices de retenção linear foram calculados para todos os componentes utilizando uma série homóloga de n-alcenos analisados nas mesmas condições que as amostras. A identificação dos componentes da fração volátil foi baseada nos índices de retenção (RI) relativos aos n-alcenos e na correspondência computacional com as bibliotecas Wiley275.L e Wiley7n.L e comparações dos padrões de fragmentação dos espectros de massas com dados publicados na literatura.³⁸ Devido às diferenças entre colunas e equipamentos, foi adotado o critério de identificação com delta < 50 unidades.³⁹

Análise estatística

Os parâmetros do estudo foram primeiramente submetidos ao teste de normalidade de D'Agostino & Pearson. Para os parâmetros que passaram no teste de normalidade, a presença de diferenças estatísticas significativas (p < 0,05) entre os grupos foi avaliada através do teste *t* paramétrico. Para os parâmetros que não passaram no teste de normalidade, foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney para verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre os grupos. O nível de probabilidade de p < 0,05 foi considerado estatisticamente significativo. As correlações entre os níveis de capacidade antioxidante, TPC e TFC foram determinadas utilizando o teste do coeficiente de correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram efetuadas com o *software* Graph Pad Prism 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades físico-químicas dos molhos picantes de caqui

Os molhos picantes de caqui (S1 e S2) têm uma textura pastosa e homogênea, com uma consistência semelhante à do ketchup, o que os torna fáceis de utilizar numa variedade de preparações culinárias. A Tabela 2 apresenta os resultados da análise físico-química dos molhos picantes de caqui (S1 e S2). O teor de umidade foi superior no molho S1 ($p < 0,05$). Apesar da diferença estatística entre os molhos, ambos estão próximos do teor de umidade encontrado nos molhos de tomate (89%).⁴⁰ Os molhos S1 e S2 não diferiram ($p > 0,05$) em relação aos seus valores médios de pH (Tabela 2). Menores valores de pH foram encontrados nos molhos agrídoces com substituição parcial do tomate por abacate, com valores entre 3,49 e 3,76.²² Os valores de pH inferiores a 4,0 garantem maior estabilidade do produto por limitar o crescimento de microrganismos.^{19,41} Os valores de pH dos molhos picantes de caqui (S1 e S2) foram semelhantes aos do limite de estabilidade.

Tabela 2. Análise físico-química¹ e estimativa da composição nutricional (100 g em base úmida)² dos molhos picantes de caqui. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2022

Análise físico-química	S1 ³	S2 ⁴
Umidade (%)	88,08 ± 0,01 ^a	87,41 ± 0,03 ^b
pH	4,2 ± 0,12 ^a	4,12 ± 0,01 ^a
Composição Nutricional	S1	S2
Energia (Kcal)	109,67	111,23
Carboidrato (%)	18,94	19,07
Proteína (%)	1,02	1,04
Lipídeos (%)	3,31	3,42
Fibra (%)	6,33	6,46

¹ Os resultados de umidade e pH foram expressos como média ± desvio padrão de duplicatas. Letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as formulações ($p < 0,05$)

² Estimativa da composição nutricional (100 g em base úmida) dos molhos picantes de caqui com base nas bases de dados alimentares TACO (2011), TBCA (2020) e Matheus, Nogueira et al. (2021).

³ Molho picante de caqui 1 (S1) ingredientes: caqui; alho; azeite; vinagre de vinho branco; sal; pimenta dedo de moça; água.

⁴ Molho picante de caqui 2 (S2) ingredientes: caqui; alho; azeite; vinagre de vinho branco; sal; pimenta dedo de moça; água; noz-moscada em pó; cravo; canela em pó.

A Tabela 2 apresenta a composição nutricional estimada das formulações do molho picante de caqui e molho picante de caqui com especiarias. Para efeitos de comparação, a composição é dada para 100 g da formulação. No entanto, a porção média do molho é de cerca de 5 g (1 colher de chá), conforme proposto pela legislação brasileira para este tipo de molho.⁴² Em termos de macronutrientes, destacam-se os carboidratos, principalmente porque as formulações contêm maior proporção de caqui. O caqui contém

uma boa quantidade de carboidrato (17,3 a 19,3 g/100 g), que pode variar entre frutas e conforme a colheita e a variedade (Rama Forte Japonês, Fuyu, Chocolate e Japonês).¹

A Figura 2 mostra os índices de cor dos molhos picantes de caqui. Os valores de a^* e b^* mostram que as amostras S1 e S2 são mais avermelhadas do que azuis ($a1^*22,39$; $a2^*21,82$) e mais amarelas do que verdes ($b1^*61,43$; $b2^*49,29$). Estas cores podem ser atribuídas principalmente à cor original do caqui, que varia entre o avermelhado e o amarelo, dependendo do teor de caroteno.⁴³ Os molhos analisados (S1 e S2) apresentam uma cor clara (L^*1 : 61,32; L^*2 : 53,64), ligeiramente intensa (c^*1 : 65,39; c^*2 : 53,9) e vermelho-amarelada ($h1$: 69,97; $h2$: 66,13). A diferença óbvia entre as cores das duas amostras ($\Delta E^*14,4$) pode ser explicada pela variação entre as formulações. A cor é geralmente considerada um atributo importante para a aparência de um alimento. Por exemplo, antes de um alimento ser consumido, os atributos de cor ajudam a determinar as expectativas de sabor, aroma e palatabilidade. A cor esperada do molho de pimenta é o vermelho, que está intimamente associado a fatores como frescor, maturação e desejabilidade.⁴⁴⁻⁴⁶ Os molhos picantes de caqui (S1 e S2) têm uma cor avermelhada; por conseguinte, presume-se que a cor do produto desenvolvido neste estudo deve ser aceitável para os consumidores de molhos picantes.

Figura 2. Parâmetros e índices de cor dos molhos picantes de caqui.

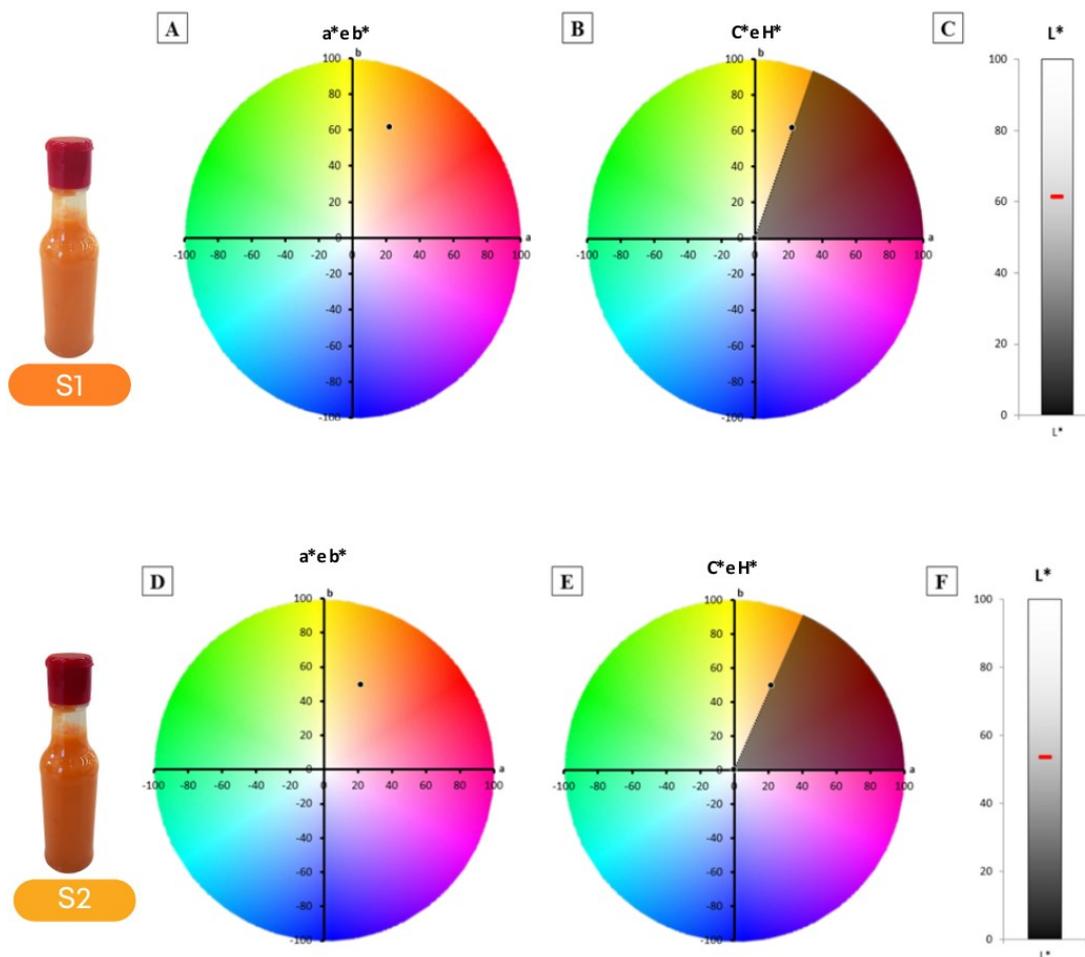


Figura 2. Gráfico a^*b^* (A), gráfico C^*H^* (B) e gráfico L^* (C) para o molho 1 e gráfico a^*b^* (D), gráfico C^*H^* (E) e gráfico L^* (F) para o molho 2. No gráfico a^*b^* , o ponto preto representa o ponto (a^* , b^*) da amostra. No gráfico C^*H^* , C^* é graficamente o comprimento da linha a tracejado, e H^* é representado como o ângulo do sector escuro. No gráfico L^* , a linha vermelha representa o L^* da amostra.

Análise microbiológica

De acordo com os resultados, as amostras S1 e S2 apresentaram um teor de coliformes termotolerantes inferior a 3 NMP g⁻¹ e ausência de colônias típicas de *Salmonella* sp. em 25 g de amostra. Resultados semelhantes para o número de coliformes termotolerantes e análise de *Salmonella* sp. foram relatados por Silva et al.¹⁹ em seu estudo com molho agridoce de açaí.

As determinações microbiológicas de bolores e leveduras foram efetuadas, uma vez que os fungos são mais tolerantes a valores de pH ácido do que as bactérias, e podem levar à deterioração do molho.^{19,47} Os resultados para as leveduras e bolores foram inferiores a 10 UFC/g em todas as amostras (S1 e S2). Resultados diferentes foram encontrados para molhos disponíveis em Bangladesh; os níveis de leveduras e bolores variaram de 50 a 500 UFC/g.⁴⁸

Os resultados do presente estudo estão de acordo com a legislação brasileira, que estabelece para molhos a ausência de colônias típicas de *Salmonella* sp. em 25 g de amostra e um limite de 10 UFC/g para bolores e leveduras.⁴⁹ A aplicação de boas práticas higiênico-sanitárias é necessária para garantir a segurança dos alimentos desde a produção até o consumo.⁵⁰ As características microbiológicas dos molhos S1 e S2 são um indicativo de práticas adequadas de manipulação e condições higiênicas satisfatórias no processo de produção.

Teor fenólico total (TPC), teor de flavonoides totais (TFC) e atividade antioxidante dos molhos picantes de caqui

Caqui é o ingrediente nos molhos (S1 e S2). Este fruto é rico em compostos bioativos e, por isso, conhecido por várias propriedades, tais como a atividade antioxidante.⁵¹ A Tabela 3 mostra os resultados dos testes ABTS, DPPH, TPC e TFC para as formulações.

Tabela 3. Compostos fenólicos totais (TPC), compostos flavonoides totais (TFC) e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) dos molhos de caqui picante. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2022

Análises	S1 (Avg ± SD)	S2 (Avg ± SD)
TPC (µg GAE g ⁻¹)	265,16 ± 44,06 ^a	358,94 ± 8,23 ^b
TFC (µg RE g ⁻¹)	729,63 ± 52,51 ^a	568,68 ± 13,98 ^b
ABTS (IC ₅₀) (µg mL ⁻¹)	3.103,08 ± 413,89 ^a	2.976,31 ± 325,62 ^a
DPPH (IC ₅₀) (µg mL ⁻¹)	3.061,33 ± 466,09 ^a	1.944,88 ± 118,17 ^b

¹ TPC - teor fenólico total; GAE - equivalentes de ácido gálico; IC₅₀ - concentração de um antioxidante que reduz em cerca de 50% o radical livre ABTS ou DPPH; Avg - valor médio; SD - desvio padrão. Numa linha específica desta tabela, quando os extratos do molho 1 (S1) foram comparados com os extratos do molho 2 (S2) em relação a um parâmetro que foi medido para ambos, os valores marcados com letras diferentes na mesma linha foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

² Molho picante de caqui 1 (S1) ingredientes: caqui; alho; azeite; vinagre de vinho branco; sal; pimenta dedo de moça; água. Molho picante de caqui 2 (S2) ingredientes: caqui; alho; azeite; vinagre de vinho branco; sal; pimenta dedo de moça; água; noz-moscada em pó; cravo; canela em pó.



O valor médio de TPC de S2 é maior ($p < 0,05$) do que o valor médio de TPC de S1. Esta diferença pode estar associada a presença das especiarias (cravo, canela e noz-moscada) utilizados na formulação S2.⁵² Os valores de TPC encontrados nos molhos S1 e S2 do presente trabalho são superiores aos de outros produtos de caqui. Por exemplo, o TPC de um ketchup de caqui com pimenta foi de $73,2 \mu\text{g GAE g}^{-1}$ e o TPC de um chutney de caqui sem açúcar foi de $35,1 \mu\text{g GAE g}^{-1}$.⁹ Essas diferenças entre o TPC dos produtos de caqui podem ser atribuídas às diferentes formulações, bem como à variabilidade na produção desses produtos. A média de TFC de S1 é maior ($p < 0,05$) do que a média de S2. Considerando que o teor de flavonoides é fortemente influenciado por fatores como a preparação e o processamento dos alimentos, a possível não padronização das etapas de preparação dos molhos pode ter tido impacto na preservação desses compostos.⁵³

A composição dos ingredientes utilizados na produção do molho afeta a TPC e a TFC. Os molhos de caqui S1 e S2 apresentaram uma quantidade menor de TPC e TFC em relação aos molhos feitos com outras frutas e vegetais como o açaí e o tomate. Os teores de TPC encontrados para os molhos de açaí foram de $141,00$ e $158,16 \text{ mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$.¹⁹ Os resultados obtidos para a TPC e TFC do molho de tomate foram de $881 \text{ mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$ e $726 \text{ mg RE } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente.⁴⁰ É importante ressaltar que o ácido ascórbico e os açúcares não foram separados na amostra, desta forma, é limitação deste estudo para a análise de TPC.⁵⁴

Não foi observada nenhuma diferença estatística entre S1 e S2 ($p > 0,05$) em relação à análise ABTS. Por outro lado, o valor médio de IC50 (DPPH) de S1 foi maior ($p < 0,05$) do que o valor de IC50 (DPPH) de S2. Observando a análise de DPPH, o potencial antioxidante da amostra S2 foi mais evidente do que o da amostra S1. Pelo menos em parte, este comportamento pode ser explicado pela presença de fortes componentes antioxidantes na S2, provenientes das especiarias. Por exemplo, o eugenol contido no óleo essencial de cravo apresentou a mais forte atividade antioxidante e de eliminação de radicais livres em comparação com o hidroxianisolbutilado, o hidroxitoluenobutilado, o atocoferol e o Trolox.⁵⁵ Em adição, a miristicina, principal componente aromático dos óleos essenciais de *Myristicafragrans* (noz-moscada), possui significativa atividade antioxidante.⁵⁶

Compostos voláteis de molhos picantes de caqui

A Tabela 4 apresenta os compostos voláteis encontrados nas amostras de molho picante de caqui (S1 e S2). Dos 40 compostos enumerados na Tabela 4, apenas três não foram identificados (detectados apenas nas amostras S1). A análise dos molhos de caqui permitiu detectar e identificar 37 compostos voláteis, incluindo 4 monoterpenos, 4 monoterpenos oxigenados, 4 compostos organossulfurados, 5 aldeídos, 7 fenilpropanoides, 7 sesquiterpenos, 3 ácidos carboxílicos, 1 lactona e 2 álcoois.

Tabela 4. Identificação e quantificação de compostos voláteis em molhos picantes de caqui. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2022

Compostos voláteis	LRI (calculado)	LRI (literatura)	S1 (Avg ± SD) %	S2 (Avg ± SD) %	Descrição do odor
Monoterpeno					
Limoneno	1029	1031 Φ	9,92 ± 1,00 ^a	0,76 ± 1,08 ^b	limão, laranja
m-cymeno	1023	1026 *	Nd	1,05 ± 0,01	solvente, gasolina, citrus
γ-terpineno	1063	1062 *	Nd	1,73 ± 0,06	gasolina, terebintina
α-terpinoleno	1087	1086 §	Nd	0,61 ± 0,02	-
Oxmonoterpeno oxigenado					
Eucaliptol	1033	1033 Φ	15,87 ± 0,04 ^a	1,04 ± 0,09 ^b	menta, doce terebintina, noz-
terpinen-4-ol	1182	1179 Φ	Nd	11,28 ± 0,84	moscada, mosto
α-terpineol	1192	1198 Φ	Nd	1,04 ± 0,00	óleo, anis, hortelã
geranilacetona	1447	1448 Φ	1,36 ± 0,17	Nd	-
Organossulfureto					
dissulfureto de dialilo	1067	1077 *	3,26 ± 0,01 ^a	0,84 ± 0,04 ^b	-
trissulfureto de dialilo	1289	1289 §	10,9 ± 0,07 ^a	2,73 ± 0,04 ^b	-
3-Vinil-1,2- ditiaciociclohex-4- eno	1190	1190 *	5,32 ± 0,49 ^a	1,20 ± 0,13	-
3-Vinil-1,2- ditiaciociclohex-5- eno	1197	1197 *	8,73 ± 0,11 ^a	1,59 ± 0,06 ^b	-
Aldeído					
Nonanal	1097	1098 Φ	2,01 ± 0,02	Nd	gordura, citrus, verde
2-decenal	1255	1260 *	9,17 ± 0,32 ^a	0,71 ± 0,01 ^b	sebo, laranja
Undecanal	1340	1365Φ	1,35 ± 0,08	Nd	óleo, picante, doce
Cinnamaldeído	1266	1266 §	Nd	17,36 ± 1,90	canela, tinta
2-Metoxicinamaldeído	1512	1505 *	Nd	0,52 ± 0,04	-
Fenilpropanoide					
Safrol	1285	1286 *	Nd	2,76 ± 0,12	Especiarias, doce, quente
eugenol	1355	1356 Φ	Nd	3,89 ± 0,03	Cravo, mel
metil isoeugenol	1495	1495 *	Nd	1,66 ± 0,11	-
metil eugenol	1400	1401 *	Nd	6,07 ± 0,09	Cravo, especiarias Especiarias, quente,
miristicina	1511	1515 §	Nd	15,46 ± 0,26	balsâmico
elemicina	1540	1540 Φ	Nd	16,35 ± 1,11	Especiarias, flor
isoelemicina	1580	1581 §	Nd	0,89 ± 0,01	Especiarias, flor

Tabela 4. Identificação e quantificação de compostos voláteis em molhos picantes de caqui. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2022. (Cont.)

Compostos voláteis	LRI (calculado)	LRI (literatura)	S1 (Avg ± SD) %	S2 (Avg ± SD) %	Descrição do odor
Sesquiterpeno					
Cadalene	1610	1636 Φ	4,87 ± 2,74	Nd	-
α-copaeno	1375	1376 *	Nd	1,84 ± 0,18	Madeira, especiarias
trans-cariofileno	1418	1418 §	Nd	1,07 ± 0,25	-
α-bergamoteno	1435	1436 §	Nd	0,36 ± 0,11	Madeira, quente, chá
α-muuroleno	1499	1499 *	Nd	1,03 ± 0,14	Madeira
β-bisaboleno	1509	1506 *	Nd	0,53 ± 0,13	Balsâmico
1,4-Cadinadieno	1525	1531 Φ	Nd	0,36 ± 0,13	-
Ácido carboxílico					
ácido dodecanoico (láurico)	1565	1568 Φ	7,28 ± 2,28 ^a	1,55 ± 0,22 ^b	-
ácido tetradecanoico (mirístico)	1760	1751 *	7,09 ± 1,28 ^a	2,66 ± 1,14 ^b	-
ácido hexadecanoico (palmítico)	1970	1970 *	4,51 ± 0,19 ^a	0,55 ± 0,58 ^b	-
Lactona					
Cumarina	1428	1428 Φ	Nd	0,51 ± 0,02	Verde, doce
Álcool					
1-octanol	1065	1070 *	1,60 ± 0,07	Nd	-
Nonadecanol	2130	2175Φ	0,76 ± 0,1	Nd	-
Compostos que não foram identificados					
NI	1090	-	2,41 ± 0,13	Nd	-
NI	1105	-	2,41 ± 0,09	Nd	-
NI	2135	-	1,22 ± 0,07	Nd	-

¹ RI, índice de Kovats modificado (Van Den Dool e Kratz, 1963), calculado utilizando alcanos C9-C26; Nd - não detectado; (Avg ± SD)% - percentagem do composto em relação à área total do cromatograma (técnica de normalização) expressa como valor médio ± desvio padrão; Avg - valor médio determinado nas análises das amostras; Sd - desvio padrão; Todos os compostos foram identificados com o auxílio dos dados dos espectros de massa e pela comparação do LRI calculado com o LRI teórico (LRI obtido da literatura). Numa linha específica da tabela, os valores marcados com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); Referências para LRI-literatura: *NIST; Φ PHEROBASE; § PUBCHEM. Descrição do odor: recolhida do sítio Web: <https://www.flavornet.org/flavornet.html>

² Molho picante de caqui 1 (S1) ingredientes: caqui; alho; azeite; vinagre de vinho branco; sal; pimenta dedo de moça; água. Molho picante de caqui 2 (S2) ingredientes: caqui; alho; azeite; vinagre de vinho branco; sal; pimenta dedo de moça; água; noz-moscada em pó; cravo; canela em pó.

Foram encontrados dez compostos em comum na fração volátil de ambos os molhos: Limoneno, eucaliptol, dissulfureto de dialilo, trissulfureto de dialilo, 3-vinil-1,2- ditiaciclohex-4-eno, 3-vinil-1,2- ditiaciclohex-5-eno, 2-decenal, ácido dodecanoico, ácido tetradecanoico e ácido hexadecanoico. É importante notar que os ingredientes em comum presentes em S1 e S2 – caqui, alho, azeite, e pimenta dedo de moça – também são associados aos compostos voláteis acima referidos. Por exemplo, o limoneno, o eucaliptol e o 2-decenal já foram identificados como componentes da fração volátil do caqui.⁵⁷⁻⁶⁰ O limoneno e o eucaliptol também foram encontrados na fração volátil da pimenta dedo de moça.⁶¹ O azeite pode ser associado à presença de ácidos carboxílicos em ambos os molhos. Os compostos dissulfeto de dialila, trissulfeto de dialila, 3-vinil-1,2-ditiaciclohex-4- eno e 3-vinil-1,2-ditiaciclohex-5-eno são responsáveis pelo aroma característico do alho. Além disso, estes compostos têm sido associados a atividades anticancerígenas e anti-tumorigênicas.⁶²⁻⁶⁶

Para além dos ingredientes contidos no molho S1, a formulação da amostra S2 contém especiarias como noz-moscada, cravo e canela. Por este motivo, a S2 tem uma composição mais rica (31 compostos) do que a S1 (19 compostos). As especiarias são frequentemente utilizadas como conservantes e para dar sabor aos alimentos; são também conhecidas como o grupo das plantas aromáticas.

Neste trabalho, os compostos fenilpropanoides e sesquiterpenos, em particular, estão associados às especiarias.⁶⁷⁻⁶⁹ De acordo com a análise quantitativa da composição química do molho S2, destacam-se os compostos miristicina, elemicina e cinamaldeído, por estarem presentes em grandes quantidades. Segundo Butzge et al.,⁷⁰ o cinamaldeído, a miristicina e a elemicina são provavelmente responsáveis pela atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* (canela), *Syzygium aromaticum* (cravinho) e *Myristica fragrans* (noz-moscada).

O aroma é um dos fatores mais importantes na preferência dos consumidores e na escolha de determinados produtos. O aroma é produzido por um amplo espectro de diferentes compostos voláteis. A relevância sensorial dos compostos pode ser estimada utilizando o limiar de odor (*odor threshold* - OT). Este parâmetro é definido como a concentração mínima de um composto volátil que pode ser percebido pelo olfato humano.^{71,72}

Neste estudo, o aroma da amostra S1 pode ser influenciado pela presença de limoneno, eucaliptol e trissulfureto de dialilo devido à sua concentração relativamente elevada e baixo limiar de odor.⁶⁸ O limoneno tem um odor de limão e laranja e um OT em água equivalente a $10 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto o eucaliptol tem um OT baixo em água ($12 \mu\text{g L}^{-1}$) e o seu aroma é normalmente associado a menta e doce.⁷³ O trissulfureto de dialilo presente no molho S1 contribui para as notas pungentes, herbáceas e metálicas (OT: $0,34 \mu\text{g L}^{-1}$).⁷⁴ Os ácidos carboxílicos, tais como o ácido dodecanoico (ácido láurico) e o ácido tetradecanoico (ácido mirístico), são frequentemente considerados *off-flavors* em matrizes alimentares, uma vez que seus sabores estão normalmente associados a notas desagradáveis, de queijo e ranço.⁷⁵ Esses ácidos carboxílicos foram encontrados em quantidades consideráveis na amostra S1, mas provavelmente não podem ser considerados como um composto *off-flavor* importante nesta amostra, uma vez que seu OT é de $10.000 \mu\text{g L}^{-1}$.⁷⁶ As elevadas concentrações relativas de elemicina e miristicina e os baixos OT tornam relevante sua contribuição para o sabor do molho S2. As propriedades sensoriais destes compostos têm sido descritas como picante, quente, balsâmico e floral, com um limiar de odor de detecção de 25 ppb em água.^{77,78} Apesar da elevada concentração de cinamaldeído, seu OT ($750 \mu\text{g L}^{-1}$) é classificado como elevado. Portanto, não pode ser classificado como um composto odorífero ativo desta amostra.⁷⁹



CONCLUSÃO

O desenvolvimento de molhos à base de caqui se mostrou como uma alternativa para a utilização deste fruto e contribui para aumentar o conteúdo de fibra e compostos antioxidantes em produtos como molhos alimentícios.

A utilização do caqui na formulação de molhos representa uma abordagem inovadora e eficaz para promover o consumo deste fruto, mesmo na entressafra, e reduzir suas perdas pós-colheita, reforçando seu potencial como ingrediente funcional em novos alimentos. Ambos os molhos apresentaram adequadas características físico-químicas e microbiológicas.

As amostras revelaram alta atividade antioxidante. A adição de especiarias (noz-moscada, cravo e canela) ao molho à base de caqui influenciou as propriedades sensoriais (cor e aroma) e bioativas (atividade antioxidante) deste produto.

Faz-se necessário continuar as investigações para estudar o perfil sensorial e a aceitabilidade dos molhos desenvolvidos, ampliando seu potencial de inovação e aceitação no mercado. Além disso, recomendam-se estudos futuros para analisar os compostos voláteis utilizando padrões internos, para explorar a possível extensão deste trabalho para além do campo da Dietética.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UERJ, à UNIRIO, ao INT, à Comissão de Aperfeiçoamento do Programa de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (código001), à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) - E-26/010/002738/2019; E26/211.985/2021; e E-26/201.428/2022, pelo suporte e apoio financeiro. Os autores agradecem aos agricultores familiares da Feira Agroecológica na UERJ (FAU-UERJ), pelo apoio no fornecimento de caquis.

REFERÊNCIAS

1. Murali P, Hamid, Shams R, Dar AH. Insights on nutritional profile, nutraceutical components, pharmacological potential, and trending utilization of persimmon cultivars: A review. *Food Chemistry Advances* 2023;3:100431. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100431>.
2. Rabelo J, Matheus V, Andrade CJ De, Fontanive R, Elizabeth A, Fai C. Persimmon (*Diospyros Kaki L.*): Chemical Properties, Bioactive Compounds and Potential Use in the Development of New Products – A Review. *Food Reviews International* 2020;00:1-18. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733597>.
3. FAO. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT) 2022. [Accessed June 21, 2023]. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
4. Santos CM, Abbade EB, Fai AEC. Assessing land, nutrients and monetary value associated with postharvest loss of persimmon in Brazil: pathways toward sustainability in agri-food systems. *British Food Journal* 2023;125:4357-71. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2022-0895>.
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Agro. IBGE - Censo Agro 2017 2022. [Accessed September 25, 2024]. <https://censoagro2017.ibge.gov.br/resultados-censo-agro-2017.html>
6. Wardak MH, Nkede FN, Van TT, Meng F, Xirui Y, Jothi JS, et al. Development of a coating material composed of sodium alginate and kiwifruit seed essential oil to enhance persimmon fruit quality using a novel partial coating technique. *Food Packag Shelf Life* 2024;45:101331. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101331>.
7. Jia Y, Wang Z, Liang X, Tu C, Khalifa I, Wang C, et al. Unlocking the potential of persimmons: A comprehensive review on emerging technologies for post-harvest challenges, processing innovations, and prospective applications. *Food Chem* 2024;459:140344. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140344>.

8. Conesa C, Seguí L, Fito P. Hydrolytic Performance of *Aspergillus niger* and *Trichoderma reesei* Cellulases on Lignocellulosic Industrial Pineapple Waste Intended for Bioethanol Production. *WasteBiomassValorization* 2018;9:1359-68. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9887-z>.
9. Santana I, Matheus JRV, Serrano Pinheiro de Souza T, Silva GA da, Lacerda ECQ, Araújo JC, et al. Insights into Developing Persimmon-based Food Products: Bibliometric Analysis and the Innovative Formulation of Chutney and Ketchup. *Journal of Culinary Science & Technology* 2022;1-36. <https://doi.org/10.1080/15428052.2022.2060159>.
10. dos Santos RR, Guarnieri P. Social gains for artisanal agroindustrial producers induced by cooperation and collaboration in agri-food supply chain. *Social Responsibility Journal* 2021;17:1131-49. <https://doi.org/10.1108/SRJ-09-2019-0323>.
11. Ferrara L. Persimmon (*Diospyros kaki* L.): Nutritional importance and potential pharmacological activities of this ancient fruit 2021;7:1-4.
12. Wei J, Li Y, Liu Y, Liu S, Yang X, Wang X. Process Optimization for Production of Persimmon Wine with Lower Methanol. *Foods* 2024;13:748. <https://doi.org/10.3390/foods13050748>.
13. Zhang L, Wang M, Song H, Liang W, Wang X, Sun J, et al. Changes of microbial communities and metabolites in the fermentation of persimmon vinegar by bioaugmentation fermentation. *Food Microbiol* 2024;122:104565. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2024.104565>.
14. Suna S, Kalkan S, Dinç M, Çopur ÖU. Production of low calorie persimmon marmalades with stevia and maltitol: physicochemical properties and in vitro bioaccessibility of polyphenols. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2023;17:1082-95. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01676-9>.
15. Hernández-Carrión M, Varela P, Hernando I, Fiszman SM, Quiles A. Persimmon milkshakes with enhanced functionality: Understanding consumers' perception of the concept and sensory experience of a functional food. *LWT - Food Science and Technology* 2015;62:384-92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.063>.
16. Cho J-H, Kim I-D, Dhungana SK, Do H-M, Shin D-H. Persimmon fruit enhanced quality characteristics and antioxidant potential of beer. *Food Sci Biotechnol* 2018;27:1067-73. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0340-2>.
17. Curi PN, Tavares BS, Almeida AB, Pio R, Pasqual M, Peche PM, et al. Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. *An Acad Bras Cienc* 2017;89:1205-20. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160101>.
18. Brasil. Resolução-RDC No 276, de 22 de setembro de 2005. 2005. [Accessed September 25, 2024]. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0276_22_09_2005.html
19. da Silva MM, Lemos T de O, Rodrigues M do CP, de Araújo AMS, Gomes AMM, Pereira ALF, et al. Sweet-and-sour sauce of assai and unconventional food plants with functional properties: An innovation in fruit sauces. *Int J Gastron Food Sci* 2021;25:100372. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100372>.
20. Carcelli A, Albertini A, Vittadini E, Carini E. Strawberry ripple sauce: A semi-solid fibre syrup to reduce sugar content. *Int J Gastron Food Sci* 2021;25:100411. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100411>.
21. Ahouagi VB, Mequelino DB, Tavano OL, Garcia JAD, Nachtigall AM, Vilas Boas BM. Physicochemical characteristics, antioxidant activity, and acceptability of strawberry-enriched ketchup sauces. *Food Chem* 2021;340:127925. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127925>.
22. Pereira WFS, De Oliveira Lemos T, Abreu VKG, de Vasconcelos AGD, Pinto RA, Pereira ALF. Effect of partial substitution of tomato for avocado on physico-chemical and sensory aspects of sweet-and-sour sauce. *J Food Sci Technol* 2022. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05428-x>.
23. Kaur M, Aggarwal P, Kumar V. Effect of chilli varieties and storage conditions on quality attributes of honey chilli sauce: A preservation study. *J Food Process Preserv* 2021;45. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15734>.
24. Dini I, Laneri S. Spices, Condiments, Extra Virgin Olive Oil and Aromas as Not Only Flavorings, but Precious Allies for Our Wellbeing. *Antioxidants* 2021;10:868. <https://doi.org/10.3390/antiox10060868>.
25. Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4a Edição - 1a Edição Digital. Instituto Adolfo Lutz 2008;IV:1018.
26. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). 2020. <http://www.fcf.usp.br/tbca>. (accessed June 19, 2022).
27. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO 4a edição revisada e ampliada. Campinas, São Paulo: 2011.



28. Matheus JRV, Nogueira TB de B, Pereira APA, Correia TR, de Sousa AMF, Pastore GM, et al. Antibacterial films made with persimmon (*Diospyros kaki* L.), pectin, and glycerol: An experimental design approach. *J Food Sci* 2021;86:4539-53. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15886>.
29. Delgado-González MJ, Carmona-Jiménez Y, Rodríguez-Dodero MC, García-Moreno M V. Color Space Mathematical Modeling Using Microsoft Excel. *J ChemEduc* 2018;95:1885-9. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00681>.
30. Matheus JRV, de Assis RM, Correia TR, da Costa Marques MR, Leite MCAM, Pelissari FM, et al. Biodegradable and Edible Film Based on Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Used as a Lid for Minimally Processed Vegetables Packaging. *Food Bioproc Tech* 2021;14:765-79. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02595-1>.
31. American Public Health Association. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 2nd ed. Washington, DC: APHA; 1984.
32. da Silva N, Junqueira VCA, Silveira NFA, Taniwaki MH, Santos RFS, Gomes RAR. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água [Food and water microbiological analysis methods manual]*. Varela; 2010.
33. Rufino M do SM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio C de G, Pérez-Jiménez J, et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. *Comunicado Técnico Embrapa* 2007;127:1-4.
34. de Souza WFM, Mariano XM, Isnard JL, de Souza GS, de Souza Gomes AL, de Carvalho RJT, et al. Evaluation of the volatile composition, toxicological and antioxidant potentials of the essential oils and teas of commercial Chilean boldo samples. *Food Research International* 2019;124:27-33. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.059>.
35. Brito TBN, Pereira APA, Pastore GM, Moreira RFA, Ferreira MSL, Fai AEC. Chemical composition and physicochemical characterization for cabbage and pineapple by-products flour valorization. *LWT* 2020;124:109028. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109028>.
36. Govindarajan R, Rastogi S, Vijayakumar M, Shirwaikar A, Rawat AKS, Mehrotra S, et al. Studies on the Antioxidant Activities of *Desmodium gangeticum*. *Biol Pharm Bull* 2003;26:1424-7. <https://doi.org/10.1248/bpb.26.1424>.
37. Wang C, Zhang W, Li H, Mao J, Guo C, Ding R, et al. Analysis of Volatile Compounds in Pears by HS-SPME-GC×GC-TOFMS. *Molecules* 2019;24:1795. <https://doi.org/10.3390/molecules24091795>.
38. Adams RP. *Identification of Essential Oil Components by Gas chromatography / Quadrupole Mass Spectroscopy*. USA: Allured Publishing Corporation; 2001.
39. Bizzo HR, Brilhante NS, Nolvachai Y, Marriott PJ. Use and abuse of retention indices in gas chromatography. *J Chromatogr A* 2023;1708:464376. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464376>.
40. Tomas M, Beekwilder J, Hall RD, Diez Simon C, Sagdic O, Capanoglu E. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. *Food Research International* 2018;106:129-35. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.050>.
41. Kumar V, Kumar L, Kumar K, Goyal SK, Kumar A, Jain G. Physico-chemical and quality evaluation of tomato ketchup during storage. *South Asian Journal of Food Technology and Environment* 2015;01:250-5. <https://doi.org/10.46370/sajfte.2015.v01i03and04.07>.
42. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. (Instrução Normativa-IN no75, de 8 de outubro de 2020). n.d.
43. Direito R, Rocha J, Sepodes B, Eduardo-Figueira M. From *Diospyros kaki* L. (Persimmon) Phytochemical Profile and Health Impact to New Product Perspectives and Waste Valorization. *Nutrients* 2021;13:3283. <https://doi.org/10.3390/nu13093283>.
44. Pathare PB, Opara UL, Al-Said FAJ. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioproc Tech* 2013;6:36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>.
45. Ueda J, Spence C, Okajima K. Effects of varying the standard deviation of the luminance on the appearance of food, flavour expectations, and taste/flavour perception. *Sci Rep* 2020;10:1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73189-8>.
46. Low KH, Zain SMd, Abas MhdR, Khan RA. Characterization of commercial chili sauce varieties according to their chemical and physical properties using chemometric methods. *Sens Instrum Food Qual Saf* 2009;3:203-10. <https://doi.org/10.1007/s11694-009-9086-0>.

47. Mahmood A, TuanZainazor TC, Anuar NR. Effect of garlic (*Allium sativum* L.) on the physicochemical, microbiological and sensory properties of chili sauce. *Food Res* 2019;3:416-21. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(5\).070](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(5).070).
48. Anandsynal, Mumtaz B, Motalab M, Jahan S, Hoque MM, Saha BK. Nutritional and microbiological evaluation on sauces and ketchups available in Bangladesh. *Int Food Res J* 2018;25:357-65.
49. Brasil. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*; 2019.
50. Kamboj S, Gupta N, Bandral JD, Gandotra G, Anjum N. Food safety and hygiene: A review. *Int J Chem Stud* 2020;8:358-68. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2f.8794>.
51. Hwang KC, Shin HY, Kim WJ, Seo MS, Kim H. Effects of a high-molecular-weight polysaccharides isolated from Korean persimmon on the antioxidant, anti-inflammatory, and antiwrinkle activity. *Molecules* 2021;26. <https://doi.org/10.3390/molecules26061600>.
52. Ali A, Wu H, Ponnampalam EN, Cottrell JJ, Dunshea FR, Suleria HAR. Comprehensive Profiling of Most Widely Used Spices for Their Phenolic Compounds through LC-ESI-QTOF-MS2 and Their Antioxidant Potential. *Antioxidants* 2021;10:721. <https://doi.org/10.3390/antiox10050721>.
53. Huber LS, Rodriguez-Amaya DB. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara* 2008;19:97-108.
54. Nacz M, Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J Chromatogr A* 2004;1054:95-111. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.059>.
55. Gülçin İ. Antioxidant Activity of Eugenol: A Structure-Activity Relationship Study. *J Med Food* 2011;14:975-85. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0197>.
56. Ashokkumar K, Simal-Gandara J, Murugan M, Dhanya MK, Pandian A. Nutmeg *Myristica fragrans* Houtt.) essential oil: A review on its composition, biological, and pharmacological activities. *Phytotherapy Research* 2022;36:2839-51. <https://doi.org/10.1002/ptr.7491>.
57. Amorim C, Alves Filho EG, Rodrigues THS, Bender RJ, Canuto KM, Garruti DS, et al. Volatile compounds associated to the loss of astringency in 'Rama Forte' persimmon fruit. *Food Research International* 2020;136:109570. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109570>.
58. Besada C, Sanchez G, Salvador A, Granell A. Volatile compounds associated to the loss of astringency in persimmon fruit revealed by untargeted GC-MS analysis. *Metabolomics* 2013;9:157-72. <https://doi.org/10.1007/s11306-012-0436-2>.
59. Grygorieva OV, Klymenko SV, Ilyinska AP, Onyshchuk LM. Determination of volatile compounds in fruits of *Diospyros virginiana* L. *Plant Introduction* 2018;80:89-97. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2576118>.
60. Martineli M, Alves AAR, Figueiredo GM de, Rezende CM de, Fonseca MJ de O. Caqui cv. "Mikado": análise de compostos voláteis em frutos adstringentes e destanzados. *Ciência Rural* 2013;43:1516-21. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000800028>.
61. Bogusz Junior S, Tavares AM, Filho JT, Zini CA, Godoy HT. Analysis of the volatile compounds of Brazilian chilli peppers (*Capsicum* spp.) at two stages of maturity by solid phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Food Research International* 2012;48:98-107. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.02.005>.
62. Jiang X, Zhu X, Xu H, Zhao Z, Li S, Li S, et al. Diallyl trisulfide suppresses tumor growth through the attenuation of Nrf2/Akt and activation of p38/JNK and potentiates cisplatin efficacy in gastric cancer treatment. *Acta Pharmacol Sin* 2017;38:1048-58. <https://doi.org/10.1038/aps.2016.176>.
63. Liang JJ, Li HR, Chen Y, Zhang C, Chen DG, Liang ZC, et al. Diallyl Trisulfide can induce fibroblast-like synovial apoptosis and has a therapeutic effect on collagen-induced arthritis in mice via blocking NF-κB and Wnt pathways. *Int Immunopharmacol* 2019;71:132-8. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2019.03.024>.
64. Ansary J, Forbes-Hernández TY, Gil E, Cianciosi D, Zhang J, Elexpuru-Zabaleta M, et al. Potential Health Benefit of Garlic Based on Human Intervention Studies: A Brief Overview. *Antioxidants* 2020;9:619. <https://doi.org/10.3390/antiox9070619>.
65. Molina-Calle M, Priego-Capote F, Luque de Castro MD. Headspace-GC-MS volatile profile of black garlic vs fresh garlic: Evolution along fermentation and behavior under heating. *LWT* 2017;80:98-105. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.010>.



66. Serrano HDA, Mariezcurrena-Berasain MA, Del Carmen Gutiérrez Castillo A, Carranza BV, Pliego AB, Rojas MT, et al. Antimicrobial resistance of three common molecularly identified pathogenic bacteria to *Allium* aqueous extracts. *MicrobPathog*2020;142:104028. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104028>.
67. Huang L, Ho C-T, Wang Y. Biosynthetic pathways and metabolic engineering of spice flavors. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021;61:2047-60. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1769547>.
68. Idowu S, Adekoya AE, Igiehon OO, Idowu AT. Clove (*Syzygium aromaticum*) spices: a review on their bioactivities, current use, and potential application in dairy products. *Journal of Food Measurement and Characterization* 2021;15:3419-35. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00915-9>.
69. Cárdenas DM, Cala A, Mejías FJR, Zorrilla JG, Macías FA. Sesquiterpenes in Cereals and Spices. *Handbook of Dietary Phytochemicals*, Singapore: Springer Singapore; 2020, p. 1-63. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1745-3_16-1.
70. Butzge JC, Ferrão SK, Mezzomo L, Calil LN, Mezzari A, Limberger RP, et al. Antifungal activity of essential oils from *Cinnamomum cassia*, *Myristica fragrans* and *Syzygium aromaticum* against *Rhodotorula mucilaginosa*. *Drug Analytical Research* 2020;4:3-11. <https://doi.org/10.22456/2527-2616.104615>.
71. Brito TBN, R.S. Lima L, B. Santos MC, A. Moreira RF, Cameron LC, C. Fai AE, et al. Antimicrobial, antioxidant, volatile and phenolic profiles of cabbage-stalk and pineapple-crown flour revealed by GC-MS and UPLC-MSE. *Food Chem* 2021;339:127882. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127882>.
72. Oliver-Simancas R, Muñoz R, Díaz-Maroto MC, Pérez-Coello MS, Alañón ME. Mango by-products as a natural source of valuable odor-active compounds. *J Sci Food Agric* 2020;100:4688-95. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10524>.
73. Mariano XM, de Souza WFM, Rocha CB, Moreira RFA. Bioactive volatile fraction of Chilean boldo (*Peumusboldus Molina*) – an overview. *Journal of Essential Oil Research* 2019;31:474-86. <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1617797>.
74. Abe K, Hori Y, Myoda T. Characterization of key aroma compounds in aged garlic extract. *Food Chem* 2020;312:126081. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126081>.
75. Marques TS, Moreira RFA, Ayres EMM. Characterization of the essential oils from leaves of different sweet potato cultivars grown in Brazil. *South African Journal of Botany* 2022;144:18-22. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.005>.
76. Pino JA, Quijano CE. Study of the volatile compounds from plum (*Prunus domestica* L. cv. Horvin) and estimation of their contribution to the fruit aroma. *Food Science and Technology* 2012;32:76-83. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000006>.
77. Kjeldsen F, Christensen LP, Edelenbos M. Changes in Volatile Compounds of Carrots (*Daucus carota* L.) During Refrigerated and Frozen Storage. *J Agric Food Chem* 2003;51:5400-7. <https://doi.org/10.1021/jf030212q>.
78. BATTERY RG, TAKEOKA GR. Cooked Carrot Volatiles. AEDA and Odor Activity Comparisons. Identification of Linden Ether as an Important Aroma Component. *J Agric Food Chem* 2013;61:9063-6. <https://doi.org/10.1021/jf402827e>.
79. Sun X, Du J, Xiong Y, Cao Q, Wang Z, Li H, et al. Characterization of the key aroma compounds in Chinese Jing Jiu by quantitative measurements, aroma recombination, and omission experiment. *Food Chem* 2021;352:129450. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129450>.

Colaboradoras

Maragoni-Santos C contribuiu com o desenvolvimento do produto, coletou os dados, realizou a análise, escreveu o artigo, contribuiu com dados e ferramentas de análise; Santana I desenvolveu o produto, coletou os dados e contribuiu com ferramentas de análise; Ribeiro LO coletou os dados e realizou a análise; Mora BM, Martins BAC, Ferreira C, Cardoso LLS, Santos LM, de Oliveira LS contribuíram para o desenvolvimento do produto; Jung EP contribuiu com instrumentos de análise; Moreira RFA contribuiu com a análise, escreveu o artigo, contribuiu com instrumentos de análise; Fai AEC concebeu e desenhou a análise, escreveu o artigo, revisão e aprovação da versão final.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Recebido: 29 de maio de 2024

Aceito: 17 de dezembro de 2024