



Avaliação da medida instrumental de cor de *cupcakes* elaborados com óleo de chia microencapsulado durante armazenamento

Evaluation of instrumental color measurement of cupcakes made with microencapsulated chia oil during storage

Lidia Maria Louzada Mantovi¹, Kaoana Daiana Heemann², Maria Clara Costa Alves³, Alex Sanches Torquato⁴, Rosana Aparecida da Silva-Buzanello⁵

RESUMO

O óleo de chia apresenta-se como fonte de ácidos graxos ômega 3 e 6, ácidos graxos essenciais. No entanto, sua baixa estabilidade oxidativa e curta vida útil dificulta sua aplicação industrial como ingrediente. Assim, a microencapsulação apresenta-se como uma alternativa para proteção de óleos bioativos da exposição ao oxigênio, altas temperaturas e à luz, resultando na sua estabilidade durante o armazenamento. O estudo da aplicação de microcápsulas em matrizes alimentares é necessário para avaliar a viabilidade de seu uso. O objetivo desse trabalho foi produzir *cupcakes* adicionados de óleo de chia livre (F1) e microencapsulado (F2), avaliando o seu efeito na medida instrumental de cor das amostras, armazenadas por 9 dias à 18 °C, comparadas à uma formulação controle (C). As microcápsulas foram obtidas por *spray-drying*, utilizando maltodextrina (MD) e isolado proteico de soro de leite (WPI) como encapsulantes (4:1 MD:WPI). Os resultados demonstraram que adição de microcápsulas nos *cupcakes* influenciou na coloração dos bolos, resultando em uma crosta mais escura e maior tonalidade de cor avermelhada, esta última observada também para o miolo. Estes resultados sugerem que a proteína e a maltodextrina presente nas microcápsulas como agentes encapsulantes podem ter influenciado nestes parâmetros, pelo favorecimento da reação de Maillard.

PALAVRAS-CHAVE: cor instrumental, microencapsulação, ômega 3.

ABSTRACT

Chia oil is a source of omega 3 and 6 fatty acids, essential fatty acids. However, its low oxidative stability and short shelf life make its industrial application as an ingredient difficult. Thus, microencapsulation presents as an alternative for protecting bioactive oils from exposure to oxygen, high temperatures and light, resulting in their stability during storage. The study of the application of microcapsules in food matrices is necessary to assess the feasibility of their use. The objective of this work was to produce cupcakes added with free (F1) and microencapsulated (F2) chia oil, evaluating their effect on the instrumental color measurement of the samples, stored for 9 days at 18 °C, compared to a control formulation (C). The microcapsules were obtained by *spray-drying*, using maltodextrin (MD) and whey protein isolate (WPI) as encapsulants (4:1 MD: WPI). The results demonstrated that the addition of microcapsules to the cupcakes influenced its color, resulting in a darker crust and a greater reddish color, which is also observed for the cake crumb. These results suggest

¹ Bolsista CNPq do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: lidiamantovi@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8523236444897407.

² Discente do Curso Superior de Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: kaoanaheemann1997@gmail.com. ID Lattes: 5756230513790496.

³ Voluntária do Programa Institucional de Voluntariado em Iniciação Científica (PIVIC). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: mariaalves@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9877307163238866.

⁴ Docente do Departamento Acadêmico de Química (DAQUI). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: torquato@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2185751901073610.

⁵ Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: rbuzanello@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7517982122450786.



that the protein and maltodextrin present in the microcapsules as encapsulating agents may have influenced these parameters, by favoring the Maillard reaction.

KEYWORDS: instrumental color; microencapsulation; omega 3.

INTRODUÇÃO

A semente de chia (*Salvia hispanica* L.) apresenta boas propriedades nutricionais, por possuir uma composição média de 20% de proteína, 25% de fibras e 34% de óleo, sendo este último composto em maior proporção por ácido α -linolênico (50% a 57%) e ácido linoleico (17 a 26%) (ULLAH *et al.*, 2016).

O óleo de chia representa um potencial ingrediente por fornecer ácidos graxos essenciais. Contudo, por apresentar baixa estabilidade oxidativa e curta vida útil pela presença destes ácidos graxos poli-insaturados, sua aplicação acaba sendo limitada, podendo resultar na formação de aromas e sabores desagradáveis nos alimentos, reduzindo sua funcionalidade (ALCÂNTARA *et al.*, 2019).

A microencapsulação apresenta-se como uma alternativa para proteção e incorporação de substâncias bioativas em alimentos (AUGUSTIN *et al.*, 2017), protegendo e garantindo o aumento de sua estabilidade durante o processamento e armazenamento de alimentos (DARVISH *et al.*, 2020). Outrossim, os materiais de parede da microencapsulação influenciam diretamente na estabilidade, logo, o *whey protein* (isolado proteico de soro de leite) é a forma comercial mais pura das proteínas do soro e contém de 90 a 95% de proteínas (MADENE *et al.*, 2006) e as maltodextrinas apresentam alta solubilidade, baixa viscosidade, acessibilidade de custo e não tem sabor (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

Ademais, o estudo da aplicação de microcápsulas em matrizes alimentares é necessário para avaliar a viabilidade do seu uso. Os bolos em geral são popularmente consumidos e muitos destes acabam sendo pobres em nutrientes e sabe-se que há uma preocupação por parte dos consumidores na aquisição de alimentos que causam benefícios à saúde (CEYLAN; BILGIÇLI; CANKURTARAN, 2021). Assim, considerando a importância nutricional da chia e a necessidade de novos ingredientes com fontes de ácidos graxos para aplicação, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de óleo de chia livre e microencapsulado em *cupcakes*, como uma matriz alimentar, na medida instrumental de cor das amostras, em comparação com uma formulação controle (sem adição de óleo de chia).

MATERIAIS E MÉTODOS

MICROENCAPSULAÇÃO DO ÓLEO DE CHIA

Para a elaboração das microcápsulas de óleo de chia a metodologia utilizada foi a de Alcantara *et al.* (2019) com adaptações. Uma solução de maltodextrina (DE 20, MORREZ 1920) foi preparada em água destilada (100 mL) sob agitação mecânica (200 rpm) a 55 °C por 20 minutos. Uma suspensão do isolado proteico de soro de leite (WPI, 90% proteínas, Sooro, Brasil) foi preparada pela solubilização de Tween-80 (Synth) em água destilada sob agitação (200 rpm) por 10 minutos a temperatura ambiente (~ 25 °C) e a WPI foi adicionada em seguida, aumentando então a agitação mecânica (600 rpm) por 20 minutos. Em seguida, a solução de maltodextrina foi adicionada à suspensão de proteína e mantida sob agitação (1000 rpm) por 20 minutos. O óleo de chia foi adicionado na



sequência, sendo gotejado lentamente sob agitação de 1000 rpm por 10 minutos. A suspensão foi levada para homogeneização em um Ultra-Turrax (T18, IKA, Alemanha), a 7200 rpm por 15 minutos. A obtenção das microcápsulas deu-se por secagem em *spray dryer* laboratorial (Labmaq™ – MSD 1.0, São Paulo, Brasil), com câmara de secagem de 500 mm x 150 mm e bico atomizador de duplo fluido com orifício de 0,7 mm de diâmetro. Uma bomba peristáltica foi utilizada para alimentação com vazão de 0,6 L h⁻¹, a temperatura do ar de entrada foi de 150 ± 2 °C e de saída 65 ± 2 °C, com o fluxo do ar de secagem a 35 N m³ h⁻¹. Os parâmetros de secagem utilizados foram baseados na metodologia de Scremin *et al.* (2018).

PRODUÇÃO DOS CUPCAKES

Para a elaboração dos *cupcakes* a formulação controle seguiu o reportado por Rocha *et al.* (2012), com adaptações. Foram elaboradas três formulações (Tabela 1): a formulação 1 (F1), com adição de óleo de chia livre; a formulação 2 (F2) com óleo de chia microencapsulado e; a controle (C), sem adição de óleo.

Tabela 1 – Formulações de *cupcakes* controle (C) e adicionados de óleo de chia livre (F1) microencapsulado (F2)

Ingredientes	C (g)	F1 (g)	F2 (g)
Margarina	100	100	100
Ovos	130	130	130
Açúcar cristal	240	240	240
Farinha de trigo	240	240	240
Leite integral	260	260	260
Fermento em pó químico	10	10	10
MC óleo de chia*	-	-	105
Óleo de chia livre*	-	8	-
Total	980	988	1085

*Quantidade de óleo de chia livre e encapsulado adicionado, considerando o seu teor de ácido α -linolênico a fim de obter um *cupcake* com teor de mínimo de 300 mg de ácido α -linolênico por porção de referência (60 g) do produto, para ser considerado fonte de ácidos graxos ômega 3, conforme Instrução Normativa nº 75 de 2020 (BRASIL, 2020).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De início, a margarina e os ovos foram homogeneizados em batedeira doméstica, seguido da adição dos produtos secos (açúcar cristal e farinha de trigo), seguida do leite. Após a homogeneização, o fermento em pó foi adicionado. Para a F1, o óleo de chia foi adicionado antes da etapa dos produtos secos e leite, facilitando a incorporação do óleo. Em F2 as microcápsulas foram acrescentadas junto com a farinha, intercalando com o leite. Seguidamente, a massa foi colocada em formas de *cupcake* padronizando o peso em 30 g e assadas em forno doméstico a 175 °C por 30 minutos. Após resfriamento à temperatura ambiente, os *cupcakes* foram acondicionados em recipientes plásticos com tampa e armazenados em estufa BOD (Tecnal, São Paulo) sob temperatura de 18 ± 2 °C por 9 dias.

MEDIDA INSTRUMENTAL DE COR

A medida instrumental de cor foi realizada na crosta dos *cupcakes* e no centro, levando em consideração 6 pontos diferentes de leitura por amostra, no tempo zero (após



o resfriamento) e após 3, 6 e 9 dias de armazenamento, empregando o colorímetro Konica Minolta® CR400 (Minolta Corporation, Ramsay, NJ, EUA) com iluminante D65 a 10° do observador. Foram determinados os valores de L* (luminosidade), a* (componente verde-vermelho) e b* (componente azul-amarelo), expressos no sistema de cor CIELAB (*Commission International for Illumination*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios dos parâmetros instrumentais de cor L* (luminosidade), a* (coordenada verde-vermelho) e b* (coordenada azul-amarelo) obtidos para cor da crosta dos *cupcakes*.

Tabela 2 – Parâmetros instrumentais de cor da crosta dos *cupcakes* controle (C), adicionados de óleo de chia livre (F1) e adicionados de óleo de chia microencapsulado (F2), durante 9 dias de armazenamento a 18 °C

Tratamento	0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
L*				
C	55,84 ^{aA} ± 1,99	55,71 ^{aA} ± 2,53	55,94 ^{aA} ± 1,26	55,28 ^{aA} ± 1,33
F1	46,14 ^{bB} ± 2,02	52,78 ^{aA} ± 2,17	52,78 ^{aA} ± 3,56	56,11 ^{aA} ± 3,86
F2	45,13 ^{bB} ± 3,35	44,98 ^{bAB} ± 2,15	53,82 ^{aA} ± 2,52	55,67 ^{aA} ± 2,59
a*				
C	3,81 ^{cB} ± 1,31	7,60 ^{cA} ± 2,43	8,25 ^{bA} ± 0,85	8,42 ^{bA} ± 0,69
F1	8,63 ^{bA} ± 1,20	10,62 ^{bA} ± 1,51	10,43 ^{aB} ± 2,08	8,63 ^{bA} ± 3,09
F2	11,34 ^{aB} ± 1,31	16,76 ^{aA} ± 0,42	11,97 ^{aB} ± 1,88	11,78 ^{aB} ± 1,72
b*				
C	28,45 ^{aB} ± 0,57	44,01 ^{aA} ± 0,57	43,66 ^{aA} ± 1,60	43,93 ^{bA} ± 0,73
F1	23,50 ^{bB} ± 1,05	41,84 ^{aA} ± 1,05	41,88 ^{aA} ± 3,11	43,98 ^{bA} ± 2,04
F2	22,78 ^{bC} ± 1,54	35,27 ^{bB} ± 1,54	44,92 ^{bB} ± 2,67	48,00 ^{aA} ± 1,44

Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 6) Médias acompanhadas de letras diferentes sobrescritas minúsculas na mesma coluna, para um mesmo intervalo de tempo, indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05). Médias acompanhadas de letras diferentes sobrescritas maiúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa para uma mesma amostra em dias diferentes pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para a luminosidade (L*), observa-se que no tempo zero as amostras de *cupcakes* adicionadas de óleo de chia livre e microencapsulado apresentaram valores estatisticamente similares entre si (p > 0,05) e inferiores quando comparados aos valores da amostra controle (p ≤ 0,05). Portanto, estes resultados demonstraram que F1 e F2 exibiram crosta mais escura. Para F2 este resultado pode estar relacionado ao favorecimento da reação de Maillard devido a presença de isolado proteico de soro de leite e maltodextrina utilizado na composição da microcápsula, sendo confirmado pelo maior valor de a* observado (p ≤ 0,05), que indica coloração avermelhada, sendo inferior em F1 e C. Maravic *et al.* (2002) também observaram redução da luminosidade da crosta de bolos pão de ló que tiveram a adição de isolado proteico de soro de leite, com valores L* que variaram de 56,72 a 77,59 e de a* que variaram de 3,67 a 15,31. Observando-se o parâmetro b*, o qual indica coloração amarela, é identificado o comportamento similar ao L*.

Os parâmetros a* e b* aumentaram após 3 dias de armazenamento, sendo estatisticamente similares nos dias posteriores. F2 exibiu maiores valores, tanto para o



parâmetro a^* quanto para o b^* , aos 9 dias de armazenamento, podendo estar relacionado com a reação de Maillard já previamente discutida, que continua ocorrendo ao longo do armazenamento.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros instrumentais de cor para o miolo dos *cupcakes*.

Tabela 3 – Parâmetros instrumentais de cor do miolo dos cupcakes controle (C), adicionados de óleo de chia livre (F1) e adicionados de óleo de chia microencapsulado (F2), durante 9 dias de armazenamento a 18 °C

Tratamento	0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
L^*				
C	69,70 ^{ab} ± 0,99	55,71 ^{aA} ± 1,59	72,79 ^{cA} ± 0,74	73,14 ^{bA} ± 1,46
F1	70,55 ^{ab} ± 1,27	74,29 ^{abA} ± 2,95	74,43 ^{bA} ± 0,96	74,55 ^{bA} ± 1,04
F2	71,04 ^{ab} ± 0,61	77,02 ^{aA} ± 1,76	76,74 ^{aA} ± 0,55	78,38 ^{aA} ± 0,64
a^*				
C	-7,29 ^{bB} ± 0,11	-7,63 ^{cA} ± 0,17	-7,68 ^{cA} ± 0,07	-6,50 ^{aA} ± 2,91
F1	-7,38 ^{bA} ± 0,13	-7,63 ^{bA} ± 0,28	-7,43 ^{bA} ± 0,16	-7,56 ^{aA} ± 0,09
F2	-6,484 ^{ab} ± 0,09	-6,90 ^{aA} ± 0,23	-6,96 ^{aA} ± 0,04	-7,00 ^{aA} ± 0,13
b^*				
C	22,90 ^{aC} ± 0,28	30,37 ^{ab} ± 0,28	29,97 ^{abB} ± 0,41	31,34 ^{aA} ± 0,92
F1	22,93 ^{aC} ± 0,42	30,01 ^{ab} ± 0,84	30,45 ^{aAB} ± 0,59	31,46 ^{aA} ± 0,70
F2	22,61 ^{aC} ± 0,26	29,59 ^{ab} ± 0,47	29,73 ^{bB} ± 0,25	31,17 ^{aA} ± 0,62

Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 6). Médias acompanhadas de letras diferentes sobrescritas minúsculas na mesma coluna, para um mesmo intervalo de tempo, indicam diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias acompanhadas de letras diferentes sobrescritas maiúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa para uma mesma amostra em dias diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao analisar os valores de L^* e b^* para o miolo, foi observado que os mesmos não diferiram entre as amostras no tempo zero ($p > 0,05$), porém, o parâmetro a^* foi superior na amostra F2, sustentando o que foi previamente discutido para a crosta dos *cupcakes*. No terceiro dia de armazenamento, o parâmetro b^* não diferiu entre as amostras ($p > 0,05$), no entanto, para L^* e a^* as mesmas diferiram, sendo superiores na amostra F2, indicando amostra mais clara e maior tonalidade avermelhada, respectivamente. Ao final dos 9 dias, apenas o parâmetro L^* diferiu entre as amostras e em F2 foi superior.

CONCLUSÃO

A adição de óleo de chia livre e microencapsulado influenciou na coloração dos *cupcakes* durante o armazenamento, sendo que a adição das microcápsulas exerceu maior influência, sugerindo a ação dos agentes encapsulantes no aumento da tonalidade avermelhada do produto resultante da reação de Maillard.

Agradecimentos

A CAPES, CNPq e Fundação Araucária pela concessão de bolsas de estudo e suporte financeiro. À CEANMED – Central Analítica Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira, Paraná, Brasil, pelos ensaios realizados.



Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, M. A.; *et al.* Influence of the emulsion homogenization method on the stability of chia oil microencapsulated by spray drying. **Powder Technology**, v. 354, n. 1, p. 877-885, 2019.

AUGUSTIN, M.A.; SANGUANSRI, L. Microencapsulation Technologies. *In*: ROOS, Y. H.; LIVNEY, Y. D. **Engineering foods for bioactives stability and delivery**. New York: Springer, 2017, p. 119-142.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 75 de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, 09 de outubro de 2020, edição 195, seção 1, p. 113. 2020.

CEYLAN, H., BILGIÇLI, N., CANKURTARAN, T. Improvement of functional cake formulation using Jerusalem artichoke flour as inulin source and resistant starch (RS4). **LWT- Food Science and Technology**, v. 145, p. 1-9, 2021.

DARVISH, B. H.; *et al.* Micro/nanoencapsulation strategy to improve the efficiency of natural antimicrobials against *Listeria monocytogenes* in food products. **Critical Reviews in Foods Science and Nutrition**, v. 61, n. 8, p. 1549-7852, 2020.

GHARSALLAOUI, A.; *et al.* Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

MADENE, A.; *et al.* Flavour encapsulation and controlled release - A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 1-21, 2006.

MARAVIC, N.; *et al.* Effect of Sourdough and Whey Protein Addition on the Technological and Nutritive Characteristics of Sponge Cake. **Foods**, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2022.

ROCHA, G. S.; *et al.* Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and Bioproducts Processing**, p. 37-42, 2012.

SCREMIN, F. R.; *et al.* Synthesis and characterization of protein microcapsules for eugenol storage. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 131, n. 1, p. 653-660, 2018.

ULLAH, R.; *et al.* Nutritional and therapeutic perspectives of chia (*Salvia hispanica* L.): a review. **Journal of Foods Science and Technology**, v. 53, p. 1750-1758, 2015.