

DESEMPENHO DA COR INSTRUMENTAL EM MASSAS ALIMENTÍCIAS ELABORADAS COM FARINHA INTEGRAL DE CLADÓDIOS DE PALMA FORRAGEIRA

Luiz Eliel Pinheiro da Silva^{1*}; Sander Moreira Rodrigues²; Larissa Rodrigues Gomes¹; Raquel Guidetti Vendruscolo¹; Nathália de Andrade Neves²; Marcio Schmiele^{1,2}

RESUMO

A palma possui grande potencial nutricional e tecnológico para a produção de farinha e posterior aplicação em massas alimentícias, enriquecendo-as com fibras alimentares e fitoquímicos com propriedades funcionais. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a cor instrumental de massas alimentícias tipo talharim elaboradas com substituição parcial da farinha de trigo refinada por farinha integral de palma (FIP) em 0 a 20 %. A FIP foi obtida por meio de secagem em micro-ondas (810 W). A cor instrumental foi avaliada nas matérias-primas, nas misturas das farinhas e nas massas alimentícias frescas, secas e cozidas. De acordo com os resultados, observou-se que a mistura das farinhas apresentou diminuição na luminosidade e aumento nos valores de a^* e b^* . Com o processo de extrusão, houve a compactação das amostras em detrimento do desenvolvimento da rede de glúten, o que resultou na diminuição da luminosidade e um incremento menos intenso nos valores de a^* e mais pronunciados nos valores de b^* . Com a secagem, as massas apresentaram coloração menos intensa (mais opaca). Com o tratamento térmico durante o cozimento, verificou-se que os melhores resultados foram obtidos nas massas alimentícias frescas com substituição da farinha de trigo refinada por 10 % de FIP.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) possui grande potencial nutricional e tecnológico, sendo consumida de forma in natura ou por transformação tecnológica, destacando-se a produção de farinha (1). As massas alimentícias possuem alta aceitabilidade por todas as classes sociais pela qualidade e características dadas pela resistência e elasticidade, além da facilidade no preparo, mínima perda de sólidos e boa firmeza (*al dente*) após o cozimento (2). Complementarmente, as massas são boas matrizes para enriquecimento com farinhas ricas em fibras alimentares, com adequadas propriedades funcionais fisiológicas, potencializando os efeitos promotores à saúde (3).

Vários fatores podem afetar a qualidade das massas, destacando-se a matéria-prima, a formulação e o processamento tecnológico. A fortificação dessas massas pode ser realizada com matrizes nutritivas, sendo uma forma interessante e inovadora para melhorar as propriedades funcionais, nutricionais e fisiológicas (2; 4). Sabendo que após o cozimento as massas devem ser flexíveis, elásticas, ter sabor e odor que agradem ao consumidor e não serem pegajosas (4), salienta-se que a coloração é utilizada como um indicador da qualidade dos alimentos em muitas aplicações, sendo o primeiro atributo avaliado pelos consumidores (5). A cor instrumental pode ser analisada pelo parâmetro L^* (luminosidade) e em relação aos cromas, o parâmetro a^* e o parâmetro b^* .

¹ - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Instituto de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. *luiz.eliel@ufvjm.edu.br

² - Engenharia de Alimentos. Instituto de Ciência e Tecnologia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi elaborar a farinha integral de palma (FIP) por meio de secagem em micro-ondas para utilização em substituição parcial à farinha de trigo refinada (FTR) em massa alimentícias frescas e secas, avaliando-as de acordo com a coloração instrumental (fresca, seca e cozida).

MATERIAL E MÉTODOS

A FIP foi obtida por desidratação em micro-ondas (810 W) para utilização em substituição parcial de (0, 5, 10, 15 e 20 %) à FTR para utilização em massas alimentícias e elaboradas de acordo com Schmiele *et al.* (6). A cor instrumental foi determinada em espectrofotômetro CM-5 Konica (Minolta, Chiyoda, JAP). A análise de variância ($p < 0,05$) foi aplicada e, quando apresentadas diferenças significativas, o teste Tukey foi realizado para a comparação das médias entre os ensaios e teste t-Student para comparação entre as massas cruas e cozidas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O espaço de cor L^* , a^* e b^* também é conhecido como espaço de cor CIELab por ser o espaço mais popular para avaliar o espectro de cores uniformes. Para as farinhas foram observados valores de L^* ($93,32 \pm 0,01$), a^* ($-0,11 \pm 0,05$) e b^* ($9,47 \pm 0,02$) para FTR e de L^* ($60,18 \pm 0,05$), a^* ($3,32 \pm 0,04$) e b^* ($27,46 \pm 0,01$), demonstrando que a FIP foi mais escura que a de trigo e com tonalidade amarelada mais intensa. Dick *et al.* (7) descrevem a caracterização colorimétrica da farinha de cladódio de *O. monacantha* com alta luminosidade ($L^* = 68,83$), aspecto verde pálido ($a^* = -6,43$) e tons amarelados ($b^* = 23,74$). No caso da FIP, os principais pigmentos são a clorofila (*Chl*) e os carotenoides, sendo este último o pigmento predominante na FTR. A coloração das massas apresentou aparência mais escura, com tons avermelhados e amarelados, o que se tornou um ponto positivo, pois os consumidores associam a cor mais escura com produtos artesanais, integrais e mais saudáveis (8). Na Figura 1 podemos observar a aparência visual das massas alimentícias controle, P5, P10, P15 e P20.

De acordo com a Tabela 1, observou-se que os valores para o parâmetro L^* das farinhas dos ensaios apresentaram diferenças significativas entre si, sendo a farinha controle a mais clara. Ao decorrer do incremento do percentual da farinha integral de palma ocorreu o escurecimento das farinhas elaboradas. Em relação aos valores de a^* e b^* , observou-se que as misturas das FTR e FIP se situam no primeiro quadrante e os maiores valores de b^* indicam uma tonalidade amarelada mais intensa. Com o processo de extrusão convencional, a luminosidade das amostras diminuiu em função da compactação que o produto sofre na matriz do extrusor em função do desenvolvimento da rede de glúten e a formação do sistema helicoidal complexo. No entanto, a luminosidade das massas cruas frescas e secas demonstram valores absolutos próximos. Com o cozimento das massas alimentícias houve uma diminuição na luminosidade das amostras das massas frescas ($p < 0,001$), o que foi observado somente para o ensaio P10 ($p < 0,001$) da massa seca, sendo que nestas, para os ensaios P5 ($p < 0,001$) e P15 ($p < 0,001$) ocorreu um aumento na luminosidade e para as amostras controle ($p = 0,063$) e P20 ($p = 0,491$) não foi observada diferença.

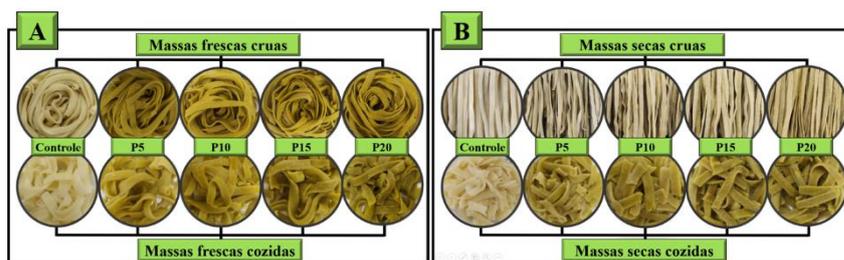


Figura 1: Aparência visual das massas alimentícias controle, P5, P10, P15 e P20 frescas (A) e secas (B).

As amostras controle, P5, P10, P15 e P20 referem-se às massas alimentícias com 0, 5, 10, 15 e 20 % de farinha de trigo substituída por farinha integral de palma.

De acordo com o parâmetro a^* , podemos observar que apenas a massa cozida controle apresentou valor negativo e positivos para as demais, o que indica colorações avermelhadas. Este resultado está atribuído à absorção de luz que a *Chl* apresenta no comprimento de onda entre o azul e o violeta, além do vermelho e, quando esta energia é liberada na forma de fóton, ocorre a sobreposição e a emissão da energia no espectro esverdeado. A *Chl* é composta por uma estrutura pirólica de anéis centrais de porina e hidroporina estabilizada por um átomo de magnésio (9). A *Chl a* apresenta um grupamento metil na estrutura química e a *Chl b* possui uma carbonila em carbono primário (aldeído), o que a torna mais instável em função da menor polaridade e maior eletronegatividade. Ambas as *Chl* sofrem a perda do Mg^{+2} durante o tratamento térmico, convertendo-as em feofina *a* e feofitina *b*, respectivamente, resultando numa coloração mais pálida, chamada de verde-oliva (10). Em geral, a *Chl* vem acompanhada dos carotenoides como uma forma de autoproteção contra o estresse oxidativo e o sequestro de radicais livres. Os carotenoides são compostos por carotenos (não oxigenados) e xantofilas (oxigenados), com características apolares e tonalidades que variam do amarelo ao vermelho (11). Assim como para o parâmetro a^* da cor instrumental, observou-se que os valores de b^* também aumentaram com o processo de extrusão das massas alimentícias. Isto indica que a compactação favoreceu a concentração dos pigmentos e a expulsão de ar ocluso na farinha, diminuindo a refração dos feixes de luz, aumentando assim a luz difratada.

Ao avaliar os diferentes níveis de substituição da FTR pela FIP, houve diferença significativa entre a maioria dos ensaios, sendo que em geral houve um aumento nos valores de b^* com substituições de até 10 %, sendo que com níveis maiores de FIP ocorreu uma queda nos valores para b^* . Este resultado pode ser atribuído pela maior estabilidade promovida pela compactação da rede de glúten até 10 % de substituição de FTR por FIP, sendo que em concentrações superiores, a diluição das proteínas formadoras da rede de glúten desfavoreceu a formação do sistema helicoidal complexo, fazendo com que a estrutura física da massa tenha sido danificada, permitindo assim uma maior exposição dos grânulos de amido, recobrando os pigmentos. Quando avaliados os resultados em relação ao parâmetro b^* para as massas alimentícias frescas cruas e cozidas houve diferenças significativas entre as amostras controle, P10 e P20, enquanto as amostras P5 e P15 foram semelhantes. Em relação as massas secas, apenas a massa alimentícia P15 não apresentou diferença em relação ao parâmetro b^* com a etapa de cozimento, sendo que para as demais ocorreu uma diminuição da tonalidade amarelada. Este resultado pode ser atribuído pelo duplo tratamento térmico aos quais os carotenoides foram submetidos nas massas alimentícias secas e cozidas. Além disso, a secagem foi efetuada à baixas temperaturas, podendo ter ocorrido também a oxidação dos carotenoides, o que pode ter contribuído para a perda da coloração.

Tabela 1: Dados de cor instrumental das farinhas, e massas frescas e secas com substituição parcial da de trigo por farinha de palma.

Parâmetro <i>L</i> *							
Amostra	Farinhas	Massa fresca			Massa seca		
		Crua	Cozida	p-valor	Crua	Cozida	p-valor
Controle	92,60 ± 0,01 ^a	68,07 ± 0,67 ^a	63,96 ± 0,57 ^a	<0,001	68,75 ± 1,10 ^a	70,29 ± 0,42 ^a	0,063
P5	87,18 ± 0,02 ^b	52,48 ± 0,80 ^b	47,98 ± 0,71 ^b	<0,001	50,40 ± 0,78 ^b	54,59 ± 0,81 ^b	<0,001
P10	83,74 ± 0,02 ^c	48,72 ± 0,27 ^c	41,33 ± 1,10 ^c	<0,001	48,75 ± 0,22 ^{bc}	44,96 ± 0,63 ^c	<0,001
P15	80,99 ± 0,02 ^d	45,13 ± 1,09 ^d	39,12 ± 0,49 ^d	<0,001	47,55 ± 0,33 ^c	41,14 ± 0,15 ^d	<0,001
P20	78,70 ± 0,02 ^e	43,65 ± 0,85 ^d	38,19 ± 0,75 ^d	<0,001	40,12 ± 0,09 ^d	39,92 ± 0,47 ^d	0,491

Parâmetro <i>a</i> *							
Amostra	Farinhas	Massa fresca			Massa seca		
		Crua	Cozida	p-valor	Crua	Cozida	p-valor
Controle	0,10 ± <0,01 ^e	1,92 ± 0,23 ^c	-0,01 ± 0,07 ^c	<0,001	2,58 ± 0,18 ^c	0,38 ± 0,05 ^c	<0,001
P5	0,33 ± 0,02 ^d	3,22 ± 0,15 ^b	1,46 ± 0,14 ^b	<0,001	2,88 ± 0,15 ^{bc}	1,30 ± 0,05 ^b	<0,001
P10	0,66 ± 0,02 ^c	3,69 ± 0,18 ^{ab}	1,91 ± 0,27 ^{ab}	<0,001	3,65 ± 0,04 ^a	1,74 ± 0,11 ^a	<0,001
P15	0,93 ± 0,03 ^b	3,80 ± 0,05 ^a	1,81 ± 0,23 ^{ab}	<0,001	2,44 ± 0,13 ^d	1,36 ± 0,08 ^b	<0,001
P20	1,14 ± 0,03 ^a	3,95 ± 0,25 ^a	2,16 ± 0,12 ^a	<0,001	3,22 ± 0,08 ^b	1,87 ± 0,05 ^a	<0,001

Parâmetro <i>b</i> *							
Amostra	Farinhas	Massa fresca			Massa seca		
		Crua	Cozida	p-valor	Crua	Cozida	p-valor
Controle	10,65 ± <0,01 ^e	20,93 ± 0,35 ^c	16,64 ± 0,24 ^c	<0,001	22,19 ± 0,61 ^b	16,83 ± 0,35 ^b	<0,001
P5	12,20 ± 0,01 ^d	25,75 ± 0,57 ^b	24,71 ± 0,64 ^{ab}	0,081	23,96 ± 0,72 ^a	21,29 ± 1,50 ^a	0,032
P10	14,05 ± <0,01 ^c	27,36 ± 0,31 ^a	24,53 ± 0,73 ^b	<0,001	24,65 ± 0,30 ^a	20,76 ± 0,38 ^a	<0,001
P15	15,84 ± 0,04 ^b	25,29 ± 0,40 ^b	25,35 ± 1,11 ^{ab}	0,933	18,36 ± 0,68 ^c	17,88 ± 0,12 ^b	0,275
P20	16,98 ± 0,02 ^a	24,95 ± 0,78 ^b	26,36 ± 0,40 ^a	0,032	22,13 ± 0,40 ^b	17,72 ± 0,11 ^b	<0,001

Média aritmética de três repetições ± desvio padrão; letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa entre os diferentes tratamentos através do teste de Tukey ($p < 0,05$). As amostras controle, P5, P10, P15 e P20 referem-se às massas alimentícias com 0, 5, 10, 15 e 20 % de farinha de trigo substituída por farinha integral de palma.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a substituição da farinha de trigo refinada por farinha integral de palma resultou em massas alimentícias mais escuras, com tonalidades amareladas e tendendo ao verde-oliva em função da degradação térmica da *Chl* pela perda do magnésio, sobressaindo-se os carotenoides, os quais apresentam maior estabilidade térmica. Além disso, a perda da coloração foi menor nas massas frescas quando comparadas às amostras secas, o que pode ser atribuído pelo duplo tratamento térmico durante o processo de secagem na estufa e o cozimento em água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFVJM pela bolsa de estudos de L. E. P. Silva (cota institucional), à CAPES pelo apoio financeiro (#001) e pela bolsa de estudos de L. R. Gomes (88887.704521/2022-00), ao CNPq pelo suporte financeiro (#421777/2021-4) e à FAPEMIG pela bolsa de estudos de S. M. Rodrigues (#6832021).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. AMARAL, S. M. B.; DE ALMEIDA, A. P. F.; MARINHO, R. M. O.; SILVA, Y. Y. V.; FROTA, M. M.; DAMACENO, M. N. Utilização da palma forrageira na elaboração de produtos alimentícios: Uma revisão. **Holos**, v. 1, p. 1-9, 2022.
2. COELLO, K. E.; PEÑAS, E.; MARTINEZ-VILLALUENGA, C.; CARTEA, M. E.; VELASCO, P.; FRIAS, J. Pasta products enriched with moringa sprout powder as nutritive dense foods with bioactive potential. **Food Chemistry**, v. 360, p. 130032, 2021.
3. DE FARIAS, T. G. S.; STAMFORD, T. C. M.; DE SOUZA RIBEIRO, V. M.; LADISLAU, H. F. L.; MEDEIROS, J. A. C.; ARNAUD, T. M. S.; STAMFORD, T. L. M. Alimentos simbióticos: uso da co-encapsulação como forma de veiculação de probióticos e prebióticos. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - Volume 4, Editora Científica Digital, 2021. Cap. 2, p. 39-58.
4. SILVA, L. E. P.; RODRIGUES, S. M.; LIMA, C. T.; NEVES, N. A.; SCHMIELE, M. Farinha de palma (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) liofilizada aplicada em massas alimentícias tipo talharim. In: Anais do I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos. Anais...Diamantina (MG) Online, 2022.
5. MESSINA, C. M.; ARENA, R.; MORGHESE, M.; SANTULLI, A.; LIGUORI, G.; INGLESE, P. Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. mucilage. **Food Hydrocolloids**, v. 111, p. 106398, 2021.
6. SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; ISHIDA, P. M. G.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Massa alimentícia sem glúten com elevado teor proteico obtida por processo convencional. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 908-914, 2013.
7. DICK, M.; LIMBERGER, C.; THYS, R. C. S.; DE OLIVEIRA RIOS, A.; FLÔRES, S. H. Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126178, 2020.
8. BARROS, S. K. A.; DE SOUZA, A. R. M.; SILVA, F. S.; PIRES, C. R. F.; DAMIANI, C.; SILVEIRA, M. F. A.; SILVA, C. R. E. Elaboração de massa alimentícia fresca sem glúten enriquecida com farinha de resíduo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e1810613722-e1810613722, 2021.
9. OSÓRIO, C.; MACHADO, S.; PEIXOTO, J.; BESSADA, S.; PIMENTEL, F. B.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Pigments content (chlorophylls, fucoxanthin and phycobiliproteins) of different commercial dried algae. **Separations**, v. 7, n. 2, p. 33, 2020.
10. CHEN, K.; ROCA, M. Cooking effects on chlorophyll profile of the main edible seaweeds. **Food Chemistry**, v. 266, p. 368-374, 2018.
11. SILVA, L. E. P.; RODRIGUES, S. M.; LEORO, M. G. V.; NEVES, N. A.; SCHMIELE, M. Prospecção da radiação por micro-ondas e da liofilização na elaboração e características tecnológicas e nutricionais da farinha de palma. In: Anais do SICITAL: "Coprodutos: Inovação e Sustentabilidade" 2022. Anais. Diamantina (MG) UFVJM, 2022.