



Avaliação do amido de arroz como coadjuvante de secagem de cascas de manga em *drum drying*: propriedades tecnológicas e estudo de estabilidade ao armazenamento

Maria Luisa Fernandes Magalhães¹; Sílvia Pimentel Marconi Germer²; Larissa Consoli³

Nº 22207

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivo utilizar o *drum drying* para desenvolver um ingrediente funcional a partir de casca de manga da variedade Palmer e determinar os parâmetros cinéticos das reações de degradação dos principais atributos. Flocos de casca de manga desidratados por *drum drying* foram produzidos utilizando-se amido de arroz e lecitina de soja como aditivos. Para realização do estudo de vida de prateleira, o material foi acondicionado em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura e, ainda, em embalagens laminadas de baixa densidade com estrutura de poliéster, alumínio e polietileno (PET/Al/PEBD) com espessura de 0,7 mm. As embalagens foram armazenadas em três câmaras climáticas com controle de umidade relativa de 55% \pm 10%, e temperatura de 15, 25 e 35 °C e analisadas no decorrer de 182 dias. Avaliou-se umidade, atividade de água, vitamina C, carotenoides totais, compostos fenólicos, atividade antioxidante e cor. A concentração de carotenoides totais expressos como mg betacaroteno/ 100 g b.s. variou de 43,70 a 29,15 mg/100 g b.s. nas amostras a 35 °C e de 43,70 a 34,43 mg/100 g b.s. nas amostras mantidas a 15 °C. A atividade de água teve maior elevação nas amostras mantidas a 35°C, 0,2074 a 0,4307, no mesmo período, enquanto as amostras armazenadas a 15 °C tiveram valor final de 0,3413. Assim, foi observada maior degradação dos compostos bioativos com o aumento da temperatura de armazenamento.

Palavras-chaves: *Drum drying*, secagem, casca de manga, estabilidade, degradação.

ABSTRACT - The present work aimed to use *drum drying* to develop a functional ingredient from mango peel of the Palmer variety and to determine the kinetic parameters of the degradation reactions of the main attributes. *Drum drying* dehydrated mango peel flakes were produced using rice starch and soy lecithin as additives. To carry out the shelf life study, the material was packed in 0.15 mm thick low-density polyethylene (LDPE) plastic bags and also in low-density laminated packaging with a polyester, aluminum and polyethylene structure (PET/Al/LDPE) with a thickness of 0.7 mm. The packages were stored in three climatic chambers with relative humidity control of 55% \pm 10%, and temperature of 15, 25 and 35 °C and analyzed during 182 days. Moisture, water activity, vitamin C, total carotenoids, phenolic compounds, antioxidant activity and color were evaluated. The concentration of total carotenoids expressed as mg beta-carotene/100 g d. b. ranged from 43.70 to 29.15 mg/100 g d. b. in samples at 35°C and from 43.70 to 34.43 mg/100 g d. b. in samples kept at 15 °C. The water activity had a higher increase in samples kept at 35°C, 0.2074 to 0.4307, in the same period, while samples stored at 15°C had a final value of 0.3413. Therefore, greater degradation of bioactive compounds was observed with increasing storage temperature.

Keywords: *Drum drying*, drying, mango peel, stability, functional, degradation.

¹ Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas-SP; m241124@dac.unicamp.br

² Coorientadora: Pesquisadora do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL); Campinas-SP;

³ Orientadora: Pesquisadora visitante do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL); Campinas-SP; larissa.consoli@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A economia circular se baseia na substituição do desenvolvimento descontrolado e ilimitado para o equilíbrio e a sustentabilidade por meio da circulação e recolocação de resíduos de alimentos na produção, gerando outros materiais sem perda de qualidade. Nesse sentido, as cascas que tradicionalmente não são utilizadas como alimentos, podem ser incorporadas na dieta alimentar, tendo em vista sua rica disponibilidade de nutrientes (MARQUES, 2010).

Pode-se citar como exemplo a manga, pois sua casca pode ser uma alternativa para diminuir a quantidade de resíduos orgânicos sólidos gerados e produzir novos alimentos saudáveis, graças à sua composição em que estão presentes (RYBKA, 2018). Por outro lado, tendo em vista a alta perecibilidade das cascas de manga, o processo de secagem surge como uma alternativa para a estabilização desse resíduo. O *drum drying*, processo de secagem em cilindro rotativo, é largamente utilizado na secagem de purês de hortaliças, sendo estes produzidos nas etapas que antecedem a secagem. Durante o preparo desses purês geralmente acrescenta-se os coadjuvantes de processo, que contribuem na formação do filme e no seu descolamento do cilindro. Troiani (2020) destaca em seu trabalho que as cascas da variedade Palmer, quando submetidas ao processo de secagem por *drum drying*, revelou manter alta capacidade antioxidante, teor de vitamina C e compostos fenólicos e baixo teor de açúcares redutores.

Como exemplo dos coadjuvantes, pode-se citar o amido e a lecitina. O amido regular contribui na melhora das propriedades termoplásticas da matéria-prima durante o processo e também são aptos de proteger os compostos bioativos da oxidação (YAMATO, 2018). Já a lecitina possui propriedade de emulsificar determinada mistura e, portanto, cooperar no processamento de alimentos (MANTOVANI, 2012).

O conhecimento acerca da estabilidade dos flocos de manga desidratados ao longo do seu armazenamento permite o desenvolvimento de produtos que mantenham as suas características de funcionalidade por mais tempo, sem perda da segurança microbiológica.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do presente estudo foi avaliar o efeito das temperaturas de 15, 25 e 35°C sobre as propriedades físico-químicas dos flocos de casca de manga ao longo do seu armazenamento. Somado a isso, determinar os parâmetros cinéticos das reações de degradação dos principais atributos dos flocos de casca de manga desenvolvidos neste trabalho.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. PRODUÇÃO DOS FLOCOS DE CASCA DE MANGA POR *DRUM DRYING*

As cascas de manga utilizadas como matéria-prima foram obtidas a partir da remoção manual das cascas de manga da variedade Palmer. As frutas foram adquiridas na Central de Abastecimento de Campinas (CEASA), provenientes da safra de 2021. Antes da etapa de

descascamento, as frutas foram higienizadas, sanitizadas (imersão em solução de hipoclorito de sódio 150 ppm) e branqueadas (imersão em água em ebulição por 90 s).

Para a produção dos flocos desidratados, as cascas foram misturadas com água, na proporção de 1:1,2 (cascas:água) para trituração em um moinho de cominuição controlada. Em seguida, esta pasta foi homogeneizada com o amido de arroz e a lecitina de soja em um moinho coloidal (Meteor, REX 2-AL, Brasil). O purê, que foi formulado com 15% de sólidos totais, sendo 67,7% provenientes da casca, 28,6% do amido e 3,8% da lecitina de soja, foi submetido à secagem no secador de cilindro rotativo da Planta Piloto de Desidratados do Fruthotec/ITAL. Utilizou-se um equipamento (Richard 20 Simon & Sons, D139, Inglaterra) com área de secagem de 0,5 m². O processo operou com espaçamento de 0,15 mm, vapor a 4,2 kgf/cm² (~145 °C), nível de alimentação constante (~400 mL), e tempo de permanência do purê na superfície do cilindro de 15 s. O filme obtido na secagem foi submetido ao processo de floculação com a utilização de uma peneira de abertura de 2,5 mm. Os flocos foram armazenados em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura e, ainda, em embalagens laminadas de baixa densidade com estrutura de poliéster, alumínio e polietileno (PET/Al/PEBD) com espessura de 0,7 mm.

3.2. ESTUDO DE VIDA DE PRATELEIRA

O estudo de vida de prateleira foi realizado com o intuito de determinar quanto tempo o produto mantém suas características adequadas para o consumo. As amostras foram armazenadas em três câmaras climáticas com controle de umidade relativa em torno de 55% ± 10%, e temperaturas de 15, 25 e 35 °C. Essas amostras foram direcionadas para análises de atividade de água, cor, umidade, compostos fenólicos, carotenoides, vitamina C e capacidade antioxidante durante 6 meses.

Durante os primeiros 30 dias, foi realizada uma avaliação semanal da atividade de água, cor, carotenoides e vitamina C dos flocos, espaçando posteriormente para um período quinzenal e, por fim, mensal. As análises de capacidade antioxidante, compostos fenólicos e umidade foram feitas apenas no início, meio e fim do período de estudo.

3.3. METODOLOGIA ANALÍTICA

A seguir, estão descritos os métodos utilizados para avaliação das propriedades físico-químicas acima mencionadas.

3.3.1. ATIVIDADE DE ÁGUA

A medida da atividade de água foi realizada em triplicata utilizando higrômetro digital (Decagon Devices Inc, Aqualab 3 TE, Estados Unidos da América) a 25 ± 2 °C, conforme descrito no Instituto Adolfo Lutz (I. A. L., 2008).

3.3.2. COR

Para determinar a cor, fez-se uma leitura direta em colorímetro (KonicaMinolta Sensing Inc., Chromameter CR-400, Japão) utilizando escala CIELab (L*, a*, b*), a temperatura ambiente e o

iluminante D-65. Além disso, foram calculados os valores dos parâmetros croma (C^*) e ângulo de tom (Hue). Foram realizadas 9 leituras na análise de cada amostra.

3.3.3. UMIDADE

A determinação de umidade foi feita em triplicata segundo a metodologia (013/IV) adaptada de I. A. L. (2008), onde aproximadamente 4 g das amostras foram secas em estufa a 70 °C com aplicação de vácuo, por 24 horas.

3.3.4. COMPOSTOS FENÓLICOS

A determinação dos compostos fenólicos foi feita em triplicata por espectrofotometria, seguindo o método de Folin-Ciocalteu, apresentado por Benvenuti et al. (2004). Para realização desse método, foi utilizado acetona 70%, a fim de extrair os compostos de modo sequencial triplo.

3.3.5. VITAMINA C

A quantificação do teor de vitamina C foi realizada em triplicata após extração prévia com ácido oxálico 2%. Foi utilizado o método titulométrico adaptado de I. A. L. (2008) (método 365/IV) de Tillmans, que fundamenta-se na redução do 6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico.

3.3.6. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Para determinação da capacidade antioxidante das amostras foram utilizadas as análises de captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), descrita por Rufino *et al.* (2007a); e inibição da absorbância do cátion-radical 2,2'-azino-bis (ácido 3- etilbenzotiazolina-6-sulfônico - ABTS), proposta por Rufino et al (2007b). A extração dos compostos antioxidantes foi realizada com o mesmo método utilizado na extração de compostos fenólicos.

3.3.7. CAROTENOIDES

A quantificação do teor de carotenoides foi feita em triplicata pelo método adaptado descrito por Carvalho, Collins e Rodriguez-Amaya (1992). Assim, a determinação deste composto nas amostras foi realizado por espectrofotometria, atingindo comprimento de onda 450 nm, utilizando coeficiente de absorvidade de 2592. A extração foi utilizada em duas etapas, utilizando primeiramente acetona e, em seguida, éter de petróleo como solventes.

3.4. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO

A cinética das reações de degradação dos flocos de casca de manga ao decorrer de 182 dias foi avaliada pelos modelos matemáticos de fator de aceleração (Q_{10}).

3.4.1. ORDEM DE REAÇÃO

A relação entre a redução da concentração de um composto A (CA) pelo tempo da reação (t) é definida como a taxa de reação (r_A), e pode ser descrita conforme a Equação 1 (ANTONIOLLI, 2021).

$$r_A = - \frac{dCA}{dt} = k * CA^n \quad \text{Equação 1}$$

Onde n se refere à ordem de reação, que pode ser de ordem zero ($n=0$), primeira ordem ($n=1$), segunda ordem ($n=2$), dentre outras. Para cada um dos parâmetros avaliados, foram

ajustados modelos de cinéticas de degradação de ordem zero, primeira e segunda ordens, expressas, respectivamente, pelas Equações 2, 3 e 4 (ANTONIOLLI, 2021).

$$CA = CA_0 - k * t \quad \text{Equação 2}$$

$$\ln CA = \ln CA_0 - k * t \quad \text{Equação 3}$$

$$\frac{1}{CA} = \frac{1}{CA_0} + k * t \quad \text{Equação 4}$$

Em que CA_0 é concentração inicial do componente A e k a constante da velocidade de reação.

3.4.2. FATOR DE ACELERAÇÃO DAS REAÇÕES COM A TEMPERATURA (Q_{10})

O Q_{10} é definido como fator de aceleração (Equação 5), de modo que quanto maior for esse parâmetro mais rápida será a degradação de determinado composto decorrente do aumento da temperatura (ANTONIOLLI, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

$$Q_{10} = \frac{k_T}{k(T-10^\circ C)} \quad \text{Equação 5}$$

3.4.3. TEMPO DE MEIA VIDA ($T_{1/2}$)

O tempo de meia vida determina o tempo necessário para reduzir pela metade a concentração inicial de um composto. Para indicar esse tempo utilizam-se diferentes equações a depender da ordem da reação (ANTONIOLLI, 2021). No presente trabalho este parâmetro foi calculado para a vitamina C, a fim de analisar sua degradação a partir dos parâmetros cinéticos apresentados no tópico 4.2.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS FLOCOS DE CASCA DE MANGA DURANTE O ESTUDO DE VIDA DE PRATELEIRA

4.1.1. ATIVIDADE DE ÁGUA

Os valores da atividade de água obtidos durante o estudo de vida de prateleira dos flocos de manga da variedade Palmer estão apresentados na Figura 1.

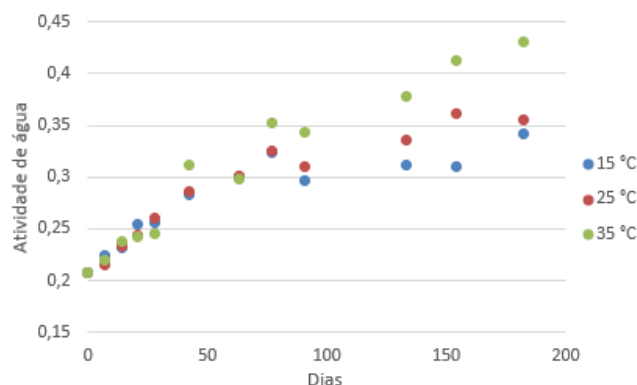


Figura 1. Teor de atividade de água das amostras de flocos de casca de manga condicionadas a 15, 25 e 35 °C nas câmaras climáticas durante o estudo de vida de prateleira.

Sabe-se que o estudo da atividade de água dos alimentos é essencial tendo em vista que por meio desta podem ocorrer reações químicas e enzimáticas indesejáveis e o crescimento de microrganismos (SOUZA *et al.*, 2013).

Através da Figura 1 pode-se perceber que em todas as amostras houve aumento da atividade de água, o que pode ser justificado pela diferença de umidade relativa entre o ambiente e a amostra. Ainda a amostra armazenada na câmara de 15 °C demonstrou maior atividade de água no dia 7 e 23 do plano experimental, fato este que pode ser justificado pela variação da umidade relativa no ambiente. No entanto, os resultados obtidos a partir do dia 28 revelam a sobreposição nos valores de atividade de água das amostras armazenadas sob 25 e, principalmente, 35 °C à de 15 °C.

Apesar de se observar um aumento gradual do teor da atividade de água dos flocos, todos os valores medidos para as três condições de armazenamento foram inferiores a 0,6, estando, portanto, abaixo da faixa de desenvolvimento microbiano (SOUZA *et al.*, 2014). Vale a pena ressaltar sobre a barreira da embalagem, uma vez que não era esperado um aumento tão expressivo de atividade de água nas amostras. Sendo assim, para minimizar este teor, deve ser feita reconsideração do material de embalagem em estudos futuros, de modo a prover maior barreira para o vapor de água.

4.1.2. COR E TEOR DE CAROTENOIDES

Na Figura 3 estão dispostos os resultados obtidos da análise colorimétrica das amostras de flocos de casca de manga acondicionadas a 15, 25 e 35 °C e suas variações ao longo de 182 dias.

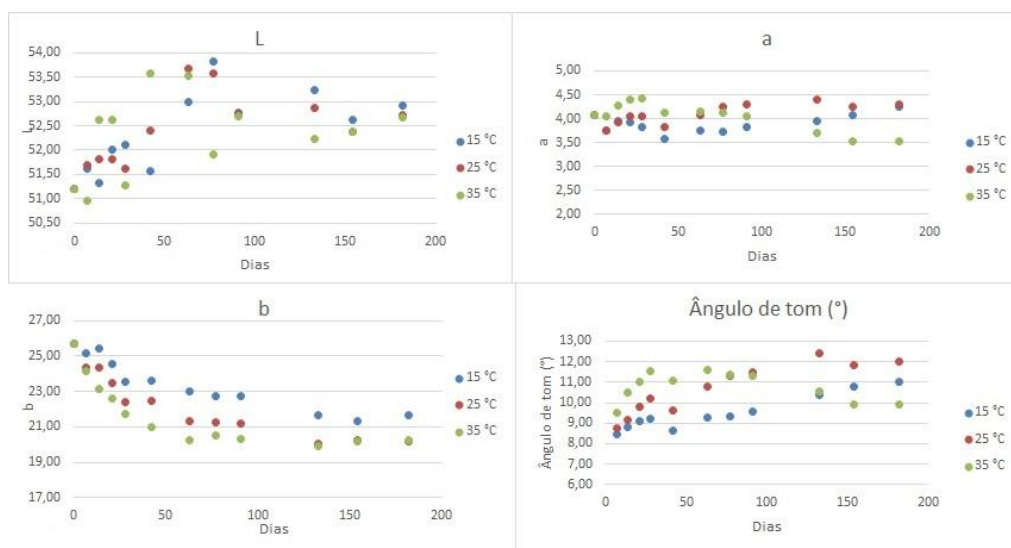


Figura 2. Variação dos parâmetros colorimétricos L, a*, b* e ângulo de tom das amostras acondicionadas a 15, 25 e 35 °C.

Em relação a luminosidade (L), Figura 2, pode-se perceber um aumento e em seguida uma estabilização desse parâmetro nas amostras. Além disso, no último ponto coletado (dia 182) a amostra acondicionada a 15 °C apresentou maior valor de L, manifestando, portanto, flocos de cascas ligeiramente mais claros. Para o parâmetro a* e b*, as amostras de 35 °C apresentaram

menor valor, indicando um produto de coloração um pouco menos avermelhada e menos amarelada que as amostras de 25 e 15 °C, respectivamente.

O parâmetro Hue (ângulo de tom) no quadrante vermelho amarelo ($0^\circ \leq \text{Hue} \leq 90^\circ$), revela que quanto mais próximo de 90° , mais amarelo é o produto (TROIANI, 2020). Nesse sentido, pode-se perceber que as amostras de 15 e 25 °C apresentaram maior valor de Hue ao longo do tempo, logo, sua cor está mais próxima do amarelo, fato este que também está associado ao maior valor do parâmetro b^* obtido destas amostras. Já para os flocos de casca de manga a 35 °C obteve-se menor valor de Hue, comprovando a coloração amarela menos intensa dessa amostra.

Além disso, por meio dos gráficos pode-se concluir que quando comparada às amostras de 25 e 35 °C, os flocos de casca de manga acondicionados a 15°C apresentaram menor variação de coloração ao decorrer do estudo, demonstrando maior estabilidade da cor durante o armazenamento.

Através da Figura 3 pode-se observar a variação do teor de carotenoides totais.

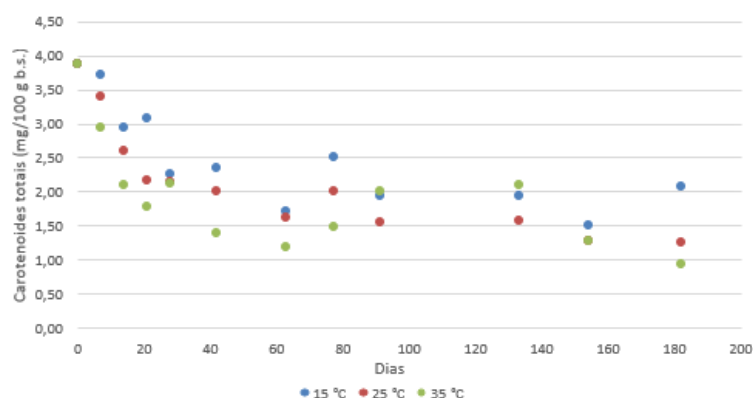


Figura 3. Teor de carotenoides totais (mg/100g b.s.) dos flocos de casca de manga armazenados a 15, 25 e 35 °C.

É possível fazer uma correlação entre o parâmetro cromático b^* e o teor de carotenoides, pois quando é obtido maiores valores de b^* em uma amostra sabe-se que esta manifesta um tom mais amarelado e, logo, há prevalência de carotenoides sobre outros pigmentos (TROIANI, 2020; MENEZES, *et al.*, 2019). Nesse contexto, anteriormente a amostra armazenada em câmara climática a 15 °C apresentou maior valor do parâmetro b^* , o que pode ser comprovado na Figura 3 em virtude de sua maior concentração de carotenoides após 182 dias. Por outro lado, a amostra acondicionada a 35 °C revelou conter menor teor de carotenoides, o que entra de acordo com seu menor valor do parâmetro b^* obtido.

Os teores de carotenoides obtidos no presente estudo foram inferiores ao coletado por Menezes *et al.* (2019), em sua pesquisa aplicando amido regular e monoestearato de glicerila como coadjuvantes de processo no *drum drying* de flocos de casca de manga, onde foram reportados 67,88 mg/100g b.s. Essa diferença pode ser atribuída a proporção entre amido e casca utilizada, na qual a do presente trabalho foi maior, o que resultaria, por consequência, em uma menor teor de carotenoides.

4.1.3. CAPACIDADE ANTIOXIDANTE, COMPOSTOS FENÓLICOS E UMIDADE

A Tabela 1 dispõe os resultados de teor de umidade, compostos fenólicos e capacidade antioxidante dos flocos de casca de manga ao longo do período avaliado.

Tabela 1. Teor de umidade, compostos fenólicos e capacidade antioxidante de flocos de casca de manga durante o estudo de vida de prateleira.

Amostra	Tempo (dias)	Teor de umidade (%)	Compostos fenólicos (mg AGE/ 100g b.s.)	Capacidade antioxidante ABTS (μmol TE/ g b.s.)	Capacidade antioxidante DPPH (μmol TE/ g b.s.)
Flocos de casca de manga	0	2,28 ± 0,01	1891,23 ± 24,45	217,35 ± 4,59	203,89 ± 6,86
15 °C	90	2,33 ± 0,06	2655,27 ± 17,32	228,36 ± 9,22	208,48 ± 1,14
25 °C		3,94 ± 0,07	2643,35 ± 19,99	215,49 ± 12,87	203,3 ± 0,92
35 °C		3,17 ± 0,05	2596,97 ± 16,24	214,15 ± 9,24	198,62 ± 1,90
15 °C	182	3,09 ± 0,05	2524,21 ± 83,66	220,01 ± 4,13	182,91 ± 3,59
25 °C		3,89 ± 0,02	2604,41 ± 17,02	188,49 ± 5,08	165,06 ± 6,62
35 °C		4,98 ± 0,00	2910,86 ± 121,34	236,37 ± 5,07	202,9 ± 5,51

Observa-se na Tabela 1 que o maior teor de umidade encontrado foi de 4,98% na amostra de 35 °C após 182 dias, valor este que está próximo ao relatado por Troiani (2020), onde afirma que para produtos secos com teores de umidade maiores do que 5% afetam negativamente a estabilidade do produto. Assim, pode-se afirmar que a umidade a 35 °C após 182 dias pode desfavorecer a estabilidade do produto no armazenamento.

Quanto aos compostos fenólicos, observa-se que os valores estão, em geral, ligeiramente menores que os reportados por Troiani (2020) nos ensaios de *drum drying* de flocos de casca de manga da variedade Palmer, onde o menor valor encontrado foi de 2841,72 mg AGE/100 g b.s.. Essa discrepância pode ser justificada pelas diferenças na composição da matéria prima, concentração utilizada do coadjuvante e, além disso, às variáveis de processo do *drum drying* das cascas de manga, tendo em vista que o processo térmico é capaz de causar a desestruturação dos compostos fenólicos. Por outro lado, Menezes *et al.* encontrou nas cascas da variedade Palmer um teor de compostos fenólicos de 1335,61 mg/100 g b.s., sendo este menor do que todos os reportados na Tabela 1. Ainda, observa-se que, ao final dos 182 dias de estudo, foi encontrado um valor superior de compostos fenólicos nas amostras armazenadas a 35 °C. A temperatura mais elevada pode ter favorecido a ocorrência de reações químicas que levam à formação de compostos com radicais fenólicos.

Para a capacidade antioxidante, observa-se uma pequena variação entre os resultados dos dois métodos analíticos, ABTS e DPPH. Troiani (2020) em sua pesquisa encontrou faixa valores superiores a todos apresentados pela Tabela 1, de 309 a 362 $\mu\text{mol TE/g b.s.}$ pelo método ABTS, e de 286 a 309 $\mu\text{mol TE/g b.s.}$ pelo método DPPH. Entretanto, os valores encontrados por Menezes *et al.* (2019) foram mais próximos do presente trabalho, sendo estes de 166,06 e 192,76 $\mu\text{mol TE/g b.s.}$ no método DPPH e ABTS, respectivamente. Estas diferenças podem ser devidas, além da variedade e safra das mangas, pela diferença na proporção de casca/aditivo utilizada nestas formulações.

Ainda, pela Tabela 1 foi notório um aumento da capacidade antioxidante juntamente com a concentração de fenólicos, o que é esperado já que quanto maior a presença dessas estruturas na amostra, maior sua atividade antioxidante.

4.1.4. VITAMINA C

A Figura 4 apresenta a concentração de vitamina C em função do tempo para as amostras armazenadas a diferentes temperaturas.

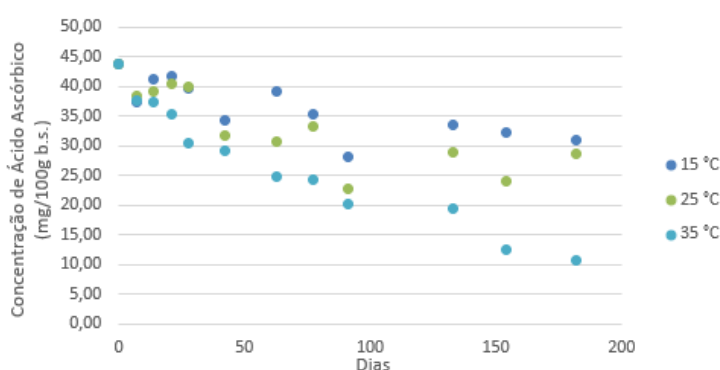


Figura 4. Teor de vitamina C (mg/100g b.s.) dos flocos de casca de manga armazenados a 15, 25 e 35 °C. Fonte: Autoria própria (2022).

Através do gráfico apresentado acima pode-se observar o decaimento da concentração do ácido ascórbico em função do tempo. A amostra armazenada a 15 °C apresentou menor decaimento, justamente pela estabilidade da vitamina C diante de temperaturas mais baixas. Por outro lado, durante o armazenamento a 35 °C o teor de ácido ascórbico demonstrou cair mais rapidamente chegando ao menor valor dentre as amostras ao final dos 182 dias, o que pode ser justificado pela degradação do composto devido à sua sensibilidade ao calor. Apesar de haver discrepância entre o decaimento das amostras, em todas elas houve redução do teor de vitamina C, fato este esperado pois sabe-se que esse composto também é sensível à presença de oxigênio.

4.2. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA VITAMINA C, PARÂMETRO b E ATIVIDADE DE ÁGUA

4.2.1. VITAMINA C

A degradação da vitamina C ao longo do armazenamento foi melhor ajustada pelo modelo cinético de primeira ordem para todas as temperaturas, com coeficientes de determinação (R^2) entre 0,82 e 0,97. Além disso, com essas informações e a ordem de reação definida, pode-se determinar o tempo de meia vida para a vitamina C através da Equação 6:

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k} \quad \text{Equação 6}$$

Tabela 2. Parâmetros cinéticos da degradação da vitamina C, nas diferentes temperaturas de armazenamento.

Amostra	Ordem	R ²	Coefficiente angular (k)	Coefficiente linear	Q ₁₀	t _{1/2}
15 °C	primeira	0,8592	- 0,0016	3,7187	-	399,4
25 °C	primeira	0,8285	- 0,0026	3,7094		245,8
35 °C	primeira	0,9688	- 0,0071	3,7127	2,73	90

Através da Tabela 2, é possível observar um aumento na velocidade de reação (k) com o aumento da temperatura de armazenamento e, por consequência, uma diminuição no tempo de meia vida da vitamina C. Ainda, o valor do coeficiente de aceleração (Q₁₀) reporta o quanto a temperatura influencia na reação de degradação do composto, evidenciando a sensibilidade do mesmo aos aumentos de temperatura. Nessa mesma linha de estudo, Yamato (2018) determinou em seu trabalho, para flocos com amido, ajuste de reação de primeira ordem com velocidade de reação na ordem de grandeza de -0,02 dias⁻¹ e tempo de meia vida em torno de 30 dias. No entanto, essas diferenças podem ter sido resultado das diferenças nos processos preliminares à secagem, bem como características intrínsecas da matéria prima, como a variedade e o nível de maturação.

4.2.2. PARÂMETRO b

A degradação do parâmetro colorimétrico b ao longo do armazenamento foi melhor ajustada pelo modelo cinético de primeira ordem para todas temperaturas, com coeficientes de determinação (R²) entre 0,62 e 0,87.

Tabela 3. Parâmetros cinéticos da degradação do parâmetro colorimétrico b, nas diferentes temperaturas de armazenamento.

Amostra	Ordem	R ²	Coefficiente angular (k)	Q ₁₀
15 °C	primeira	0,8764	0,001	-
25 °C	primeira	0,8279	0,0012	
35 °C	primeira	0,6228	0,0011	0,92

A partir da Tabela 3, pelo fato de Q₁₀ estar em torno de 1 releva-se que a temperatura não é um fator significativo para degradação deste parâmetro. No caso de 35 °C, o valor de b estabilizou a partir de 91 dias, enquanto que em 25 °C ele continuou decaindo até atingir um valor parecido com o de 35°C, o que justifica o coeficiente de aceleração (Q₁₀) ser igual a 1. Já Antonioli (2021), em seu estudo de parâmetros cinéticos dos flocos de casca de manga obtidos por *drum drying*,

reporta ordem zero para todas temperaturas com k entre 0,02 e 0,05 com Q_{10} de 2,16, indicando que para suas amostras houve a sensibilidade da cor com a temperatura.

4.2.3. ATIVIDADE DE ÁGUA

Como reportado no tópico 4.1.1 houve aumento da atividade de água do produto ao longo do armazenamento nas condições estudadas. A cinética desse parâmetro foi melhor ajustada na ordem zero para todas as amostras, com R^2 entre 0,9 e 0,98.

Tabela 4. Parâmetros cinéticos da degradação da atividade de água, nas diferentes temperaturas de armazenamento.

Amostra	Ordem	R^2	Coefficiente angular (k)	Q_{10}
15 °C	zero	0,9089	0,0113	-
25 °C	zero	0,9730	0,0147	
35 °C	zero	0,9597	0,0209	1,42

Por meio da Tabela 4 nota-se um aumento da velocidade de reação em função da temperatura, de modo que a amostra de 35 °C apresentou o maior valor, evidenciando a influência da temperatura no aumento da atividade da água. Ainda, essa comprovação pode ser relatada pelo valor de Q_{10} obtido no presente estudo, de 1,42, indicando que há influência da temperatura sobre o aumento da atividade de água no produto e, portanto, desfavorecendo a estabilidade ao longo do tempo dos flocos.

5. CONCLUSÃO

A temperatura de armazenamento exerceu influência significativa na maior parte das características físico-químicas avaliadas dos flocos de casca de manga, sendo as amostras armazenadas sob 35 °C as que apresentaram maiores variações nas suas propriedades. A atividade de água das amostras armazenadas a 35 °C apresentou maior elevação em comparação às amostras mantidas a 15 e 25 °C.

Quanto aos parâmetros de cor, as amostras acondicionadas a 15 °C apresentaram maior estabilidade durante o período considerado, o que pode ser também um reflexo da sua maior concentração de carotenoides.

No estudo de carotenoides e vitamina C, os flocos armazenados a 35 °C demonstraram declínio mais rápido, em virtude da sensibilidade desses compostos à temperatura.

Os resultados obtidos para umidade, compostos fenólicos e capacidade antioxidante estavam próximos de trabalhos semelhantes encontrados na literatura.

Por fim, foi notório que para o estudo de vida de prateleira de flocos de casca manga o armazenamento em maior temperatura contribuiu para maior degradação de compostos bioativos e, portanto, menor estabilidade do produto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica por meio do Programa de Bolsas de Iniciação Científica do Itai, e à Fapesp (Processo 2020/11510-3) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, P. R.. **Estabilidade de flocos de casca de manga obtidos por *drum drying*: isotermas de sorção, transição vítrea e cinética de reações**. 2021. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Tecnologia dos Alimentos - ITAL, Campinas, SP.
- BENVENUTI, S. *et al.* Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of rubus, ribes, and aronia. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 3, p. 164-169, 2004.
- CARVALHO, P. R. N.; COLLINS, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Comparison of provitamin A determination by normal-phase gravity-flow column chromatography and reversed-phase high performance liquid chromatography. **Chromatographia**, v. 33, n. 3-4, p. 133-137, 1992.
- MANTOVANI, R. A. *et al.* **Estabilidade e digestibilidade de emulsões contendo lecitina e proteínas do soro**. Tese de mestrado em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2012.
- MARQUES, A. *et al.* Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 32, p. 1206-1210, 2010.
- MENEZES, L. S. *et al.* Desidratação de cascas de manga por drum drying: desempenho de diferentes variedades e avaliação do resíduo industrial. In: **13º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. Campinas, São Paulo, Brasil. Retirado de http://www.ciic.net.br/resumos_2019/ITAL/RE19242_Silvia%20Germer.pdf**. 2019.
- OLIVEIRA, A. D. N.; Ramos, A. M.; Chaves, J. B. P.; Valente, M. E. R.. Cinética de degradação e vida-de-prateleira de suco integral de manga. **Ciência Rural**, v. 43, p. 172-177, 2013.
- RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: EMBRAPA, 2007a.
- RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E., Brito, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS +**. Fortaleza: EMBRAPA, 2007b.
- RYBKA, A. C; LIMA, A.; DE CÁSSIA NASSUR, R.. Caracterização da farinha da casca de diferentes cultivares de manga. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, 2018.
- SOUZA, M. *et al.* Emprego do frio na conservação de alimentos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013.
- SOUZA, P. N. A. *et al.* **Atividade de água e textura de batata baroa desidratada sob diferentes temperaturas de secagem**. Fórum FEPEG, VIII, setembro, 2014.
- TROIANI, C. A. L.. **Influência das variáveis de processo na secagem de cascas de manga em secador de cilindro rotativo (drum dryer) e avaliação do ingrediente funcional obtido**. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). 2020.
- YAMATO, M. A. C.. **Estabilidade de flocos de manga obtidos por Drum Drying no armazenamento controlado**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). 2018.