



INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Centro de Tecnologia de Frutas e Hortaliças - Fruthotec

MAIRA AKEMI CASAGRANDE YAMATO

**ESTABILIDADE DE FLOCOS DE MANGA OBTIDOS POR DRUM DRYING
NO ARMAZENAMENTO CONTROLADO**

CAMPINAS
2018

MAIRA AKEMI CASAGRANDE YAMATO

**ESTABILIDADE DE FLOCOS DE MANGA OBTIDOS POR DRUM DRYING
NO ARMAZENAMENTO CONTROLADO**

*Dissertação apresentada ao Instituto de
Tecnologia de Alimentos para obtenção do
título de Mestre em Ciência e Tecnologia de
Alimentos.*

Aluna: Maira Akemi Casagrande Yamato
Orientadora: Profa. Dra. Silvia Pimentel
Marconi Germer

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pela aluna Maira Akemi Casagrande Yamato e orientada pela Profa. Dra. Silvia Pimentel Marconi Germer.

CAMPINAS

2018

Agência (s): FAPESP

Nº do proc.: 15/12303-3

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Bibliotecária Lucilene Paulina da Silva CRB/8 - 8507
Biblioteca Central do ITAL- Instituto de Tecnologia de Alimentos.

Y19e Yamato, Maira Akemi Casagrande.

Estabilidade de flocos de manga obtidos por *Drum Drying* no armazenamento controlado. Maira Akemi Casagrande Yamato / Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP: ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2018.

110 f.

Profa. Dra. Silvia Pimentel Marconi Germer.

1. Secador de cilindro rotativo. 2. Mangífera indica L. 3. Isotermas de sorção. 4. Parâmetros cinéticos. 5. Estabilidade. I. ITAL / FRUTHOTEC - Centro de Tecnologia de Frutas e Hortaliças. II. Yamato, Maira Akemi Casagrande. III. Título.

Título em inglês: Stability of Mango Flakes Obtained by Drum Drying During Controlled Storage

Keywords:

Titulação: Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Banca Examinadora: Profa. Dra. Silvia Pimentel Marconi Germer;
Profa. Dra. Rosa Maria Vercelino Alves; Profa. Dra. Marise Bonifacio Queiroz; Profa. Dra. Cristhiane Caroline Ferrari

Data da Defesa: 25 de abril de 2018

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por Maira Akemi Casagrande Yamato, aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de abril de 2018.

Profa. Dra. Silvia Pimentel Marconi Germer
Instituto de Tecnologia dos Alimentos: ITAL- Fruthotec (Presidente)

Profa. Dra. Rosa Maria Vercelino Alves
Instituto de Tecnologia dos Alimentos: ITAL- CETEA (titular)

Profa. Dra. Marise Bonifacio Queiroz
Instituto de Tecnologia dos Alimentos: ITAL- Cereal Chocotec (titular)

Profa. Dra. Cristhiane Caroline Ferrari
Instituto de Tecnologia dos Alimentos: ITAL - Fruthotec (suplente)

A ata de defesa de dissertação de mestrado com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se arquivada junto à documentação do aluno.

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a estabilidade da manga em flocos, obtidos por *drum drying* com diferentes coadjuvantes, no armazenamento em diferentes condições de temperatura, visando estabelecer as condições críticas de estocagem e os parâmetros cinéticos de degradação. Os produtos foram obtidos pela secagem de polpa comercial de manga, na temperatura de 130 °C, com um tempo de residência de 20 segundos. As seguintes combinações de aditivos foram empregadas (bs): 1) amido de milho (3% bs) e monoestearato de glicerila (0,5% bs); 2) maltodextrina 10DE (3% bs) e monoestearato de glicerila (0,5% bs). Primeiramente, foram determinadas as isotermas de sorção dos flocos de manga a 25°C e 35°C, empregando-se o método gravimétrico estático com soluções saturadas ($0,11 < a_w < 0,84$). Os pontos experimentais do equilíbrio foram ajustados pelos seguintes modelos: GAB, BET, Halsey, Henderson, Oswin, Peleg e Langmuir. O modelo de GAB apresentou o melhor ajuste ($R^2 > 0,99$ e $P < 10\%$) e os valores de umidade da monocamada obtidos foram: 6,4% e 6,8% para os flocos com amido e maltodextrina a 25°C, respectivamente; 5,7% para ambos os flocos a 35°C. Em uma segunda etapa, os flocos de manga foram acondicionados (PEBD+PET/AL/PEBD) e armazenadas nas temperaturas de 25°C e 35°C (UR=65%), por aproximadamente seis meses. As seguintes análises periódicas foram realizadas: teores de vitamina C, carotenoides totais, β -caroteno e fenólicos totais; cor dos flocos e da polpa reconstituída; capacidade antioxidante. As seguintes análises foram realizadas no início e no final: teor de umidade, atividade de água, distribuição de tamanho de partículas, densidades e morfologia. As ordens das reações de degradação das propriedades ao longo do armazenamento foram determinadas a partir do modelo de melhor ajuste, considerando o maior valor do coeficiente de determinação (R^2). A partir dos modelos, foram obtidos os seguintes parâmetros cinéticos: velocidade de reação (k), tempo de meia vida ($t_{1/2}$), e fator de aceleração (Q_{10}). Foram obtidos modelos de 1ª ordem para a degradação de vitamina C, carotenoides totais e β -caroteno (R^2 : 0,72-0,99), com as seguintes faixas de variação de k : 0,0205 -0,0253 dia⁻¹; 0,0009-0,0019 dia⁻¹; 0,0007-0,0016 dia⁻¹, respectivamente. Os valores de Q_{10} obtidos mostraram baixa sensibilidade dessas propriedades à temperatura (1 a 1,5). Os valores de $t_{1/2}$, com exceção da degradação da vitamina C, foram longos, variando de 365 a 990 dias. As variações dos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* e ΔE) seguiram cinética de ordem zero (R^2 : 0,75-0,97), com k variando de: -0,011 a -0,0336; 0,0032-0,0139; -0,0091 a -0,0643; 0,014-0,0648, respectivamente. Os valores de Q_{10} mostraram sensibilidade à temperatura (1,3 a 4,3). Os valores de $t_{1/2}$ variaram de 452 a 3915 dias. Observou-se, no geral, alta estabilidade dos flocos quanto aos teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante, bem como quanto aos aspectos físicos tais como morfologia e diâmetro médio. O produto com maltodextrina, apresentou uma maior instabilidade geral em comparação ao produto com amido, caracterizada por maior higroscopicidade, maiores velocidades de degradação, maior sensibilidade à temperatura.

Palavras-chave: secador de cilindro rotativo; *Mangifera indica* L; isotermas de sorção; parâmetros cinéticos; estabilidade.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the stability of the mango flakes, obtained by drum drying with different coadjuvants, along storage under different temperature conditions, aiming to establish the critical storage conditions and kinetic parameters of degradation. The products were obtained by drying of commercial mango pulp, at a temperature of 130 ° C, with a residence time of 20 seconds. The following combinations of additives were employed (db): 1) corn starch (3% db) and glyceryl monostearate (0.5% db); 2) 10DE maltodextrin (3% db) and glyceryl monostearate (0.5% db). First, the sorption isotherms of the mango flakes were determined at 25 °C and 35 °C using the static gravimetric method with saturated solutions ($0.11 < a_w < 0.84$). The experimental points of equilibrium were adjusted by the following models: GAB, BET, Halsey, Henderson, Oswin, Peleg and Langmuir. The GAB model presented the best fit ($R^2 > 0.99$ and $P < 10\%$) and the values of monolayer moisture obtained were: 6.4% and 6.8% for flakes with starch and maltodextrin, respectively, at 25 °C,; 5.7% for both flakes at 35 °C. In a second step, the mango flakes were packed (LDPE+PET/AL/LDPE) and stored at temperatures of 25 °C and 35 °C (RH = 65%) for approximately six months. Some periodic analyzes were performed: vitamin C contents, total carotenoids, β -carotene and total phenolics; color of flakes and reconstituted pulp; antioxidant capacity. The following analyzes were performed at the beginning and at the end of storage: moisture content, water activity, particle size distribution, densities and morphology. The orders of the degradation reactions of the properties along the storage were determined from the best fit of the models considering the highest values of the coefficient of determination (R^2). From the models, the following kinetic parameters were obtained: reaction velocity (k), half-life ($t_{1/2}$), and acceleration factor (Q_{10}). First-order models were obtained for the degradation of vitamin C, total carotenoids and β -carotene (R^2 : 0.72-0.99), with the following ranges of k: 0.0205 -0.0253 day⁻¹; 0.0009-0.0019 day⁻¹, 0.0007-0.0016 day⁻¹, respectively. The values of Q_{10} obtained showed low sensitivity of these properties at temperature (1 to 1.5). The values of $t_{1/2}$, with the exception of degradation of vitamin C, were long, varying from 365 to 990 days. The variations of the color parameters (L^* , a^* , b^* and ΔE) followed zero-order kinetics (R^2 : 0.75-0.97), with k varying from -0.011 to -0.0336; 0.0032-0.0139; -0.0091 to -0.0643; 0.014-0.0648, respectively. The values of Q_{10} showed sensitivity to temperature (1.3 to 4.3). Values of $t_{1/2}$ ranged from 452 to 3915 days. In general, high stability of the flakes was observed for the phenolic compounds and antioxidant capacity, as well as for the physical aspects such as morphology and mean diameter. The product with maltodextrin was more unstable compared to the starch product, characterized by higher hygroscopicity, higher degradation rates, and higher sensitivity to temperature.

Keywords: drum drying; *Mangifera indica* L; sorption isotherms; kinetic parameters; stability.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. A MANGA.....	4
3.2. COMPOSTOS BIOATIVOS.....	5
3.2.1. Vitamina C	6
3.2.2. Carotenóides	7
3.2.3. Compostos fenólicos e atividade antioxidante	9
3.3. A SECAGEM DE FRUTAS.....	10
3.3.1. Princípios.....	10
3.3.2. Frutas desidratadas em pó ou em flocos.....	11
3.3.3. Secagem no cilindro rotativo (drum drying)	11
3.3.4. O drum drying de polpa de manga	13
3.3.5. Coadjuvantes de secagem	14
3.4. A ESTABILIDADE DOS PRODUTOS DESIDRATADOS.....	16
3.4.1. Atividade de água, isoterma de sorção e modelos matemáticos .	16
3.4.2. O estado da matriz sólida e a transição vítrea.....	23
3.4.3. Cinética das reações de degradação e seus parâmetros.....	24

4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1. MATERIAL	30
4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	30
4.2.1. Caracterização da polpa.....	30
4.2.2. Secagem da polpa de manga: obtenção dos flocos	30
4.3. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS FLOCOS DE MANGA	32
4.4. LEVANTAMENTO EXPERIMENTAL DAS ISOTERMAS DE SORÇÃO E AJUSTE DOS RESULTADOS POR MODELOS MATEMÁTICOS	33
4.5. ESTUDO DA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DOS FLOCOS DE MANGA NO ARMAZENAMENTO.....	35
4.6. METODOLOGIAS ANALÍTICAS	36
4.6.1. Atividade de água.....	36
4.6.2. Teor de umidade.....	36
4.6.3. Vitamina C	36
4.6.4. Teores de carotenoides totais e β -caroteno	36
4.6.5. Cor instrumental	37
4.6.6. Cor reconstituída	37
4.6.7. Teores de fenólicos totais.....	38
4.6.8. Capacidade Antioxidante por DPPH e ABTS	38
4.6.9. Morfologia por microscopia eletrônica de varredura (MEV)	39
4.6.10. Temperaturas de transição vítrea (Tg)	40
4.6.11. Densidade aparente, absoluta e porosidade	40
4.6.12. Diâmetro médio de partícula e distribuição do tamanho de partículas	
41	
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA E DOS FLOCOS DE MANGA COM AMIDO E MALTODEXTRINA	42

5.2.	ISOTERMAS DE SORÇÃO DOS FLOCOS DE MANGA	45
5.3.	TEMPERATURA DE TRANSIÇÃO VÍTREA DOS FLOCOS	53
5.4.	ATIVIDADE DE ÁGUA E TEOR DE UMIDADE DOS FLOCOS DE MANGA NO INÍCIO E NO FINAL DO ARMAZENAMENTO CONTROLADO	55
5.5.	DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DAS PARTÍCULAS DOS FLOCOS DE MANGA	57
5.6.	CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO CONTROLADO	59
5.6.1.	Cinética da degradação da vitamina C	59
5.6.2.	Cinética da degradação dos carotenoides totais	62
5.6.3.	Cinética da degradação do β - caroteno.....	65
5.6.4.	Cinética da degradação dos parâmetros de cor	68
5.7.	VARIAÇÃO DO CROMA E DO HUE DA COR DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO	74
5.8.	VARIAÇÃO DA COR INSTRUMENTAL DAS POLPAS RECONSTITUÍDAS A PARTIR DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO.....	76
5.9.	VARIAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS DOS FLOCOS DE MANGA NO ARMAZENAMENTO	80
5.10.	VARIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO	82
5.11.	DENSIDADE APARENTE, ABSOLUTA E POROSIDADE DOS FLOCOS DE MANGA	83
5.12.	MORFOLOGIA DOS FLOCOS DE MANGA	86
6.	CONCLUSÕES	88
7.	REFERÊNCIAS.....	93
8.	ANEXOS	108
8.1.	ANEXO 1.....	108

8.2.	ANEXO 2.....	109
8.3	ANEXO 3.....	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Corte transversal com partes estruturais da manga.	4
Figura 2 – Estruturas do L-AA e L-DHAA que possuem atividade de vitamina C..	6
Figura 3 – Representação das estruturas do isopreno e da β -ionona.	7
Figura 4 – Representação da estrutura do β -caroteno.	8
Figura 5 – Representação da estrutura da bixina	8
Figura 6 – <i>Drum dryer</i> simples.....	12
Figura 7 – Isotermas de sorção de água	18
Figura 8 – Tipos de isotermas de sorção de materiais alimentícios	18
Figura 9 – Representação esquemática da reação de ordem zero	25
Figura 10 – Representação esquemática de reação de 1ª ordem.....	27
Figura 11 – Representação esquemática de reação de 2ª ordem.....	28
Figura 12 – Homogeneização da polpa com os coadjuvantes em moinho coloidal	31
Figura 13 – Drum dryer da Planta de Desidratados do FRUTHOTEC/ITAL	31
Figura 14 – (a) Obtenção do filme no <i>drum dryer</i> ; (b) Flocos de manga obtidos no floculador.....	32
Figura 15 – Sistema para geração dos ambientes com diferentes umidades relativas	33
Figura 16 – Dessecadores com as amostras do estudo de isotermas de 25°C e 35°C.	34
Figura 17 – Flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE no equilíbrio a 25°C em diferentes condições de atividade de água (A_w).	46
Figura 18 – Flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE no equilíbrio a 35°C em diferentes condições de atividade de água (A_w).	46
Figura 19 – Isotermas de sorção dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) a 25°C.....	50

Figura 20 – Isotermas de sorção de umidade dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) a 35°C.....	50
Figura 21 – Distribuição do tamanho de partícula dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM), a 25°C e 35°C, no início (I) e no final (F) do armazenamento.....	57
Figura 22 – Flocos de manga com maltodextrina após 181 dias de armazenamento à 35°C.....	59
Figura 23 – Cinética da degradação da vitamina C (mg/100 g) nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.....	60
Figura 24 – Cinética da degradação dos carotenoides totais (mg/100 g) nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.....	63
Figura 25 – Cinética da degradação do teor de β -caroteno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.....	66
Figura 26 – Cinética da variação do parâmetro de cor L^* nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.....	68
Figura 27 – Cinética da variação do parâmetro de cor a^* nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.....	69
Figura 28 – Cinética da variação do parâmetro de cor b^* nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.....	69
Figura 29 – Cinética da variação da diferença de cor (ΔE) dos flocos de manga com amido (a) e com maltodextrina 10DE (b) nas temperaturas 25°C e 35°C de armazenamento, em função do tempo.	73
Figura 30 – Micrografias com ampliação de 45x dos flocos de manga com amido (a) no início e no final do armazenamento a 25°C (b) e 35°C (c).	86
Figura 31 – Micrografias com ampliação de 45x dos flocos de manga com maltodextrina (a) no início e no final do armazenamento a 25°C (b) e 35°C (c)...	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição físico-química de polpas de manga das variedades Tommy Atkins e Ubá.	5
Tabela 2 – Propriedades físico-químicas da polpa de manga e dos flocos de manga obtidos com amido e maltodextrina.	42
Tabela 3 – Teores de umidade de equilíbrio dos flocos de manga em função da A_w , nas temperaturas 25°C e 35°C.....	47
Tabela 4 – Valores das constantes dos modelos de GAB, BET e Halsey das isotermas de sorção dos flocos de manga nas condições de temperatura de 25°C e 35°C.....	48
Tabela 5 – Valores das constantes dos modelos de Oswin, Langmuir, BET Linearizado e Smith das isotermas de sorção dos flocos de manga obtidos com amido regular (FA) e maltodextrina 10DE (FM) nas condições de temperatura de 25°C e 35°C.....	49
Tabela 6 – Temperaturas de transição vítrea (T_g), atividade de água e teores de umidade dos flocos de manga obtidos por <i>drum drying</i> no tempo inicial.....	54
Tabela 7 – Atividade de água e teor de umidade dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina(FM) no início e no final do armazenamento a 25°C e 35°C.	55
Tabela 8 – Diâmetro médio dos flocos de manga obtidos com amido (FA) e com maltodextrina 10DE (FM) nos diferentes tempos e nas temperaturas de 25°C e 35°C.	57
Tabela 9 – Parâmetros cinéticos da degradação da vitamina C dos flocos com amido (FA) e maltodextrina (FM).	60
Tabela 10 – Parâmetros cinéticos de degradação dos carotenoides totais dos flocos com amido regular (FA) e maltodextrina (FM).	64
Tabela 11 – Parâmetros cinéticos de degradação do β -caroteno dos flocos com amido regular (FA) e maltodextrina (FM).....	66
Tabela 12 – Parâmetros cinéticos de cor para as coordenadas L^* , a^* e b^* dos flocos com amido (FA) e maltodextrina (FM).	70

Tabela 13 – Parâmetros cinéticos da diferença de cor (ΔE) dos flocos com amido regular (FA) e maltodextrina (FM)	73
Tabela 14 – Cromo e Hue dos flocos de manga com amido e maltodextrina a 25°C ao longo do armazenamento.	74
Tabela 15 – Cromo e Hue dos flocos de manga com amido e com maltodextrina a 35°C ao longo do armazenamento	75
Tabela 16 – Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 25°C.....	77
Tabela 17 – Parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 35°C.....	77
Tabela 18 – Cromo e Hue das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 25°C.	79
Tabela 19 – Cromo e Hue das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 35°C.	79
Tabela 20 – Teores de fenólicos totais dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) ao longo armazenamento a 25°C.	80
Tabela 21 – Teores de compostos fenólicos totais dos flocos de manga com amido e maltodextrina ao longo do armazenamento a 35°C.	81
Tabela 22 – Atividades antioxidante dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 25°C, determinadas pelos métodos ABTS e DPPH.....	82
Tabela 23 – Atividades antioxidante dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 35°C, determinadas pelos métodos ABTS e DPPH.....	82
Tabela 24 – Densidade aparente, absoluta e porosidade dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) no início e no final do armazenamento a 25°C e 35°C.....	84

1. INTRODUÇÃO

O Brasil produziu em 2015 aproximadamente 1 milhão de toneladas de manga, sendo este um dos principais itens da sua fruticultura (IBGE, 2015). A manga é uma fruta de alto valor nutricional, possuindo elevadas quantidades de sais minerais como potássio, fósforo, cálcio e magnésio, bem como vitaminas A, B₁ (Tiamina), B₂ (Riboflavina) e C (NEPA/UNICAMP, 2011). A fruta é rica em compostos fenólicos, carotenoides, fibras solúveis, com grande atividade antioxidante, conteúdo nutricional importante na prevenção de doenças degenerativas.

A crescente demanda por alimentos mais saudáveis tem exigido da indústria de alimentos o redirecionamento de suas atividades quanto ao desenvolvimento de novos produtos. Nesse sentido, as frutas desidratadas ganham mercado como produto final, ou como ingrediente para aplicação em novas formulações (GERMER et al., 2018; VIALTA e REGO, 2014).

Em um estudo prévio, realizado por Tonin (2017), foram determinadas as melhores condições de processo da secagem da polpa de manga comercial em secador de cilindro rotativo (*drum drying*), que foram combinações de tempos de residência entre 10 a 25 segundos e temperatura entre 120 e 135 °C. Além disso, o estudo resultou na definição da melhor combinação de coadjuvantes para o processo, que foi de 3% de amido de milho e 0,5% de monoestearato de glicerila, ambos em base seca (bs), que resultou na melhor retenção de vitamina C, carotenoides totais e β -caroteno. De forma geral, o estudo mostrou que é possível obter um produto de alta qualidade a partir do *drum drying*, com a vantagem de se trabalhar com baixas concentrações de aditivos de processo. O estudo foi parte integrante do projeto “Desenvolvimento do processo produtivo de manga em pó por secagem em cilindro rotativo (*drum drying*)”, financiado pela Fapesp (2015/12303-3), na linha Auxílio à Pesquisa, e coordenado pela pesquisadora Dra. Sílvia P. M. Germer.

O *drum drying* apresenta vantagens tais como eficiência energética, rentabilidade, flexibilidade de produção, menores custos operacionais, resultando em uma boa manutenção dos nutrientes e da qualidade da matéria-prima (DESPAIN et al., 2013).

No entanto, a preservação da qualidade durante o tempo de armazenamento, transporte e comercialização, é outro aspecto importante que deve ser considerado na produção de um alimento. Técnicas de avaliação da estabilidade devem ser empregadas tendo em vista o conhecimento das melhores condições para a manutenção da qualidade de um produto nessas etapas, melhorando assim sua vida útil.

Parte do estudo da estabilidade de um produto consiste em avaliar, ao longo de um período de tempo, através de análises específicas, amostras armazenadas em condições controladas, de modo a monitorar a perda da qualidade. Esse monitoramento, se adequadamente conduzido, resulta no conhecimento das principais reações de degradação do produto. No geral, as reações de degradação são influenciadas principalmente, dentre alguns fatores, pela temperatura de armazenamento. O conhecimento da cinética das reações em diferentes temperaturas pode levar à obtenção de modelos matemáticos, cujos parâmetros permitem o cálculo e a simulação da vida-de-prateleira (TEIXEIRA NETO et al., 2010).

A estabilidade dos alimentos desidratados também está relacionada à variação de suas propriedades físicas (textura, fluidez e outras), que por sua vez, estão associadas ao estado da água, às trocas mássicas com o ambiente, bem como ao estado da matriz sólida. Neste sentido, as isotermas de sorção, que relacionam experimentalmente os teores de umidades com a atividade de água a uma determinada temperatura, são ferramentas muito úteis. As isotermas podem resultar, através da aplicação de modelos matemáticos, na determinação de propriedades de equilíbrio, e das condições críticas de estocagem (ALVES et al., 2015; BEZERRA et al., 2011).

Nesse contexto, a avaliação da estabilidade de um produto/ingrediente obtido por um processo de desidratação é fundamental para o adequado armazenamento, bem como para o conhecimento de sua vida útil. O presente estudo, portanto, dá sequência ao trabalho de Tonin (2017), como parte integrante do projeto global anteriormente citado, e que teve por objetivo gerar conhecimento técnico-científico para a produção de um ingrediente natural a partir do *drum drying* de polpa de manga.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Avaliar a estabilidade da manga em flocos, obtida por *drum drying* com diferentes coadjuvantes, no armazenamento a 25°C e a 35°C, tendo em vista estabelecer as condições críticas de estocagem e o levantamento dos parâmetros cinéticos de degradação da qualidade.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a isoterma de sorção (25°C e 35°C) da manga em flocos obtida pela secagem de polpa de manga por *drum drying*, com emprego de duas combinações de coadjuvantes de processo, visando estabelecer as condições críticas de estocagem e avaliar os modelos matemáticos de melhor ajuste.
- Avaliar o comportamento da manga em flocos obtida por *drum drying* com emprego de duas combinações de coadjuvantes de processo, no armazenamento a 25°C e a 35°C, quanto às suas propriedades nutricionais e de qualidade, visando a obtenção de parâmetros cinéticos de degradação para a determinação do tempo de vida-de-prateleira.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A MANGA

A mangueira (*Mangifera indica* L.) pertence à família *Anacardiaceae* (MEDINA et al., 1981). A espécie *indica* é de origem indiana, possui árvores de ramificações sinoidais, com frutos do tipo drupas (quando o endocarpo forma um caroço em volta da semente), de forma e tamanho que variam em função da variedade (MEDINA e GARCIA, 2002) (Figura 1). A manga é considerada uma das frutas mais preferidas no mundo, possuindo uma coloração atraente, sabor agradável e excelente composição nutricional (MITRA, 2001).

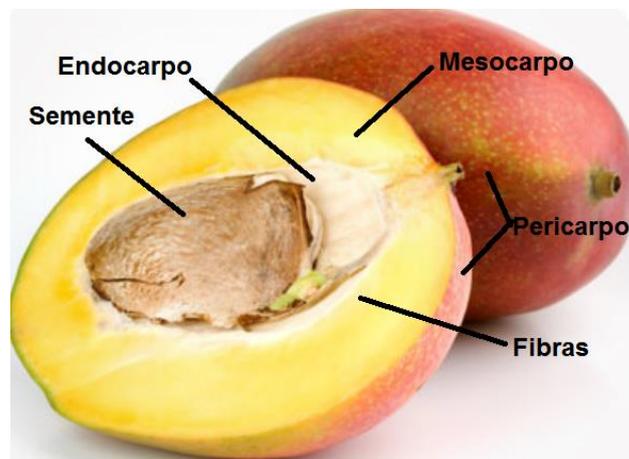


Figura 1 – Corte transversal com partes estruturais da manga.
Fonte: Página Aquafolia

Segundo o IBGE (2015), a produção brasileira de manga em 2015 atingiu cerca de 1 milhão de toneladas, indicando a grande importância econômica de sua cultura para o país.

As principais variedades cultivadas para consumo in natura, como fruta de mesa, são: Tommy Atkins, Keitt, Kent, Van Dyke e Palmer. Já as variedades mais resistentes à malformação, tais como a Carlota, Espada, Extrema, Maranhão, Rosa, Coité, Lira, Mamão, Ubá e Badhudaran, são usadas também para a produção de polpas (ALMEIDA et al., 2000).

A manga é classificada como um fruto climatérico, amadurecendo rapidamente após a colheita. Por ser um fruto sensível, uma alternativa para o

aumento de sua oferta é o processamento. A partir da manga, vários produtos são obtidos: sucos, polpas, doces e geleias (MITRA, 2001). A polpa de manga tem grande importância como matéria-prima para as indústrias, podendo ser utilizada em formulações de iogurtes, doces, biscoitos, bolos, sorvetes, refrescos e alimentos infantis (BENEVIDES et al., 2008).

Alguns dos principais constituintes da manga são os carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas e aminoácidos, pigmentos, substâncias pécnicas, polifenóis, vitaminas, minerais, ácidos graxos e componentes responsáveis pelo aroma (MEDINA et al., 1981).

A Tabela 1 apresenta a composição físico-química de polpas de manga das variedades Tommy Atkins e Ubá (ROZANE et al., 2004).

Tabela 1 – Composição físico-química de polpas de manga das variedades Tommy Atkins e Ubá.

Determinações	Variedades	
	Tommy Atkins	Ubá
pH	4,29	4,04
Sólidos solúveis (°Brix)	15,60	18,8
Acidez (% ác. Cítrico)	0,38	0,62
Açúcares redutores (%)	4,08	4,54
Açúcares totais (%)	12,37	14,55
Vitamina C (mg/100g)	42,00	-

Fonte: adaptado de Rozane et al. apud Bleinroth, 2004

3.2. COMPOSTOS BIOATIVOS

As frutas e hortaliças são ricas em nutrientes e compostos bioativos. Diversos estudos relacionam o consumo de frutas com efeitos benéficos à saúde (RONCO et al., 1999). Essas substâncias exercem várias funções biológicas, como estimulação do sistema imune, atividade antioxidante e modulação de enzimas de desintoxicação (SOARES; SÃO JOSÉ, 2013).

A manga é uma fruta de alto valor nutricional, possuindo elevados teores de compostos bioativos, dentre os quais se destacam a vitamina C, os carotenoides e os polifenóis (SOARES; SÃO JOSÉ, 2013; MELO; ARAÚJO, 2011). Estes fitoquímicos são nutrientes responsáveis pela capacidade antioxidante da manga (SOGI et al., 2015).

3.2.1. Vitamina C

A vitamina C foi isolada em 1928 e sintetizada pela primeira vez em 1938, quando passou a ser reconhecida oficialmente como ácido ascórbico (AA). É utilizada como antioxidante em algumas formulações, devido a sua capacidade de doar elétrons (BOBBIO; BOBBIO, 1992). Possui várias funções no organismo, algumas delas são: ser eficaz no tratamento e prevenção do escorbuto, influenciar na absorção do ferro, participar da síntese do colágeno (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). O ácido ascórbico pode ser encontrado naturalmente em frutas e vegetais e, em menor quantidade, em tecidos animais e produtos derivados. Ele naturalmente é encontrado em sua forma reduzida L-AA (ácido ascórbico). Através da oxidação de dois elétrons e a dissociação do hidrogênio, o L-AA é convertido em ácido L-deidroascórbico (DHAA), figura 2.

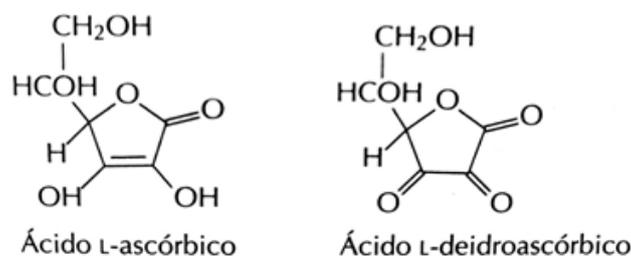


Figura 2 – Estruturas do L-AA e L-DHAA que possuem atividade de vitamina C.
Fonte: adaptado de Gregory III, 1996.

Diversos estudos demonstraram efeitos benéficos da vitamina C para a saúde devido à sua capacidade de eliminação de radicais anti-oxidativos e de radicais livres. Esses efeitos benéficos incluem a diminuição do risco de doença pulmonar obstrutiva, doenças cardiovasculares e câncer não hormonal (VAN BREE et al., 2012). No entanto, cerca de 65-100% da atividade antioxidante total de bebidas à base de frutas ricas em vitamina C podem ser atribuídos ao alto teor de

ácido ascórbico, que chega a variar de 150 a 450mg/L (LAVELLI et al., 2009; VAN BREE et al., 2012). A polpa de manga apresenta cerca de 52 a 74 mg/100g de vitamina C, podendo variar de acordo com o ponto de maturação, cultivar e outros fatores (BEZERRA et al., 2011; GERMER et al., 2018). O ácido ascórbico (AA) tem múltiplos papéis bioquímicos, embora ele tenha ação principal como um antioxidante solúvel em água e no corpo humano (BOSCH et al., 2013).

Para garantir a qualidade nutricional e sensorial dos produtos alimentícios no processamento e armazenamento, tem se utilizado o conteúdo de AA como parâmetro de controle (PAREÑO, 1996; POLYDERA et al., 2005; BOSCH et al. 2013; SUHAG; NANDA, 2016).

3.2.2. Carotenóides

Os carotenóides são pigmentos que pertencem ao grupo de compostos de estrutura isoprenóides. Os carotenóides são constituídos, em sua estrutura básica, por oito unidades de isopreno unidas de forma que ocorra uma reversão na parte central da molécula, e dois grupos metílicos centrais ficam separados por três carbonos (Figura 3). Existem mais de 700 estruturas de carotenoides já identificadas. Alguns possuem em sua estrutura grupos cíclicos terminais como o β -caroteno (Figura 4), enquanto outras possuem apenas uma ou nenhuma ciclização, como por exemplo a bixina (Figura 5) – presente no urucum, pigmento responsável pela coloração amarela marcante (GIUSTI et al. 2010).

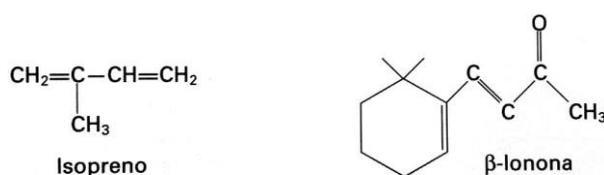


Figura 3 – Representação das estruturas do isopreno e da β -ionona.
Fonte: adaptado de Ribeiro e Seravalli, 2007.

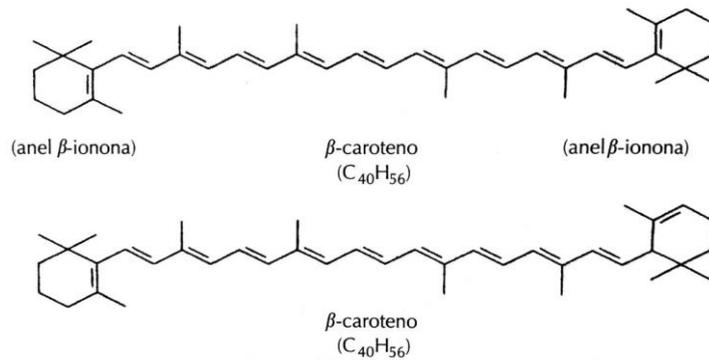


Figura 4 – Representação da estrutura do β -caroteno.
Fonte: adaptado de Giusti et al., 2010.

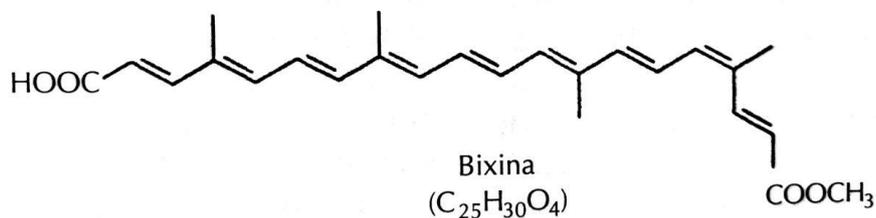


Figura 5 – Representação da estrutura da bixina
Fonte: adaptado de Giusti et al., 2010.

Alguns carotenóides possuem em suas moléculas a estrutura cíclica da β -ionona (Figura 4) e apresentam atividade pró-vitamina A. A capacidade dos carotenoides atuarem como precursores da vitamina A é o principal papel deste nutriente na dieta dos seres humanos e de outros animais. Desta forma, apenas alguns carotenoides possuem atividade como vitamina. O β -caroteno apresenta a maior atividade pró-vitamina A por conta de seus dois anéis de β -ionona (Figura 4).

Os carotenoides contribuem para a cor de certos frutos, e sua presença na dieta é de grande importância, pois está associada a diversos benefícios para a saúde humana. O nutriente está relacionado à prevenção de diversas doenças, e podem contribuir na redução do risco de certos cânceres, arteriosclerose e na formação da catarata (DEMIRAY et al., 2013).

De acordo com Mercadante et al. (1997), entre os carotenoides totais da manga, o β -caroteno é o de maior concentração. A polpa de manga apresenta cerca de 15 mg/ 100 g (b.s.) de carotenoides totais e o teor de β -caroteno de 6,57 mg/ 100 g (b.s.) (GERMER et al., 2018). O β -caroteno possui uma importante ação

como componente biológico devido à sua ação provitamina A (TANG; CHEN, 2000; OLSON, 1989). Do ponto de vista nutricional, o β -caroteno previne certos tipos de cânceres, doenças cardiovasculares e degeneração muscular. Além disso, o β -caroteno exerce uma propriedade antioxidante através da completa eliminação de oxigênio singlete e desativação de radicais livres (GLIEMMO et al., 2009; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

3.2.3. Compostos fenólicos e atividade antioxidante

São diversos os compostos fenólicos naturalmente presentes nos alimentos. Dentre esses, há os compostos fenólicos simples, ácidos fenólicos, antocianinas, derivados de ácido cinâmico e favonóides. Os compostos fenólicos são encontrados em larga escala em frutas, temperos, chás, sementes e grãos. Todas as classes de compostos fenólicos apresentam a capacidade de inibir os radicais livres, mas também possuem outras atividades, tais como a participação nos mecanismos de respiração e a influência no metabolismo de lipídeos, dentre outras (MACLEMENTS; DECKER, 2010).

Pode-se definir um composto antioxidante como aquele, que presente em baixas concentrações em comparação a do substrato oxidável, atrasa ou impede significativamente a oxidação do referido substrato (HALLIWELL, 2007).

Os fatores que influenciam na atividade antioxidante dos compostos fenólicos são: posição e grau de hidroxilação, polaridade, solubilidade, potencial de redução, estabilidade do fenólico na operação de processamento e estabilidade do radical fenólico (MCCLEMENTS; DECKER, 2010).

São várias as ações dos compostos fenólicos como antioxidante: combate os radicais através da doação de elétrons, ou de hidrogênio, aos radicais hidroxilas; quelata metais de transição; acelera a ação de enzimas antioxidantes (GARCIA-SALAS et al., 2010).

A capacidade antioxidante de um alimento varia de acordo com a concentração dos seguintes compostos: vitamina C, vitamina E, carotenóides, flavonóides e outros polifenóis. Esses compostos auxiliam contra os danos oxidativos, trazendo benefícios a saúde.

A polpa de manga apresenta cerca de 606,24 mg GAE/ 100 g b.s. de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante de 42,61 $\mu\text{mol TE/ g b.s.}$ (DPPH) e 73,27 $\mu\text{mol TE/ g b.s.}$ (ABTS) (GERMER et al., 2018).

3.3. A SECAGEM DE FRUTAS

3.3.1. Princípios

O termo desidratação é aplicado à operação unitária de extração da água de um alimento por evaporação ou sublimação, sob condições controladas (EVANGELISTA, 2005). Com a redução do conteúdo de água dos alimentos, pode-se eliminar a possibilidade de deterioração biológica (crescimento de microrganismos) e reduzir, de forma significativa, as velocidades de outros mecanismos de degradação (processos químicos de escurecimento, oxidação e de atividade enzimática) (SINGH; HELDMAN, 1998). Além da conservação pelo abaixamento da atividade de água, uma das vantagens do processo de desidratação é a redução do volume do alimento, que ocorre devido à perda de água, contribuindo para a diminuição dos custos da cadeia produtiva, tais como transporte, embalagem e armazenamento (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

A conservação de frutas e hortaliças por meio da desidratação é um grande desafio, pois suas estruturas e composições são muito sensíveis. Dessa forma, o processo de eliminação da água deve ser realizado de modo a prejudicar minimamente a qualidade final do produto (SINGH; HELDMAN, 1998).

São diversos os métodos utilizados para desidratação de alimentos, que normalmente são classificados pelo tipo de troca térmica: ar aquecido (calor por convecção); contato com superfície quente (calor por condução); calor de fonte radiante, de micro-ondas e dielétrica; congelamento e sublimação; calor sob alta pressão (EVANGELISTA, 2005).

Os principais métodos de secagem empregados industrialmente são: secagem por ar quente em tuneis, ou secadores de bandeja; secagem por atomização (*spray drying*), secagem em secador de cilindro (*drum drying*) e liofilização (*freeze drying*).

3.3.2. Frutas desidratadas em pó ou em flocos

A demanda por sucos e polpas de frutas em pó, ou em flocos, aumentou nos últimos anos. As frutas em pó/flocos podem ser utilizadas como ingredientes naturais em diversas formulações, atendendo, dessa forma, à crescente demanda do consumidor por produtos mais naturais e autênticos. Atualmente, há uma busca por alimentos mais nutritivos, com maior concentração de compostos bioativos que tragam benefícios a saúde (GERMER et al., 2018; SILVA et al., 2016).

Muitos estudos avaliaram aspectos da produção de frutas em pó/flocos por diferentes processos de secagem, dentre os quais, destacam-se os seguintes: manga em pó (MOREIRA et al., 2013; CANO CHAUCA et al., 2005), manga em flocos (ROCHA et al., 2014; CAPARINO et al., 2012; GERMER et al., 2018), tamarindo em pó (JITTANIT et al., 2011), flocos de banana (SONTHIPERMPOON et al., 2006), amora preta em pó (FERRARI et al., 2012a), cajá em pó (OLIVEIRA et al., 2014), jaca em pó (PUA et al., 2007), umbu-cajá em pó (OLIVEIRA et al., 2015).

Frutas em pó/flocos podem ser empregadas como ingrediente em sorvetes, produtos de panificação e confeitaria, barrinhas de cereais e granolas (RAVANI e JOSHI, 2013). Segundo Sogi et al. (2015), a manga desidratada pode ser utilizada para realçar sabor, promover enriquecimento com fibras e fitoquímicos, tais como antioxidantes, resultando em produtos alimentares saborosos e nutritivos.

Um dos processos para a produção de polpa de manga em pó, ou flocos, é o *drum drying*. Tonin et al. (2018) e Germer et al. (2018) demonstraram a viabilidade técnica do *drum drying* de polpa de manga, reportando altas retenções de nutrientes, bem como de aspectos de qualidade.

3.3.3. Secagem no cilindro rotativo (*drum drying*)

A secagem no cilindro rotativo é conhecida também por *drum drying*. O equipamento empregado no processo é o secador de cilindro rotativo, que por sua vez é denominado de *drum dryer*, secador de tambor, secador de película ou “*roller dryer*”. A secagem por *drum drying* é uma técnica de baixo custo operacional, bastante aplicada industrialmente para uma série de produtos tais como

formulações, purês de tubérculos e hortaliças, sopas e alimentos infantis (EVANGELISTA, 2005; MUJUMDAR, 2006; CAPARINO et al., 2012).

O *drum dryer* é composto por um ou mais cilindros metálicos ocos, aquecidos por vapor de água, água quente ou outro agente líquido de aquecimento. Os cilindros se movem sobre seu eixo horizontal, com velocidade variável (EVANGELISTA, 2005). A Figura 6 ilustra um *drum dryer* simples. Os alimentos líquidos ou pastosos são aplicados na forma de um filme, com espessura de 1 a 2 mm sobre a superfície aquecida, onde ocorre a transferência de calor por condução. Conforme giram os cilindros, este material é desidratado. Os cilindros de secagem apresentam dimensões variadas, com diâmetro de 0,45 a 1,5 m e comprimento de 1 a 3 m (MUJUMDAR, 2006). A temperatura da superfície do cilindro pode variar de 120 a 150°C. O tempo de residência varia conforme o produto, sendo de 20 segundos a 3 minutos. O alimento é retirado após três quartos do giro, aproximadamente, através de uma faca raspadora estacionária, que fica na extremidade oposta (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

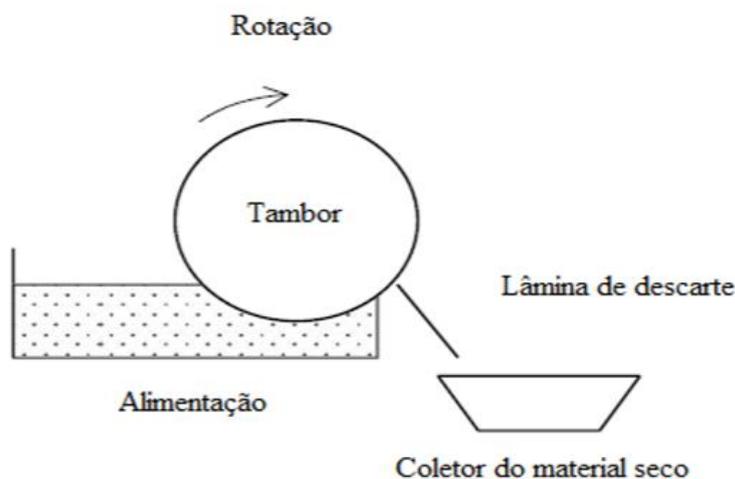


Figura 6 – *Drum dryer* simples
Fonte: Zotarelli apud Barbosa-Cánovas et al., 2014

De acordo com Baruffaldi e Oliveira (1998), o produto final pode atingir teores de umidade inferiores a 5%. O processo possui ótimo rendimento para grande parte dos produtos alimentícios, entre 15 kg e 25 kg de produto desidratado por metro quadrado hora.

Segundo Tang e Chen (2000), algumas das principais vantagens do *drum dryer* são: a alta eficiência energética, facilidade na secagem de produtos viscosos,

facilidade de operação, manutenção e limpeza do equipamento, flexibilidade para produções múltiplas e em diferentes escalas, boa qualidade do produto final, especialmente quanto à porosidade e solubilidade. No entanto, como todo processo, o *drum drying* também apresenta algumas desvantagens, tais como: elevado custo de investimento inicial e de retífica dos cilindros, além de apresentar restrições para certas matérias-primas pouco viscosas, que resultam em perdas e má formação do filme seco. Outro ponto importante a ser considerado é o fato de, se não bem dimensionamento, o processo levar à obtenção de produtos escurecidos, com sabor de cozido, e com perda de nutrientes (TONIN, 2017).

3.3.4. O *drum drying* de polpa de manga

Germer et al. (2018) estudaram a melhor condição de secagem da polpa de manga em *drum dryer*, em relação às propriedades físico-químicas e ao conteúdo de nutrientes, empregando a metodologia de superfície de resposta. Para obtenção dos flocos de manga, foram utilizados como coadjuvantes amido de milho e monoestearato de glicerila. O estudo resultou na determinação das melhores condições de processo, que foram a combinação de tempos de residência variando de 10 a 25 s e temperatura entre 120 e 135°C. Nestas condições, os flocos de manga obtidos por *drum drying* apresentaram as melhores retenções de carotenoides, dos parâmetros de cor, bem como conteúdos razoáveis de vitamina C, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante.

No estudo de Caparino et al. (2012) foram avaliados diversos processos de secagem para polpa de manga, dentre os quais, o *drum drying*. As condições de processo para obtenção dos flocos de manga por *drum drying* foram: temperatura de 152°C, e diversos tempo para obtenção de um pó com cerca de 5% de umidade. Não foi utilizado coadjuvante no processo, e a polpa empregada apresentava 14 a 15°Brix. O produto do *drum drying* resultou mais escuro do que os obtidos nos outros processos de secagem.

Tonin et al. (2018) avaliaram diferentes concentrações de coadjuvantes de processo na desidratação de polpa de manga comercial (Tommy Atkins e Ubá, aproximadamente 15°Brix) por *drum drying*. Os resultados indicaram que o melhor desempenho foi quando do uso da combinação de 3% de amido de milho com 0,5% de monoestearato de glicerila, ambos em base seca: maiores retenções de vitamina

C (~61%) e β -caroteno (~90%). Por outro lado, o processo realizado com 3% de maltodextrina 10DE (graus de dextroses equivalentes) e 0,5% de monoestearato de glicerila (b.s.), obteve um produto com valores mais altos de temperatura de transição vítrea.

3.3.5. Coadjuvantes de secagem

Os altos teores de açúcares das polpas de frutas podem resultar em produtos com alta pegajosidade e higroscopicidade na secagem, diminuindo os rendimentos de processos. Dessa forma, na secagem de frutas, dependendo do processo, se faz necessário o uso de coadjuvantes. No caso do *drum drying*, o uso de hidrocolóides ajuda na formação do filme sobre a superfície do cilindro, aumentando o rendimento de secagem. Os aditivos de processo também aumentam a temperatura de transição vítrea dos produtos obtidos, melhorando sua estabilidade ao longo do armazenamento (TONIN et al., 2018).

Normalmente os coadjuvantes são substâncias de alto peso molecular, como polímeros e gomas, e são capazes também de proteger os compostos bioativos contra a oxidação (FERRARI et al., 2012a; BHANDARI et al., 1997). Tonon et al. (2009) reportam outras vantagens com o emprego de determinados agentes carreadores, como maltodextrina 10DE, maltodextrina 20DE, goma arábica e amido de tapioca, na produção de frutas em pós, tais como a ausência de aroma, sabor, alta disponibilidade e baixo custo.

A maltodextrina e a goma arábica são os agentes carreadores mais empregados para secagem de frutas por *spray drying*, pois possuem alta solubilidade e baixa viscosidade, características importantes para as condições do processo (FERRARI et al., 2013; QUEK et al., 2007; CANO-CHAUCA et al., 2005). Tonin et al. (2018) citam que a aplicação de amidos, maltodextrinas, gomas e/ou pectinas no *drum drying* de frutas e purês como aditivos melhora as propriedades termoplásticas da matéria-prima no processo.

A maltodextrina é um polissacarídeo obtido da hidrólise do amido, sendo constituída por unidades de α -D-glicose, ligadas principalmente por ligações glicosídicas (1 \rightarrow 4), e caracterizadas pelo grau de dextroses equivalentes (DE). O grau DE está relacionado com o grau de hidrólise da molécula e indica uma média do peso molecular da substância, sendo que conforme aumentam os graus DE, há

uma diminuição do peso molecular (BEMILLER; WHISTLER, 2010). Por ser insípido e excelente contribuinte para o corpo e volume de sistemas alimentícios, a maltodextrina representa um dos agentes carreadores mais empregados na secagem de sucos de frutas (OLIVEIRA et al., 2014).

O amido é um polissacarídeo encontrado em diversas espécies de vegetais como principal carboidrato de reserva em grãos de cereais, raízes e tubérculos. A estrutura do amido é formada por unidades de glicose, constituída por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose possui uma cadeia linear de unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4; já a amilopectina é formada por uma estrutura ramificada de unidades desse carboidrato unidas por ligações α -1,4 e α -1,6. A proporção desses dois polissacarídeos varia de acordo com a origem botânica do amido (PEREZ; AGAMA-ACEVEDO, 2018). Além da função nutricional, como fonte de glicose, o amido desempenha importante papel no processamento de alimentos.

O monoestearato de glicerila é um emulsificante de carácter não iónico, obtido através da reação da esterificação do ácido esteárico com a glicerina, com controle de monoéster. Dentre os agentes emulsificantes, o monoestearato de glicerila é considerado o mais simples dos compostos não iônicos utilizados (USDA, 2015). Possui a capacidade de melhorar as propriedades térmicas e reológicas do produto, contribuindo para a formação do filme na secagem em *drum dryer*, além de facilitar a retirada do produto do cilindro após a secagem (TONIN et al. 2018; GARCIA et al., 2015).

Tonin et al. (2018) observaram que a combinação de amido (3% b.s.) e monoestearato de glicerila (0,5% b.s.) no processo de secagem da polpa de manga no *drum drying* apresentou um melhor desempenho em termos das retenções de vitamina C e β -caroteno.

Ferrari et al. (2012 b), por sua vez, constataram que a maltodextrina foi mais efetiva no *spray drying* de amora-preta em comparação à goma-arábica, em termos da preservação das antocianinas e de atividade antioxidante, apresentando altas retenções de antocianinas e de atividade antioxidante, baixo conteúdo de umidade e melhores propriedades de reconstituição.

3.4. A ESTABILIDADE DOS PRODUTOS DESIDRATADOS

A vida útil das frutas secas e desidratadas é limitada por reações físicas e químicas de deterioração que ocorrem no armazenamento. As reações de degradação de vitaminas e de pigmentos, bem como a oxidação de lipídeos, escurecimento enzimático, escurecimento não enzimático e alterações físicas estão entre as mais importantes na avaliação da estabilidade dessa classe de produtos (AGUIRRE; GASPARINO, 2002). De forma geral, os principais fatores que influenciam a perda de qualidade das frutas secas e desidratadas no armazenamento são: o estado da água e as trocas mássicas com o ambiente; o estado da sua matriz sólida e a transição vítrea; o efeito da temperatura nas reações de degradação. A seguir, esses aspectos são apresentados resumidamente.

3.4.1. Atividade de água, isotermas de sorção e modelos matemáticos

3.4.1.1. Atividade de água - princípios

A água é um dos principais componentes na composição dos alimentos, contribuindo na estrutura e textura do mesmo, além de ser o principal solvente para as reações. O entendimento das propriedades, das diversas funções e das interações da água com outros componentes é fundamental para a avaliação da estabilidade de um alimento no seu armazenamento (LEWICKI, 1997).

A água contida nos alimentos se apresenta de diferentes formas em função das diversas interações entre os componentes da matriz seca do produto, bem como com suas próprias moléculas. A água se apresenta ligada às substâncias adsorventes através de forças de atração moleculares, que são ligações mais frouxas, ou por pontes de hidrogênio, que é uma ligação mais forte (LABUZA, 1984; GARCIA et al., 2006; ANDRADE et al., 2011). A água fortemente ligada é aquela menos responsável pelo desenvolvimento microbiano e pelas reações químicas. Nesse sentido, o conhecimento do conteúdo de água, como parâmetro isolado, não fornece informações suficientes para se avaliar a estabilidade do produto (FELLOWS, 2006).

A atividade de água (ou pressão de vapor relativa) está relacionada à disponibilidade e intensidade com que a água está associada aos demais

constituintes não aquosos do alimento, e portanto, é o parâmetro que melhor explica as reações de deterioração (FELLOWS, 2006).

A atividade de água (a_w) é a razão entre a pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor saturada dela pura na mesma temperatura, segundo a Equação (1) :

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

Onde, P é a pressão de vapor do alimento e P_0 é a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura.

Segundo Fellows (2006), em determinados pontos específicos da matriz sólida do alimento, parte da água se encontra fortemente ligada, através de pontes de hidrogênio, a grupos carbonila e grupos amino das proteínas, bem como a grupos hidroxila dos polissacarídeos. Quando todos os pontos da matriz sólida do alimento estão ocupados por essa água adsorvida, tem-se a monocamada de BET (Brunauer-Emmett-Teller). Segundo Salwin (1959), citado por Labuza (1970), a monocamada de BET (0,2-0,3 a_w) é o ponto ótimo para a estabilidade de um alimento desidratado. Segundo os autores, teores de umidade superiores aos da monocamada expõem os produtos à reações de degradação tais como atividades enzimáticas, escurecimentos não enzimáticos (Maillard), e reações de oxidação, dentre outras.

3.4.1.2. Isotermas de sorção

A composição e o teor de umidade do alimento, bem como as condições ambientais de temperatura e umidade relativa, interferem na movimentação do vapor de água entre o produto e o ar circundante. Uma vez colocado em um determinado ambiente, sob condição de temperatura constante, o alimento tende a se equilibrar em termos de troca de vapor de água, resultando em uma umidade de equilíbrio (PARK et al., 2008; SPIES e WOLF, 1983). Segundo Treybal (1968), este fenômeno ocorre quando a pressão de vapor da água na superfície do alimento se iguala à pressão de vapor da água no ar que o envolve. A relação dos diferentes teores de umidade de equilíbrio com as respectivas umidades relativas do ambiente gera uma curva denominada de isoterma de sorção de água, representada na Figura 7.

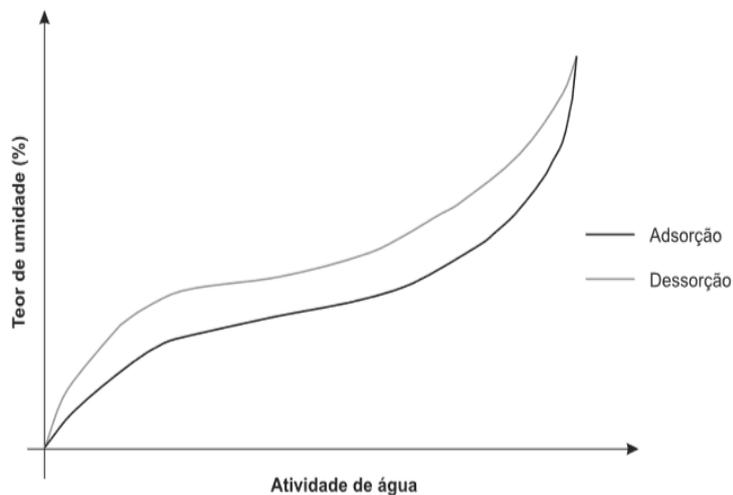


Figura 7 – Isotermas de sorção de água
 Fonte: Azeredo apud Lewicki, 2012

As isotermas de sorção (adsorção e dessorção), portanto, expressam a relação, no equilíbrio, entre os teores de umidade de um determinado alimento com os valores de atividade de água, em uma dada temperatura (ROCHA et al., 2014). A curva de equilíbrio depende, dentre outros fatores, da composição química do produto (teores de gordura, proteínas, açúcares, amido, etc) (PARK et al., 2008). O formato da isoterma reflete a forma na qual a água se liga ao sistema (ANDRADE et al., 2011).

Cada produto possui uma isoterma característica (AZEREDO, 2012). Labuza e Altunakar (2007) classificam as isotermas de sorção dos materiais alimentícios nos tipos I, II e III de acordo com a Figura 8.

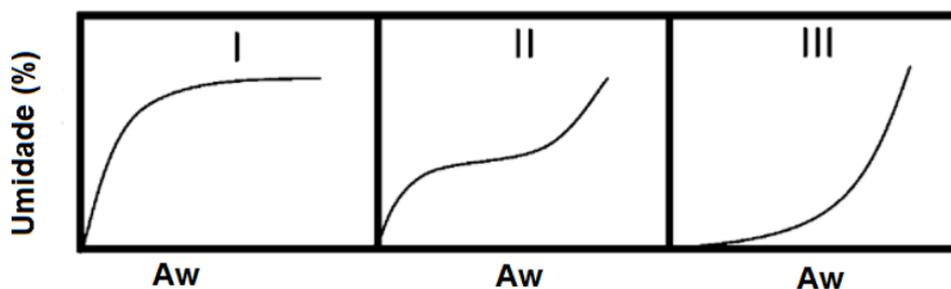


Figura 8 – Tipos de isotermas de sorção de materiais alimentícios
 Fonte: adaptado de Labuza e Altunakar, 2007

A curva do tipo I é conhecida como isoterma de Langmuir, sendo típica de agentes antiaglomerantes. Esses compostos retêm grandes quantidades de água

em atividades de água baixas. A adsorção de água por esse tipo de ingrediente ocorre em locais específicos, pelo processo de quimiossorção (processo de adsorção química). Uma vez que todos os poros, bem como os capilares, estejam preenchidos, ocorre o aumento no teor de umidade (LABUZA; ALTUNAKAR, 2007).

As isotermas da maioria dos alimentos são não lineares, geralmente com formato sigmoidal, podendo ser classificadas como do tipo II. O formato sigmoidal é característico para materiais amorfos e ricos em componentes hidrofílicos (AL-MUHTASEB et al., 2002). A isoterma tipo II apresenta duas regiões típicas de inflexão, uma na a_w em torno de 0,2 a 0,4, e a outra, em a_w de 0,6 a 0,7 (LABUZA; ALTUNAKAR, 2007).

As isotermas do tipo III, conhecidas como Flory-Huggins, são características de sistemas alimentares compostos principalmente por componentes cristalinos, como açúcares e sal (BRUNAUER et al., 1940; MATHLOUTHI; ROGÉ, 2003). O ganho de umidade ocorre sobre a superfície, de modo que os cristais começam se dissolver com a água que foi adsorvida. Este ponto é referido como o ponto de deliquescência. A isoterma do tipo III é característica do açúcar puro cristalino (LABUZA; ALTUNAKAR, 2007).

Muitos estudos avaliaram as isotermas de diversos tipos de alimentos, classificando-as principalmente de acordo com o tipo II e III. Exemplos de alimentos com isotermas do tipo II: amido em pó (AL-MUHTASEB et al., 2002), pitanga em pó obtida por secagem em leito de espuma (ALEXANDRE et al., 2007), polpa de manga desidratada em secador de bandejas (PAGLIARINI et al., 2013), mistura de *whey* de uva liofilizada (VARGHESE et al., 2014), umbu-cajá em pó (SILVA et al., 2016). Como tipo III, podem ser citados: o pó da polpa de manga liofilizada (MOREIRA et al., 2013), casca de manga desidratada por convecção (ANDRÉ et al., 2015), pó de polpa de manga obtida em *spray drying* (ROCHA et al., 2014), a polpa de manga liofilizada (MARRÓN et al., 2010), pó da polpa de cajá liofilizada (OLIVEIRA et al., 2014), manga em pedaços desidratada ao sol (AKOY et al., 2013), polpa de ameixa em pó obtida por *spray drying* (NETO et al., 2015).

As isotermas de sorção são importantes ferramentas para o conhecimento do comportamento higroscópico de alimentos, especialmente produtos desidratados em pó ou flocos. As isotermas fornecem informações sobre os mecanismos de sorção e interação entre os componentes do alimento e a água,

estabelecendo o conteúdo da umidade de equilíbrio e o comportamento do mesmo frente às diferentes umidades relativas. As isotermas auxiliam no desenvolvimento de novos produtos, no dimensionamento dos processos de secagem, na escolha do material de embalagem, e na predição da vida útil (ALVES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014).

3.4.1.3. Modelos matemáticos das isotermas de sorção

Como a atividade de água depende da composição do alimento e da interação de seus diferentes constituintes nas condições de equilíbrio termodinâmico, não há uma equação geral que descreva as isotermas de sorção dos alimentos.

Portanto, existem diversos modelos matemáticos para as isotermas de sorção, os quais podem ser classificados como teóricos e empíricos. Dentre os modelos teóricos tem-se: modelos de Langmuir, BET (Brauer, Emmett, Teller) e GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer). Os modelos de BET e GAB relacionam o processo de sorção de água com fenômenos físicos e são os mais utilizados por serem muito versáteis. Já, dentre os modelos empíricos, tem-se: Oswin, Halsey e Smith.

A seguir, apresenta-se uma breve descrição de alguns modelos teóricos.

Modelo de Langmuir

O modelo de Langmuir, proposto em 1916, descreve a dependência, em uma determinada temperatura, dos gases adsorvidos em uma superfície porosa com a pressão de vapor do gás em contato com essa superfície. A equação deste modelo está apresentada a seguir:

$$X = \frac{X_m(Ca_w)}{(1+(Ca_w))} \quad (2)$$

Onde, X_m é a umidade da monocamada, e C é uma constante.

As extensões da ideia de Langmuir das camadas multi-moleculares resultaram nos modelos de isotermas de BET e GAB, que são capazes de descrever melhor isotermas sigmoidais em materiais de origem biológica (ANDRADE et al., 2011).

Modelo de BET (Brunauer, Emmet e Teller)

A equação de sorção de Brunauer, Emmett e Teller (BET) (Equação 3), proposta em 1938, está fundamentada na interpretação de isotermas de sorção com relação à (X_m) monocamada, em particular do tipo II e III. O modelo geralmente é válido para uma faixa de atividade de água de 0,0 a 0,55. Acima desses valores ocorrem desvios quando os dados são linearizados (LABUZA e ALTUNAKAR, 2007). A equação de BET é geralmente apresentada da seguinte forma:

$$X = \frac{X_m C a_w}{[(1-a_w)(1+(C-1)a_w)]} \quad (3)$$

Onde, X é a umidade de equilíbrio e a_w é a atividade de água. O modelo de BET apresenta apenas dois parâmetros (biparamétrica): X_m é a umidade da monocamada (kg/kg de matéria seca) e C é a constante de energia relacionada ao processo de sorção (AL-MUHTASEB et al., 2002).

A equação do modelo de BET linearizado se origina da equação de BET. A denominação linearizada é devido a possibilidade de se obter X_m e C . Quando realizada a plotagem do primeiro membro da equação versus atividade de água, obtém-se o coeficiente linear igual a $1/X_m C$ e do coeficiente angular de $(C-1)/X_m C$ (PARK et al., 2008).

$$\frac{a_w}{(1-a_w)X} = \frac{1}{X_m C} + \frac{a_w(C-1)}{X_m C} \quad (4)$$

Modelo de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer)

O modelo de GAB, assim como de BET, se baseia no mesmo princípio da monocamada. No entanto, o modelo GAB possui uma constante adicional (K). O modelo de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) permite bons ajustes dos dados experimentais de sorção, pois contempla uma ampla faixa de atividades de água, de 0 até a 0,9 (AL-MUHTASEB et al., 2002). Acima deste valor, o modelo GAB apresenta desvios (YANNIOTIS; BLAHOVEC, 2009). A equação de GAB tem sido amplamente utilizada para descrever o comportamento de sorção de umidade de diversos tipos de alimentos. A equação de GAB é geralmente apresentada da seguinte forma:

$$X = \frac{X_m C K a_w}{[(1-K a_w)(1-K a_w + C K a_w)]} \quad (5)$$

Onde, X_m é a umidade da monocamada, C e K são as constantes de adsorção. Os três parâmetros (X_m , C e K) caracterizam as interações da água com os macro constituintes do alimento (LABUZA; ALTUNAKAR, 2007).

Na sequência, são apresentadas breves descrições dos modelos empíricos.

Modelo de Oswin

Oswin desenvolveu um modelo empírico que se baseia na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal (ANDRADE et al., 2011; PARK et al., 2008; AL-MUHTASEB et al., 2002). O modelo apresenta apenas duas constantes (A e B), de fácil linearização, sendo esta uma vantagem sobre o modelo de GAB e BET (PARK et al., 2008). A equação que define este modelo está apresentada a seguir:

$$X = A \left[\frac{a_w}{(1-a_w)} \right]^B \quad (6)$$

Onde, A e B são constantes.

Modelo de Halsey

O modelo de Halsey consiste em um modelo semi empírico que fornece uma expressão para a condensação de multicamadas a uma distância relativamente grande da superfície (PARK et al., 2008; AL-MUHTASEB et al., 2002):

$$X = \left[\frac{-A}{\ln a_w} \right]^{\frac{1}{B}} \quad (7)$$

Onde, A e B são constantes.

Modelo de Smith

Smith (1947) desenvolveu um modelo empírico para descrever a porção curvada final da isoterma de sorção de água de biopolímeros de alto peso molecular. O modelo de Smith pode ser descrito conforme equação a seguir:

$$X = A + B \log(1 - a_w) \quad (8)$$

Onde, X é a umidade de equilíbrio e A e B são constantes.

3.4.2. O estado da matriz sólida e a transição vítrea

As propriedades dos sólidos nos alimentos são dependentes do estado físico em que os mesmos se apresentam: amorfo, cristalino ou líquido (ROOS, 2008). Sólidos cristalinos apresentam uma estrutura ordenada de moléculas alinhadas, com um menor nível de energia. Os materiais no estado amorfo são caracterizados pela desorganização das moléculas, que se apresentam emaranhadas e porosas, mais susceptíveis a interações externas. Esse estado é considerado um estado de não equilíbrio (KUROZAWA et al., 2014).

A maioria dos alimentos se encontra em um estado de não equilíbrio, ou metaestável. Portanto, os estados físicos dos alimentos, bem como suas propriedades físico-químicas, são não estáveis, e podem sofrer alterações durante as etapas de processamento, distribuição e armazenamento (KUROZAWA et al., 2014).

Os alimentos apresentam matrizes complexas, constituídas por diversos componentes, tais como água, carboidratos, fibras, lipídeos e proteínas. Portanto, o estado físico de um produto alimentício será governado pelas transições de fase de seus principais componentes.

A mudança de fase mais característica do estado amorfo é a transição vítrea, que é a mudança de um estado vítreo para um estado borrachento, ou gomoso. A temperatura em que ocorre essa transição é denominada de temperatura de transição vítrea (T_g), sendo característica do produto, que depende, dentre outros fatores, da composição e do teor de água (LEITE et al., 2005).

As alterações físicas ocorridas na secagem e no armazenamento do produto desidratado são profundamente influenciadas pelo estado físico da matriz sólida. O uso de coadjuvantes de secagem em alguns processos como *spray drying* e *drum drying* aumentam a temperatura de transição vítrea do produto desidratado, resultando em maior estabilidade. Nesse sentido, Caparino et al. (2012) reportaram que a adição de maltodextrina, (composto de alto peso molecular) à polpa de manga, matéria-prima rica em açúcares e ácidos (moléculas de baixos pesos moleculares), resultou no aumento da temperatura de transição vítrea do produto, conferindo maior estabilidade ao mesmo.

A temperatura de transição vítrea pode afetar diversos parâmetros de qualidade que determinam a vida útil dos alimentos, uma vez que está relacionada à viscosidade e à mobilidade molecular de seus componentes (KUROZAWA et al., 2014). O aumento da temperatura a valores superiores ao valor da Tg, no processo ou no armazenamento, pode resultar em alterações das propriedades físicas dos alimentos, dentre elas: aumento no volume específico devido à expansão térmica das cadeias; mudanças nas propriedades viscoelásticas; alterações na capacidade calorífica e no coeficiente dielétrico (SLADE et al., 1991).

Assim, o conhecimento da temperatura de transição vítrea é de fundamental importância para a definição de formulações de novos alimentos, tendo em vista o estabelecimento das melhores condições de processamento e de armazenamento (LEITE et al., 2005).

3.4.3. Cinética das reações de degradação e seus parâmetros

Alguns modelos matemáticos relacionam as variações experimentais dos parâmetros de qualidade de um alimento com o tempo de armazenamento, descrevendo assim a cinética da reação de degradação em questão.

O conhecimento da cinética de degradação, incluindo a ordem de reação e parâmetros, tais como velocidade de reação, tempo de meia-vida e fator de aceleração (Q_{10}), são úteis na simulação da perda de qualidade de um produto alimentício durante o armazenamento, em diferentes situações.

3.4.3.1. Ordem das reações de degradação

As reações de degradação dos compostos desejáveis na formação de produtos indesejáveis nos alimentos são reações complexas, cujas etapas geram produtos intermediários que são difíceis de serem quantificados. Entretanto, as reações de degradação podem ser representadas simplificada da seguinte forma:



Onde, A é um composto desejável e os produtos, indesejáveis (AZEREDO et al., 2012). Assim, a taxa de reação (r_A) pode ser definida como a relação entre a

redução da concentração dos reagentes (C_A) pelo tempo da reação (t). Este cálculo pode ser expresso pela seguinte equação:

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} \quad (9)$$

As reações de degradação podem ter diferentes ordens: zero, primeira, segunda e outras.

Em reações de ordem zero, a velocidade de conversão é independente da concentração dos reagentes, ou seja, é constante. Então a equação 10 torna-se:

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = k \quad (10)$$

Onde, k é a constante da velocidade de reação.

Ao integrar a equação 10 tem-se:

$$C_{A0} - C_A = k \times t \quad (11)$$

$$C_A = C_{A0} - k \times t \quad (12)$$

Onde, C_{A0} é a concentração inicial do componente A.

Nesse caso, de acordo com Teixeira et al. (2010), quando os resultados experimentais da variação do reagente em função do tempo são graficados em uma escala linear, tem-se uma linha reta (Figura 9). A inclinação desta reta representa a constante da velocidade de reação (k).

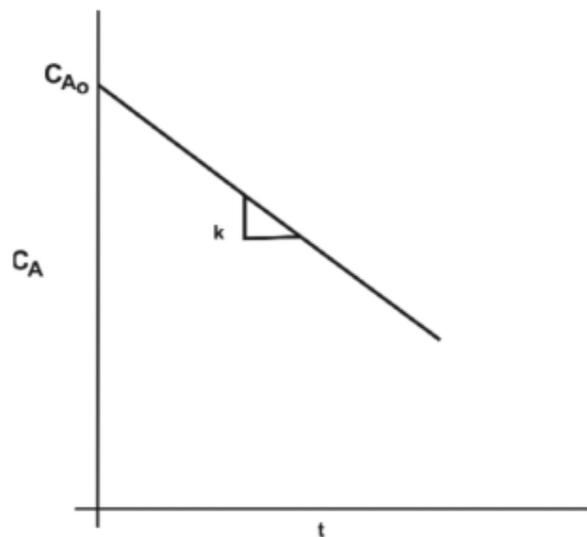


Figura 9 – Representação esquemática da reação de ordem zero
Fonte: Teixeira et al., 2010

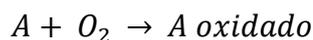
As reações de ordem zero são encontradas em alimentos que apresentam componentes com limitações de difusão durante a reação. Alguns exemplos:

degradação enzimática em frutas e vegetais; escurecimento não-enzimático e oxidação lipídica em produtos desidratados (TEIXEIRA et al., 2010).

Song et al. (2017) e Wibowo et al. (2015) observaram alterações dos parâmetros de cor no armazenamento de produtos de frutas seguindo o padrão de reação de ordem zero. No primeiro estudo, foi realizada a avaliação do parâmetro diferença de cor (ΔE) de pedaços de abóbora desidratada por micro-ondas a vácuo. No segundo estudo, os parâmetros L^* , a^* , b^* e ΔE foram avaliados em suco de morango pasteurizado.

Taoukis e Labuza (1996) afirmam que a maioria das alterações que ocorrem em alimentos seguem padrão de uma reação de ordem zero, ou de primeira ordem.

Nas reações de primeira ordem, a velocidade de degradação, ou conversão, depende da concentração dos reagentes. A reação de primeira ordem pode ser representada da seguinte forma:



Então a velocidade da reação seria:

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = k \times C_A \quad (13)$$

$$\frac{-dC_A}{C_A} = -k \times dt \quad (14)$$

Integrando-se, obtém-se:

$$\ln\left(\frac{C_A}{C_{A0}}\right) = -k \times t \quad (15)$$

$$C_A = C_{A0} \times \exp(-k \times t) \quad (16)$$

Nesse caso, quando as concentrações dos reagentes são graficadas em uma escala monologarítmica (Figura 10) em função do tempo, obtém-se uma reta, que é característica de uma reação de primeira ordem (TEIXEIRA et al., 2010).

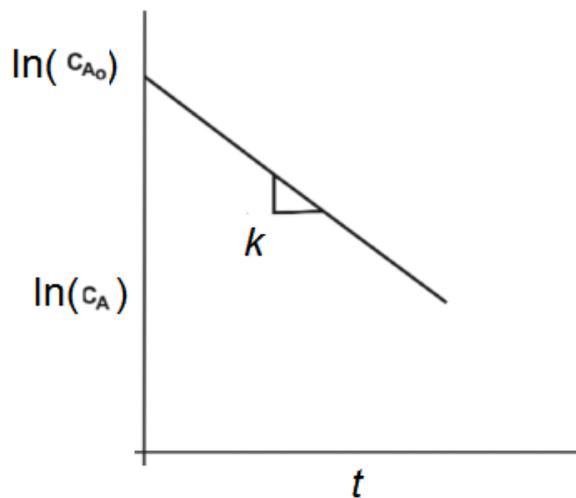
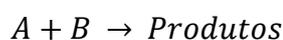


Figura 10 – Representação esquemática de reação de 1ª ordem
 Fonte: Elaborado pelo autor

Van Bree et al. (2012) determinaram cinética de 1ª ordem para a degradação do ácido ascórbico em suco de frutas. Li et al. (2016) obtiveram essa ordem para a autodegradação do L-ácido ascórbico. Peleg et al. (2018) afirmam que grande parte das publicações reportam cinética de primeira ordem para a degradação de ácido ascórbico em alimentos, independentemente do meio, faixa de temperatura e escala de tempo.

Lopes et al. (2005) relataram uma variação expressiva do parâmetro a^* em polpa de pitanga sob congelamento, e obtiveram modelos de primeira ordem para a reação.

As reações de segunda ordem, segundo Teixeira et al. (2010), são aquelas cuja velocidade de conversão depende da concentração dos reagentes da seguinte forma:



$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = \frac{-dC_B}{dt} = k \times C_A \times C_B \quad (17)$$

ou



$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt} = k \times C_A^2 \quad (18)$$

Integrando a última equação, obtém-se:

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A0}} = k \times t \quad (19)$$

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{A0}} + k \times t \quad (20)$$

O comportamento linear do inverso das concentrações de um reagente em função do tempo é característico de uma reação de segunda ordem, resultando no gráfico representado na Figura 11 (TEIXEIRA et al., 2010).

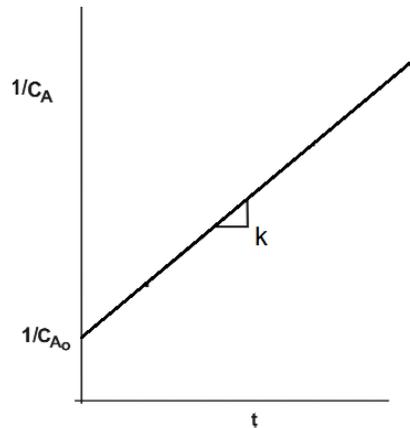


Figura 11 – Representação esquemática de reação de 2ª ordem
Fonte: adaptado de Teixeira et al., 2010

Jardim et al. (2011) reportaram que a variação do parâmetro cromático a^* de chocolate branco, ao longo do armazenamento, seguiu reação de segunda ordem. Van Boekel (2008) afirmam que reações de degradação de segunda ordem, ou de ordens superiores não são comuns em alimentos.

3.4.3.2. O fator de aceleração das reações com a temperatura

Teixeira et al. (2010) definem que Q_{10} , ou fator de aceleração, é o quociente entre a velocidade de degradação (k_{t+10}) a uma dada temperatura pela velocidade na temperatura dez graus abaixo da primeira (k_t) (Equação 21).

$$Q_{10} = \frac{k_{T+5}}{k_{T-5}} \approx \frac{k_{T+10}}{k_T} \quad (21)$$

Desta forma, o fator de aceleração (Q_{10}) é o parâmetro que indica o efeito do aumento de 10°C na velocidade da reação (k) (DEMIRAY et al., 2013). O fator Q_{10} indica a dependência da reação de degradação com a temperatura. Quanto maior for o valor de Q_{10} , maior será a dependência da reação com a temperatura, ou seja, maior será a aceleração da mesma com o aumento da temperatura.

3.4.3.3. O tempo de meia vida

O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) é o tempo requerido para que o teor de determinado componente, ou o valor de um parâmetro físico, diminua em 50% do valor inicial no armazenamento (DEMIRAY et al., 2013).

O tempo de meia vida para as reações de ordem zero, 1ª e 2ª ordem, é calculado, respectivamente, pelas equações (22), (23) e (24) de acordo com Teixeira et al. (2010):

$$t_{1/2} = \frac{\text{Coeficiente linear}}{2 \times K} \quad (22)$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{K} \quad (23)$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{\text{Coeficiente linear} \times K} \quad (24)$$

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

Polpa integral congelada de manga foi utilizada como matéria-prima (DeMarchi, Brasil). Segundo informações do fabricante, a polpa de manga foi obtida empregando-se as variedades Tommy Atkins e Ubá (aproximadamente 1:1), e seu teor de sólidos solúveis varia de 13 a 17°Brix. Amido regular (Amisol 3408, Ingredion, Brasil), monoestearato de glicerila (MSG) (Synth, Brasil) e maltodextrina 10 DE (M10) (Ingredion, Brasil) foram empregados como coadjuvantes do processo de secagem (as fichas técnicas estão apresentadas no item 8).

4.2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

4.2.1. Caracterização da polpa

A polpa integral de manga após o descongelamento foi caracterizada quanto à atividade de água, teor de umidade, sólidos solúveis totais (°Brix), cor instrumental, teor de vitamina C, teor de carotenoides totais, teor de β -caroteno, teor de fenólicos totais e atividade antioxidante. Todas as análises foram realizadas no mínimo em triplicata, através das metodologias descritas no item 4.6.

4.2.2. Secagem da polpa de manga: obtenção dos flocos

4.2.2.1. Preparo da polpa

A polpa foi descongelada de véspera, à temperatura ambiente. A polpa descongelada foi formulada e homogeneizada em moinho coloidal (Meteor, REX 2-AL, Brasil), de acordo com descrito em Tonin et al. (2018) (Figura 12). Foram realizados dois ensaios empregando-se: 3% de amido regular e 0,5% de MSG; e 3% de maltodextrina 10DE e 0,5% de MSG. As quantidades dos aditivos foram

calculadas em base seca. A Figura 12 ilustra a homogeneização da polpa de manga em moinho coloidal.



Figura 12 – Homogeneização da polpa com os coadjuvantes em moinho coloidal
Fonte: acervo pessoal

4.2.2.2. Secagem em *drum dryer* e floculação

A desidratação da polpa formulada foi realizada em *drum dryer* (Richard Simon & Sons, D139, Inglaterra) provido de cilindro único, com dois cilindros aplicadores, e área de secagem de aproximadamente 0,5 m². A Figura 13 mostra o equipamento empregado.



Figura 13 – Drum dryer da Planta de Desidratados do FRUTHOTEC/ITAL
Fonte: acervo pessoal

A secagem foi realizada nas seguintes condições: temperatura de 130 °C (pressão de vapor de 2,8 kgf/cm²), tempo de residência de 20 segundos, espaçamento entre os cilindros de 0,15 mm. Segundo Germer et al. (2018), a região ótima de processo para o *drum drying* de polpa de manga, em termos de retenções dos parâmetros de qualidade varia de 120 a 135°C e tempo de residência de 10 a 25 segundos.

Após o *drum drying*, o produto seco obtido na forma de filme (Figura 14) foi floculado em floculador (Fabbe, modelo S508, Brasil), empregando-se peneira com abertura de 2,5 mm. A Figura 14 apresenta a obtenção do filme da polpa de manga por *drum drying* (a) e dos flocos após floculação (b).



(a) (b)

Figura 14 – (a) Obtenção do filme no *drum dryer*, (b) Flocos de manga obtidos no floculador

Fonte: acervo pessoal

4.3. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS FLOCOS DE MANGA

Foram determinadas as propriedades físicas e químicas dos flocos de manga quanto à atividade de água, teor de umidade, sólidos solúveis totais (°Brix), cor instrumental, cor reconstituída, teor de vitamina C, teor de carotenoides totais, teor de β -caroteno, teor de fenólicos totais e atividade antioxidante. Outras análises das propriedades dos flocos foram realizadas no início e no final do estudo, tais como densidade real e aparente, porosidade, diâmetro médio de partículas, e morfologia. A determinação da temperatura de transição vítrea foi realizada apenas no início do estudo. Todas as análises foram realizadas no mínimo em triplicata, através das metodologias descritas no item 4.6.

4.4. LEVANTAMENTO EXPERIMENTAL DAS ISOTERMAS DE SORÇÃO E AJUSTE DOS RESULTADOS POR MODELOS MATEMÁTICOS

As isotermas foram obtidas através do método gravimétrico estático, utilizando-se soluções saturadas de sais. Prepararam-se, de acordo com Mosquera et al. (2012), soluções com diferentes sais para a geração de ambientes com diferentes umidades relativas (entre 11 e 84%, a 25°C; entre 11 e 83%, a 35°C): cloreto de lítio (UR 11,2%; 11,3%), acetato de potássio (UR 22,6%; 21,6%), cloreto de magnésio (UR 32,8%; 32,1%), carbonato de potássio (UR 43,2%; 43,2%), nitrato de magnésio (UR 52,9%; 49,9%), iodeto de potássio (UR 68,9%; 67%), cloreto de sódio (UR 75,1%; 74,9%) e cloreto de potássio (UR 84,3%; 83%) (GREENSPAN, 1977).

Para a geração dos ambientes com diferentes umidades relativas, empregaram-se recipientes plásticos de aproximadamente 180 mL de volume, com tampas, providos de um suporte (Figura 15). A solução saturada foi colocada no fundo do recipiente, e as capsulas foram posicionadas no suporte. A Figura 15 ilustra o aparato utilizado com as soluções e os flocos de manga.

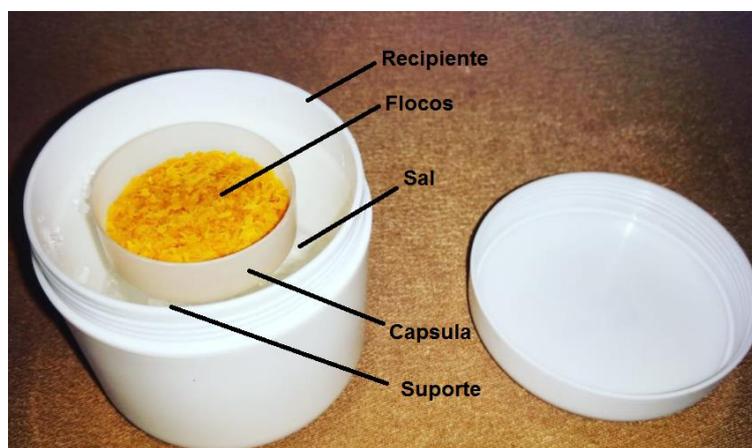


Figura 15 – Sistema para geração dos ambientes com diferentes umidades relativas
Fonte: acervo pessoal

Cerca de 1 g de amostra foi colocada em cada cápsula, e as mesmas foram fechadas hermeticamente. Os recipientes foram mantidos em dessecadores, a 25°C (temperatura ambiente) e 35°C (câmara com temperatura controlada), até atingirem o equilíbrio (Figura 16). A análise foi realizada em triplicata para cada sal, tanto para os flocos de manga com amido regular, quanto para os flocos com maltodextrina 10DE. As amostras foram pesadas em balança analítica, a cada sete

dias aproximadamente, até que o peso constante fosse atingido ($< \pm 0,001\text{g}$). A Figura 16 apresenta os dessecadores utilizados para o armazenamento dos recipientes com as amostras do estudo de isotermas de 25°C e 35°C.



Figura 16 – Dessecadores com as amostras do estudo de isotermas de 25°C e 35°C.
(Fonte: Acervo pessoal)

Após o equilíbrio, que levou aproximadamente 30 dias, o teor de umidade do equilíbrio foi determinado a partir do teor de umidade inicial da amostra e da variação de massa observada, segundo Ferrari et. al. (2012). Os valores foram empregados para a construção das isotermas de sorção, e para o ajuste aos modelos matemáticos de GAB, BET, Halsey, Oswin, Langmuir, BET Linearizado e Smith. Os parâmetros dos modelos foram determinados por análise de regressão não-linear, através do método Quasi-Newton, empregando-se o software Statistica® v.8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA). Os ajustes dos modelos aos dados experimentais foram avaliados considerando-se o coeficiente de determinação (R^2), o desvio médio percentual (P%) e o erro médio estimado (SE). Os melhores ajustes foram considerados aqueles que obtiveram maiores R^2 , valores de desvios de P% menores do que 20% e SE mais próximo de zero (LOMAURO et al., 1985; PAGLARINI et al., 2013). Os valores de P% e SE foram obtidos pelas seguintes expressões (25) e (26):

$$P\% = \frac{100}{n} \times \sum_{i=1}^n \frac{[(V_e - V_p)]}{V_e} \quad (25)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_p - V_e)^2}{n}} \quad (26)$$

4.5. ESTUDO DA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DOS FLOCOS DE MANGA NO ARMAZENAMENTO

Os flocos de manga obtidos no processo experimental, anteriormente descrito, foram acondicionados a vácuo em embalagem primária de polietileno de baixa densidade (PEBD), com 0,15 mm de espessura, para cada produto, em quantidades suficientes para as análises periódicas, aproximadamente 120 g. As embalagens individuais foram acondicionadas em outra embalagem (secundária), constituída por poliéster/alumínio/polietileno de baixa densidade (PET/Al/PEBD), com espessura nominal total de 72 μm , para cada período de análise. A embalagem apresentava, segundo o fabricante, os seguintes parâmetros: taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO_2) menor que 0,5 ml (CNTP) $\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ (a 23°C e 1 atm de gradiente de pressão parcial de gás permeante) e taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) menor que 0,01 g água. $\text{m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ a 25°C/75%UR e a 38°C/90%UR. Utilizou-se seladora a vácuo (MULTIVAC, P300 MCB01 218021, Brasil) para a selagem da estrutura da embalagem externa (secundária). As embalagens foram armazenadas em estufa BOD (LS370, Logen Scientific, Brazil) nas temperaturas de 25°C e 35°C, à umidade relativa de 65%, por aproximadamente seis meses. Ao longo do estudo, em períodos de 20/20 dias (35°C) e 30/30 dias (25°C), foram realizadas as seguintes análises: teor de vitamina C, teor de carotenoides totais e β -caroteno, cor e cor reconstituída, teor de fenólicos totais, capacidade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH. As metodologias analíticas estão apresentadas no item 4.6.

Os resultados obtidos ao longo do tempo foram tabulados em planilhas Excel, e modelados matematicamente através de análise de regressão linear, empregando-se as equações dos modelos cinéticos de ordem zero, 1ª ordem e 2ª ordem, apresentadas no item 3.4.3.1,

A ordem de reação foi determinada a partir do modelo de melhor ajuste, ou seja, aquele com maior coeficiente de determinação (R^2), considerando apenas os valores superiores a 0,70. Os parâmetros cinéticos k (velocidade de reação) foram obtidos do modelo de melhor ajuste, e os valores de Q_{10} e os tempos de meia vida ($t_{1/2}$) foram calculados, respectivamente, a partir das equações 21, 22, 23 e 24 anteriormente apresentadas.

4.6. METODOLOGIAS ANALÍTICAS

4.6.1. Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada por higrômetro digital (Decagon Devices Inc, Aqualab 3TE, Estados Unidos da América), a $25 \pm 0,3$ °C, segundo metodologia adaptada de Downes e Ito (2001).

4.6.2. Teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade, foi utilizada uma adaptação da metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), através da secagem em estufa a vácuo (Heraeus, RVT 360, Alemanha), com auxílio de uma bomba de vácuo (Nova Instruments, NI1613 14101046, Brasil), à temperatura de 70 °C, durante vinte e quatro horas.

4.6.3. Vitamina C

A determinação do teor de vitamina C foi realizada pelo método titulométrico de Tillmans, adaptado da metodologia apresentada por Instituto Adolfo Lutz (2008), que se baseia na redução do indicador 6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico. Para homogeneização das amostras (polpa e flocos) com ácido oxálico, foi utilizado o triturador Turratec (TECNAL, TE-102, Brasil) por dois minutos. Para dissolução completa do indicador foi utilizado banho de ultrassom sem aquecimento (UNIQUE, USC-1400 2015120101, Brasil), por oito minutos.

4.6.4. Teores de carotenoides totais e β -caroteno

A determinação do teor de carotenoides totais da polpa e dos flocos de manga foi realizada de acordo com metodologia de Carvalho, Collins e Rodriguez-Amaya (1992). Foi realizada uma extração sequencial com 30 ml de acetona para os carotenoides contidos em cerca de 1 g de produto, até que a amostra se tornasse amarelo palha ou incolor. Os pigmentos foram transferidos para éter de petróleo, e volume foi ajustado para 50 ml. A quantificação foi realizada por espectrofotômetro

(Varian, Cary 50, Estados Unidos da América), no comprimento de onda de máxima absorção do beta-caroteno (453 nm) e a quantificação com uso do coeficiente de absorção de 2592.

A detecção e quantificação do β -caroteno foi por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em sistema de eluição isocrático, com fase móvel composta por acetonitrila:metanol:acetato de etila:triethylamina (72,95:20:07:0,05, v/v/v/v), vazão de 1,5 mL min⁻¹, e monitoração a 450 nm. No estudo foi utilizado cromatógrafo (Agilent, Infinity 1260, Estados Unidos da América), coluna analítica (Merck, LiChrospher 100 RP-18. 125 x 4 mm, 5 μ m, Estados Unidos da América) e padronização externa com beta-caroteno (SigmaAldrich, C4582, Estados Unidos da América).

4.6.5. Cor instrumental

A análise de cor foi realizada conforme metodologia adaptada de Calvo e Durán (1997), através da leitura direta no instrumento colorímetro (Konica-MinoltaSensing Inc., Chromameter CR-400, Japão), programado no sistema CieLab. Foram realizadas 9 repetições para a obtenção dos parâmetros das coordenadas de cor L*(luminosidade: preto-branco), a*(verde-vermelho) e b*(azul-amarelo). Com base nestes dados, foram calculados os parâmetros *Croma* (intensidade de cor), Hue (ângulo de tom) e diferença de cor (ΔE), de acordo com as Equações (27), (28) e (29), respectivamente:

$$Croma = \sqrt{(a^*{}^2 + b^*{}^2)} \quad (27)$$

$$Hue = \text{artctan} \frac{b^*}{a^*} \quad (28)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta a^*)^2} \quad (29)$$

4.6.6. Cor reconstituída

A determinação da cor da polpa de manga reconstituída a partir dos flocos obtidos no *drum drying* foi realizada de acordo com metodologia descrita por Tonin (2017). As polpas desidratadas foram reconstituídas para os mesmos teores de sólidos totais da polpa de manga inicial. Para a determinação das quantidades necessárias de massa de flocos e de água, foram realizados cálculos com balanços

de massa e balanços de componentes, considerando o teor de sólidos totais da polpa de manga desidratada, incluindo os aditivos. Foi realizada a homogeneização dos flocos com água em triturador Turrtec (TECNAL, TE-102, Brasil), por 2 minutos, e a mistura foi colocada em placas de Petri para a leitura no colorímetro, empregando 9 repetições.

4.6.7. Teores de fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com adaptação do método de espectrofotometria de Folin Ciocalteau, descrito por Benvenuti et al. (2004). Tanto para a polpa de manga integral, como para os flocos obtidos, foram realizadas extrações sequenciais triplas com acetona 70% para um volume final de 100 mL. A homogeneização da amostra com a acetona foi realizada com o triturador Turrtec (TECNAL, TE-102, Brasil), por dois minutos, e em seguida foi realizada uma filtração a vácuo (Cole Parmer, DAA Shown, Estados Unidos da América). A leitura da absorbância das amostras foi realizada em comprimento de onda de 750 nm no espectrofotômetro (Agilent Technologies, Cary 60 MY13110012, Estados Unidos da América). A curva padrão foi obtida a partir de uma solução contendo 0,1 g de ácido gálico para um volume de 100 mL com água destilada, fazendo-se diluições para obter as seguintes concentrações finais: 40; 80; 120; 160 e 200 µg/mL.

4.6.8. Capacidade Antioxidante por DPPH e ABTS

A determinação da atividade antioxidante da polpa e dos flocos foi realizada através de duas metodologias de captura de radicais livres: DPPH (radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e ABTS (radical 2,2-azino-bis ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico).

A preparação da amostra para ambos os métodos foi realizada a partir de uma extração sequencial tripla com acetona 70% para um volume final de 100mL. As amostras foram homogeneizadas com triturador Turrtec (TECNAL, TE102, Brasil) por dois minutos, e em seguida foi realizada uma filtração a vácuo com auxílio de bomba (Cole Parmer, DAA Shown, Estados Unidos da América).

A atividade antioxidante por DPPH, foi determinada segundo a metodologia adaptada de Brand Williams, Cuvelier e Berset (1995), que se baseia em um decréscimo da absorvância na captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) por antioxidantes. Nesse método, foi realizada leitura das amostras em espectrofotômetro (Agilent Technologies, Cary 60 MY13110012, Estados Unidos da América) utilizando-se comprimento de onda de 515 nm e álcool etílico PA como branco. A curva de calibração foi realizada empregando solução de Trolox (25 mg/ 50 mL) com álcool etílico PA nas seguintes diluições: 50; 100; 200; 400; 600 e 800 μM .

A determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS foi realizada segundo a metodologia adaptada de Rufino et al. (2007), que se baseia na captura do radical 2,2-azino-bis(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico), sal diamônio (ABTS), determinada no mesmo espectrofotômetro, porém com leitura da absorvância em um comprimento de onda de 734 nm, utilizando álcool etílico PA como branco. Para a curva de calibração foi empregada solução de Trolox (25 mg/ 50 mL) com álcool etílico PA nas seguintes diluições: 100, 500, 1000, 1500 e 2000 μM .

4.6.9. Morfologia por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise de morfologia dos flocos de manga foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Laboratório de Recursos Analíticos e Calibração da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP. As amostras foram anexadas a stubs, usando uma fita adesiva de dupla face e revestida com ouro/paládio sob vácuo em um Polaron Sputter Coater (modelo SC7620, VG Microtech, Ringmer, Reino Unido) a uma taxa de revestimento de $\text{Å} / \text{s}$, 3-5 mA, 1 V e 0,08-0,09 mbar por 180 s, de acordo com o método relatado por Ferrari et al. (2013). As amostras revestidas foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura LEO440i (LEICA Electron Microscopy Ltd., Oxford, Inglaterra). O microscópio foi operado a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 20 kV e 100 pA com uma ampliação de 45 e 100x.

4.6.10. Temperaturas de transição vítrea (T_g)

Para determinação da temperatura de transição vítrea, foram colocadas cerca de 10 mg de amostra em cápsulas de alumínio com volume de 20 μL , lacradas hermeticamente e analisadas, utilizando uma cápsula vazia como referência. As amostras foram submetidas à análise de calorimetria diferencial de varredura, conforme metodologia descrita por Tonin et al. (2018), adaptada de Caparino et al. (2012). O calorímetro empregado (TA Instruments, TA-MDSC2920, Estados Unidos da América) possui resfriamento controlado por um resfriador mecânico RCS (Refrigerated Cooling Accessory), operando com gás nitrogênio a 150 ml/min. A calibração do equipamento realizada com Índio ($T_{\text{fusão}} = 156,6^\circ\text{C}$) e também uma verificação com azobenzol ($T_{\text{fusão}} = 68,0^\circ\text{C}$), utilizando hélio como gás de purga, com vazão constante de 25 ml/min. Inicialmente, a amostra foi resfriada até -70°C , mantida nessa temperatura por 10 min e em seguida, aquecida até 90°C , à taxa constante de $5^\circ\text{C}/\text{min}$. Duas corridas foram realizadas, para reduzir a entalpia de relaxação dos flocos amorfos. As análises foram realizadas em triplicata e os dados analisados utilizando o software Universal Analysis 2.6 (TA Instruments, Estados Unidos da América).

4.6.11. Densidade aparente, absoluta e porosidade

A determinação da densidade aparente (ρ_{ap}) foi realizada segundo a metodologia descrita por Tonin (2017), adaptada de Goula e Adamopoulos (2004). Foi realizada a relação da massa da amostra ocupada para o volume máximo de uma proveta graduada de 10 ml. Para determinação da densidade absoluta (ρ_{abs}), foi utilizado um picnômetro com álcool etílico PA como líquido imiscível, a 25°C .

A porosidade (ε) foi calculada através da relação expressa na Equação 28, a seguir:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \quad (28)$$

Onde:

- ρ_{ap} é a densidade aparente da amostra (g.ml^{-1});
- ρ_{abs} é a densidade absoluta da amostra (g.ml^{-1}).

4.6.12. Diâmetro médio de partícula e distribuição do tamanho de partículas

A determinação do diâmetro médio e a distribuição do tamanho de partículas dos flocos foi realizada de acordo com o descrito por Tonin (2017), através de um analisador por difração a laser (Partica, modelo LA 950 V2, Horiba, Tóquio, Japão), que emprega técnica por espalhamento de luz. O equipamento utilizado pertence ao Cereal Chocotec ITAL e a metodologia foi adaptada de Application Notes AN148 (HORIBA Instruments, 2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA E DOS FLOCOS DE MANGA COM AMIDO E MALTODEXTRINA

A Tabela 2 apresenta as propriedades físico-químicas da polpa empregada como matéria-prima, bem como dos flocos com amido e maltodextrina obtidos no estudo.

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas da polpa de manga e dos flocos de manga obtidos com amido e maltodextrina.

Análises	Polpa de Manga	Flocos com amido	Flocos com maltodextrina
Sólidos solúveis (°BRIX)	13,25 ± 0,10	n.a.	n.a.
Atividade de água	0,990 ± 0,001 ^a	0,254 ± 0,003 ^b	0,255 ± 0,002 ^b
Teor de Umidade (%)	84,90 ± 0,01 ^a	1,73 ± 0,02 ^b	2,89 ± 0,01 ^c
Teor de Carotenóides totais (mg/100g b.s.)	12,14 ± 0,53 ^a	13,66 ± 0,32 ^a	14,13 ± 0,74 ^a
Teor de β-caroteno (mg/100g b.s.)	5,05 ± 0,43 ^a	6,11 ± 0,13 ^a	6,21 ± 0,17 ^a
Teor de Vitamina C (mg/100g em b.s.)	62,70 ± 1,34 ^a	21,81 ± 1,30 ^b	20,35 ± 0,82 ^b
Teor de compostos fenólicos totais (mg /100g b.s.)	428,48 ± 10,07 ^a	406,62 ± 6,70 ^b	410,49 ± 3,51 ^b
Atividade antioxidante			
ABTS (μmol TE/g em b.s.)	40,00 ± 10,07 ^a	42,57 ± 0,76 ^a	42,98 ± 0,51 ^a
DPPH (μmol TE/g em b.s.)	32,79 ± 0,40 ^a	32,22 ± 0,27 ^a	31,86 ± 0,49 ^a
Cor			
L*	49,76 ± 0,17 ^a	63,80 ± 1,26 ^b	63,04 ± 0,83 ^b
a*	3,34 ± 0,04 ^a	12,73 ± 0,76 ^b	12,14 ± 0,51 ^b
b*	39,68 ± 0,10 ^a	71,68 ± 0,98 ^b	70,05 ± 1,58 ^c
Croma	39,82 ± 0,10 ^a	72,81 ± 1,00 ^b	71,10 ± 1,62 ^c
Hue	85,19 ± 0,06 ^a	79,93 ± 0,58 ^b	80,17 ± 0,31 ^b

Médias na mesma linha com letras diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com teste de Tukey.

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado apenas para a polpa de manga. O valor observado esteve próximo ao relatado por Bezerra et al. (2010), que encontraram teores de 13,08 e 16,65°Brix para as polpas de manga *in natura* das variedades Coité e Espada, respectivamente.

Com relação aos valores de atividade de água da polpa, os mesmos estiveram próximos ao relatado por Zotarelli (2014), de $0,991 \pm 0,001$ para polpa de manga obtida a partir de mangas *in natura* da variedade Tommy Atkins. Os valores de atividade de água obtidos para os flocos de manga com amido e maltodextrina não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Tonin et al. (2018) reportaram valores de atividade de água de 0,19 a 0,23 para pós de manga obtidos por secador de cilindro rotativo com diferentes coadjuvantes de processo. Jittanit et al. (2011) reportaram atividades de água de 0,260 a 0,342 para a polpa de tamarindo em pó obtido por *drum drying* utilizando maltodextrina e goma arábica como coadjuvantes. Ferrari et al. (2012a) relataram, para a polpa de amora-preta atomizada com maltodextrina, valores de atividade de água de 0,260 a 0,283, respectivamente.

O teor de umidade da polpa de manga integral (84,90%) esteve próximo ao reportado por Germer et al. (2018), de 85,31%. Bezerra et al. (2011) relataram teores de umidade de 83,62% e 83,93% para as polpas de manga *in natura* das variedades Rosa e Tommy Atkins. O teor de umidade dos flocos de manga com amido e com maltodextrina diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) (Tabela 2). Os flocos com maltodextrina apresentaram teor de umidade superior ($2,89 \pm 0,01\%$) ao valor obtido para os flocos com amido ($1,73 \pm 0,02\%$). Oliveira et al. (2014) reportaram, para polpa de cajá em pó liofilizada, teor de umidade próximo aos obtidos no presente estudo, de 2,05%.

Quanto aos teores de carotenoides totais e β -caroteno, observa-se que a polpa e os flocos de manga obtidos com amido e maltodextrina não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) em base seca (b.s.) (Tabela 2). Houve, portanto, uma retenção de aproximadamente 100% dos nutrientes, mostrando uma excelente estabilidade dos mesmos no processo de secagem empregado. Germer et al. (2018) obtiveram, para a polpa de manga, um teor de carotenoides totais de 15,02 mg/100g (b.s.), e reportaram uma retenção de aproximadamente 96% dos nutrientes no *drum drying*, valores, portanto, muito próximos aos obtidos nesse

estudo. Sogi et al. (2014), por sua vez, reportaram teores de carotenoides de 3,28 e 5,17 mg/100g (b.s) em manga desidratada por infravermelho e por liofilização, respectivamente.

Os teores de compostos fenólicos totais da polpa e dos flocos de manga obtidos com amido e maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$). No entanto, entre os produtos, não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$). Foi possível observar uma boa retenção do teor de compostos fenólicos no processo de secagem, de aproximadamente 94%. Retenções similares, de 81 a 97%, foram reportadas no estudo de Tonin et al. (2018) sobre o *drum drying* de polpa de manga com diferentes coadjuvantes.

Quanto à atividade antioxidante, observa-se que a polpa e os flocos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), para ambas as metodologias empregadas, ABTS e DPPH. Os resultados indicam que, apesar do processo de secagem, houve alta retenção da atividade antioxidante no produto. Os valores obtidos no presente estudo se assemelham aos reportados por Germer et al. (2018) para os flocos de manga obtidos por *drum drying*. Os autores determinaram atividades antioxidante de 39 a 44 $\mu\text{molTE/g}$ (b.s.) para os flocos de manga, resultando em uma retenção de aproximadamente 90%. A pequena diferença de resultados de capacidade antioxidante pode ser devida às características físico-químicas da polpa empregada como matéria-prima, que podem ter variado de lote para lote.

O teor de vitamina C da polpa (aproximadamente 63 mg/ 100 g) esteve entre os valores reportados por Bezerra et al. (2011), de 52 mg/100g para polpa de manga da variedade Rosa, e por Germer et al. (2018) de 74 mg/ 100 g para polpa integral comercial de manga. As variações podem estar relacionadas a diferenças características das variedades, bem como dos estádios de maturação empregados. Observa-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os teores de vitamina C da polpa e dos flocos (Tabela 2). No entanto, os teores nos produtos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Observou-se uma redução de cerca de 67% do teor da vitamina no processo de secagem. Essas perdas foram menores do que a relatada por Ndawula et al. (2004), de aproximadamente 85%, na secagem de cubos de manga ao sol. Megías-Pérez et al. (2014) afirmam que a vitamina C é normalmente empregada como um indicador de perdas nutricionais em processos

de secagem de frutas e hortaliças, bem como na avaliação das condições de armazenamento, devido sua alta sensibilidade à temperatura. A retenção obtida no presente estudo foi de aproximadamente 33%, valor inferior à faixa reportada por Tonin et al. (2018), de 39 a 61% para os flocos de manga obtidos por *drum drying* com diferentes coadjuvantes de secagem.

Quanto aos parâmetros de cor, verificaram-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a polpa de manga e os flocos obtidos com amido e maltodextrina. Observa-se que houve aumento dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (verde/vermelho), b^* (azul/amarelo), bem como do Croma, com o processo de secagem. O mesmo comportamento foi apontado no estudo de Germer et al. (2018) na secagem de polpa de manga por *drum drying*. Os autores explicam, que de modo geral, a remoção da água nos processos de secagem, provoca um aumento dos parâmetros de cor, em função da concentração dos pigmentos. O parâmetro Hue, por sua vez, apresentou uma diminuição, conforme apresentado na Tabela 2. A redução do Hue indica uma diminuição da cor amarela em relação à coloração vermelha. O aumento da coloração vermelha também foi reportado por Germer et al. (2018) no *drum drying* de manga, que apontaram, como possíveis causas, o escurecimento não enzimático e a caramelização dos açúcares na secagem. Outra causa possível para o aumento relativo da cor vermelha no processo de secagem é a degradação da vitamina C por ação do calor, que leva à formação de compostos de coloração amarronzada (MEGÍA-PÉREZ et al., 2014).

5.2. ISOTERMAS DE SORÇÃO DOS FLOCOS DE MANGA

Nos ensaios para a obtenção das isotermas de sorção, o equilíbrio foi atingido entre 30 e 36 dias para os flocos de manga obtidos com amido (FA) e maltodextrina (FM), nas duas temperaturas investigadas, 25 e 35°C.

As figuras 17 e 18 apresentam, para cada atividade de água, as fotos dos flocos no equilíbrio, nas temperaturas de 25°C e 35°C, respectivamente.

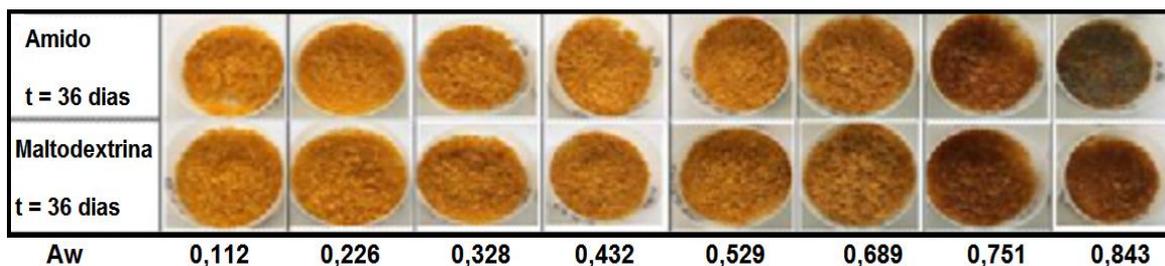
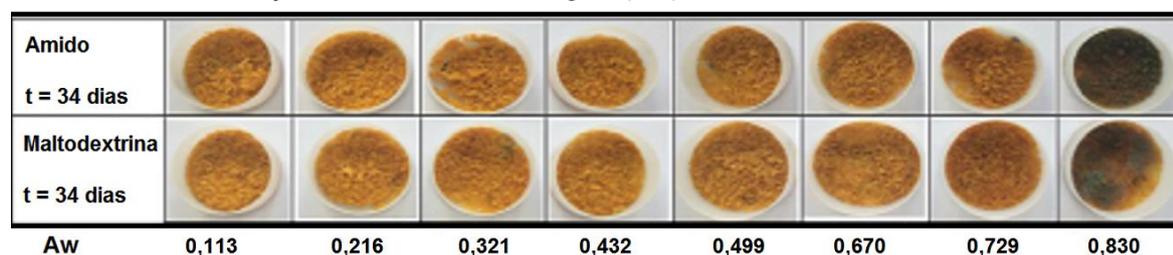


Figura 17 – Flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE no equilíbrio a 25°C em diferentes condições de atividade de água (A_w).

Figura 18 – Flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE no equilíbrio a 35°C em diferentes condições de atividade de água (A_w).



Através de uma análise visual realizada no equilíbrio, pôde-se observar que nas atividades de água de até 0,226, os flocos de ambas as amostras se apresentaram soltos e secos. A partir desta atividade de água, até 0,689, observou-se uma crescente aglomeração e escurecimento dos flocos. Nas últimas condições, nas atividades de água de 0,751 e 0,843, os flocos se apresentaram aglomerados, escurecidos, melando e com um princípio de crescimento microbiano.

A Tabela 3 apresenta os resultados experimentais dos teores de umidade de equilíbrio dos flocos de manga para as respectivas atividades de água (A_w), nas temperaturas de 25°C e 35°C.

Tabela 3 – Teores de umidade de equilíbrio dos flocos de manga em função da A_w , nas temperaturas 25°C e 35°C.

A_w	Teor de umidade de equilíbrio (g água/g b.s.)		A_w	Teor de umidade de equilíbrio (g água/g b.s.)	
	FA 25°C	FM 25°C		FA 35°C	FM 35°C
0,113	0,0140±0,0003	0,0138±0,0008	0,1125	0,0415±0,0020	0,0542±0,0027
0,2251	0,0295±0,0000	0,0295±0,0010	0,2161	0,0626±0,0009	0,0751±0,0012
0,3278	0,0567±0,0015	0,0608±0,0004	0,3205	0,0823±0,0009	0,0893±0,0037
0,4316	0,0695±0,0013	0,0715±0,0014	0,4317	0,0796±0,0058	0,0870±0,0025
0,5289	0,0745±0,0008	0,0734±0,0009	0,4991	0,0876±0,0008	0,1016±0,0049
0,6886	0,1648±0,0038	0,1677±0,0063	0,6696	0,1475±0,0140	0,1408±0,0100
0,7529	0,2397±0,0068	0,2504±0,0001	0,7487	0,3171±0,0062	0,3331±0,0062
0,8434	0,3988±0,0077	0,4073±0,0096	0,8295	0,4440±0,0075	0,4489±0,0132

FA: Flocos de manga com amido regular; FM: Flocos de manga com maltodextrina 10DE

Observa-se na Tabela 3, que para uma mesma atividade de água, houve aumento da umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura, indicando que os flocos se tornaram mais higroscópicos. O mesmo comportamento foi descrito por PARK et al. (2001) e HOFKY et al. (2007), respectivamente, para pera desidratada osmoticamente e pitanga em pó obtida por secagem em camada de espuma.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os parâmetros dos modelos das isotermas de sorção ajustados aos resultados experimentais. Nas Figuras 19 e 20 estão representados os resultados experimentais das isotermas de sorção dos flocos de manga com amido e maltodextrina a 25°C e 35°, respectivamente, bem como as curvas do modelo de GAB ajustadas.

Tabela 4 – Valores das constantes dos modelos de GAB, BET e Halsey das isotermas de sorção dos flocos de manga nas condições de temperatura de 25°C e 35°C.

Modelos	Parâmetros	Produtos			
		FA		FM	
		25°C	35°C	25°C	35°C
GAB	Xm	0,0637	0,0566	0,0682	0,0566
	C	1,7784	9,6886	1,6243	33,5791
	K	1,0135	1,0574	1,0077	1,0579
	R ²	0,9949	0,9645	0,9924	0,9504
	P%	8,6118	15,6797	9,8287	13,9734
	SE	0,0091	0,0256	0,0111	0,0301
BET	Xm	7,1431	0,0833	15,2903	32,9040
	C	0,0049	1,9298	0,0024	0,0015
	N	6,4850	152,0596	6,3957	5,5020
	R ²	0,9887	0,9582	0,9874	0,9335
	P%	28,5635	25,9539	28,8341	39,8388
	SE	0,0169	0,0833	0,0178	0,0345
Halsey	A	0,0766	0,0254	0,0781	0,0877
	B	0,8801	0,0908	0,8827	0,9556
	R ²	0,9948	0,9030	0,9921	0,9478
	P%	17,6454	0,9665	18,5101	21,6545
	SE	0,2481	19,5763	0,0114	0,0312

FA: Flocos de manga com amido regular; FM: Flocos de manga com maltodextrina 10DE

Tabela 5 – Valores das constantes dos modelos de Oswin, Langmuir, BET Linearizado e Smith das isotermas de sorção dos flocos de manga obtidos com amido regular (FA) e maltodextrina 10DE (FM) nas condições de temperatura de 25°C e 35°C

Modelos	Parâmetros	Produtos			
		FA		FM	
		25°C	35°C	25°C	35°C
Oswin	A	0,0817	0,1054	0,0842	0,1156
	B	0,9406	0,9082	0,9377	0,8530
	R ²	0,9947	0,9591	0,9923	0,9365
	P%	11,8414	26,6852	12,3107	28,1375
	SE	0,1478	0,0286	0,0112	0,0355
Langmuir	Xm	1054,8080	1931,3840	216,8949	1918,1170
	C	0,0003	0,0002	0,0014	0,0002
	R ²	0,7952	0,7332	0,3809	0,7104
	P%	78,1251	47,5277	97,1457	44,4239
	SE	0,9196	0,0772	0,1834	0,0774
BET Linearizado	Xm	0,1256	0,1861	0,7415	0,2687
	C	0,7484	0,6739	0,1309	0,5491
	R ²	0,9947	0,9595	0,9923	0,9375
	P%	11,7274	26,9542	12,3156	28,5656
	SE	0,1468	0,0287	0,0112	0,0358
Smith	A	-0,0398	-0,0252	-0,0409	-0,0139
	B	-0,2099	-0,2337	-0,2154	-0,2300
	R ²	0,9382	0,8856	0,9373	0,8649
	P%	49,5239	41,3346	51,0141	37,9400
	SE	0,7889	0,0458	0,0316	0,0496

FA: Flocos de manga com amido regular; FM: Flocos de manga com maltodextrina 10DE

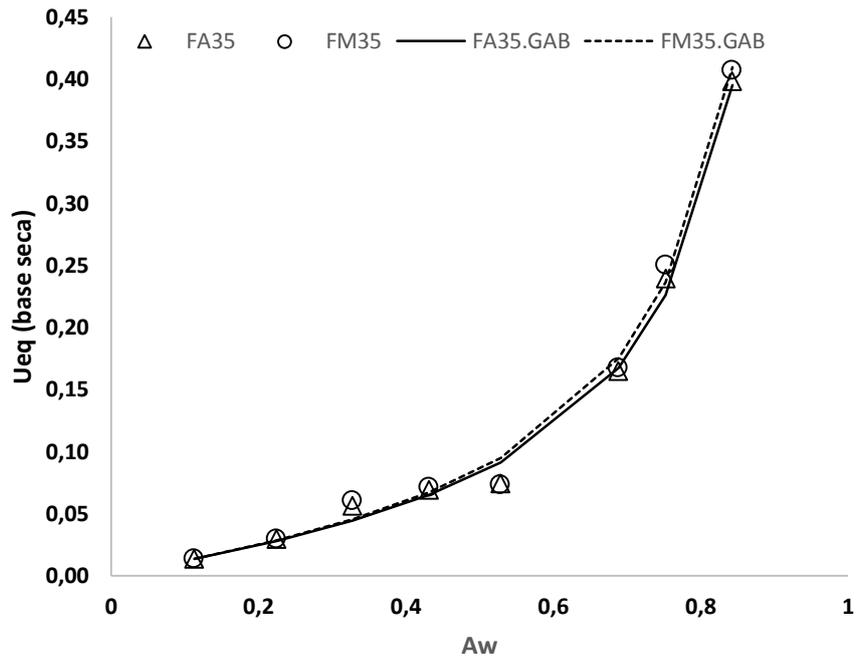


Figura 19 – Isotermas de sorção dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) a 25°C

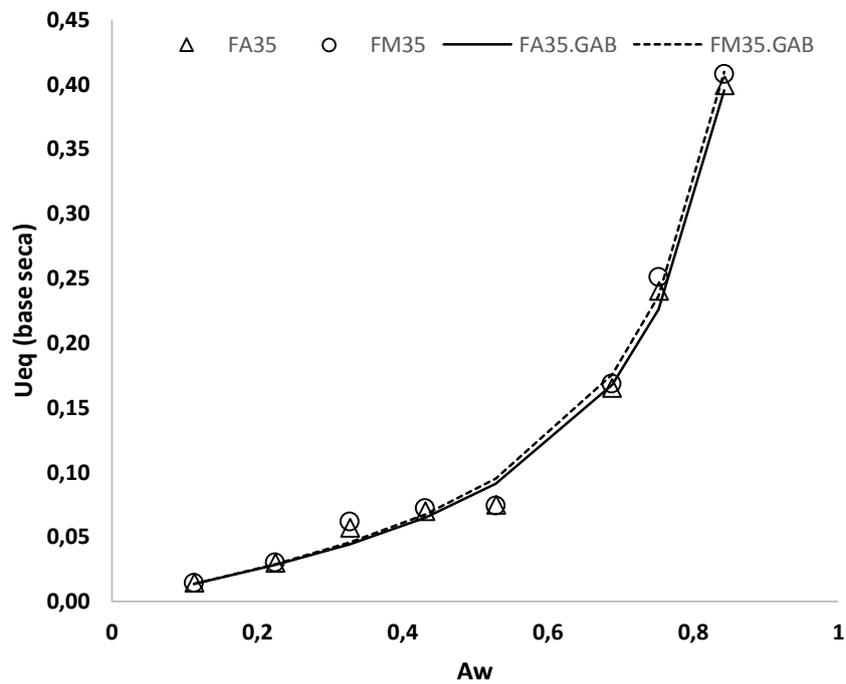


Figura 20 – Isotermas de sorção de umidade dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) a 35°C

De acordo com a Tabela 4, o modelo de GAB apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais das isotermas dos flocos de manga, tanto naqueles obtidos com amido, como com maltodextrina 10DE, nas temperaturas de 25°C e 35°C. Os ajustes desse modelo obtiveram bons coeficientes de correlação (R^2), superior a 0,9, erro médio estimado (SE) próximo de zero, e os menores desvios percentuais (P%).

Marrón et al. (2010) afirmam que o modelo de GAB é o mais utilizado para alimentos com altos teores de açúcares, como no caso a manga. Moreira et al. (2013) e Bezerra et al. (2010) também obtiveram os melhores ajustes com o modelo de GAB nas isotermas de polpas de manga em pó de diferentes variedades (cv. Rosa e cv. Tommy Atkins, cv. Coité e cv. Espada) obtidas por secagem em secador a vácuo.

Observa-se nas Figuras 19 e 20 que as isotermas, tanto a 25°C como a 35°C, estão muito próximas, sendo que as curvas dos flocos com maltodextrina 10DE estão ligeiramente acima das respectivas curvas obtida para os flocos com amido. O comportamento se acentuou na temperatura maior. O resultado permite dizer que os flocos com maltodextrina são ligeiramente mais higroscópicos em relação aos flocos obtidos com amido regular. Esse comportamento pode estar relacionado à estrutura molecular dos aditivos. O amido regular está na sua estrutura nativa, não hidrolisado. A maltodextrina 10DE é obtida por um processo de hidrólise, apresentando um grande número de ramificações com grupos hidrofílicos, que tendem a absorver mais umidade do ambiente, e, portanto, apresentam um comportamento mais higroscópico (TONON et al., 2009).

Para a maioria dos alimentos, as isotermas de sorção têm formato sigmoidal, isto é, apresentam aumento da umidade de equilíbrio em função do aumento da atividade de água. As isotermas obtidas no presente trabalho podem ser classificadas em tipo III, de acordo com Labuza e Altunakar (2007), sendo típicas de produtos ricos em açúcar. Nesses casos, a absorção da umidade é lenta nos valores de atividades de água baixos, mas apresenta um rápido aumento nos valores maiores em função da interação soluto-solvente, associado ainda à dissolução do açúcar. O mesmo foi reportado por Mrad et al. (2012) para maçãs e peras in natura, e por Caparino et al. (2013) para manga em pó obtida por *refractance window*.

De acordo com Zotarelli et al. (2017), o modelo de GAB se baseia no conceito de umidade da monocamada, que é um indicativo da umidade ideal para conservação de alimentos desidratados. Goula et al. (2008) afirmam que o teor de umidade da monocamada é aquele que proporciona maior estabilidade e menores perdas de qualidade para o alimento. No presente estudo, os valores de umidade da monocamada (X_m) obtidos pelo modelo de GAB foram de 6,4% e 6,9% para os flocos com amido e maltodextrina a 25°C, respectivamente. Na temperatura de 35°C, para ambos os flocos, os valores diminuíram para aproximadamente 5,7%. Na análise visual, anteriormente citada, do levantamento das isotermas de 25°C e 35°C (Figuras 17 e 18), as alterações mais pronunciadas nos flocos foram observadas nas atividades de água superiores a 0,328, que correspondeu às umidades de equilíbrio experimental de aproximadamente 6% para ambos os produtos. Portanto, os valores obtidos de X_m a 25°C e 35°C estão coerentes com a umidade máxima de estabilidade dos flocos observada experimentalmente.

Caparino et al. (2013) reportaram valores de X_m de 7,8% para manga em pó obtida por *refractance window*, e de 4,5%, para o produto da liofilização. Por outro lado, Moreira et al. (2013) obtiveram valores de X_m de 11,71% (25°C) e 13,60% (35°C) para o pó de manga liofilizado.

Observa-se que o aumento da temperatura resultou na diminuição do X_m , assim como observado por Silva et al. (2015) nas isotermas de umbu-cajá, Marrón et al. (2010) nas isotermas de pó da manga liofilizada, Alves et al. (2015) na isoterma de dessecção de pimentão verde, e por Mrad et al. (2012) nas isotermas de maçã e pera. Esse comportamento é atribuído, por alguns autores, à redução dos sítios ativos da matriz sólida do alimento em função de alterações físicas e químicas resultantes do aumento da temperatura.

Observa-se que os valores de K dos modelos de GAB estão próximos ao valor 1, em ambos os produtos, nas duas temperaturas ($1,0077 < k < 1,0579$) (Tabela 4). Segundo Varghese et al. (2014), uma isoterma é bem ajustada pela equação de GAB quando K está próximo da unidade. Pode-se dizer, portanto, que foram observados bons ajustes em todas as condições avaliadas no presente estudo. Segundo os autores, as constantes C e K da equação de GAB estão relacionadas com a energia de interação entre as primeiras moléculas adsorvidas nos sítios individuais e as moléculas seguintes. Seria esperado, segundo os

autores, que a constante C apresentasse um decréscimo com o aumento da temperatura, mostrando assim, uma tendência de diminuição da energia de interação. No entanto, no presente trabalho esse comportamento não foi verificado.

Os modelos de Oswin e BET Linearizado também apresentaram bons ajustes aos dados experimentais na temperatura de 25°C, tanto para os flocos com amido, como para os flocos com maltodextrina, com valores de R^2 superiores a 0,93. Os ajustes de ambos os modelos foram melhores para os flocos com amido, com valores de R^2 mais próximo de 1, e menores valores de erro percentual (P%), inferiores a 12%. Bezerra et al. (2010) também obtiveram bons ajustes dos modelos de GAB e Oswin nas isotermas de sorção de manga *coité* em pó obtida por secagem em estufa a vácuo.

Segundo Blahovec (2004), no modelo de Oswin, o parâmetro a deve ser superior ao valor zero ($a > 0$), e b deve estar entre zero e um ($1 \geq b > 0$). No presente estudo, a variou de aproximadamente 0,08 a 0,11, e b de 0,85 a 0,94, portanto de acordo com a referência. Segundo Alcântara et al. (2009), para o modelo de Oswin, quando os parâmetros estão dentro desses limites não há inflexão na curva, e o mesmo apresenta consistência matemática e física.

Park et al. (2001), na isoterma de sorção de pera desidratadas osmoticamente (55°Brix e 40°C), obtiveram bons ajustes ao modelo de BET linearizado e reportaram X_m de aproximadamente 0,28.

Os demais modelos não apresentaram bons ajustes aos dados, e portanto, não descrevem bem as isotermas experimentais dos produtos avaliados.

5.3. TEMPERATURA DE TRANSIÇÃO VÍTREA DOS FLOCOS

A Tabela 6 mostra as temperaturas de transição vítrea (T_g) dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM), para as respectivas atividades de água e teores de umidade.

Tabela 6 – Temperaturas de transição vítrea (Tg), atividade de água e teores de umidade dos flocos de manga obtidos por *drum drying* no tempo inicial.

Produtos	Temperatura de transição vítrea (°C)	Atividade de água	Teor de Umidade (%)
FA	31,14 ± 3,00a	0,302 ± 0,002a	4,04
FM	37,23 ± 3,00b	0,326 ± 0,013a	4,50

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com teste de Tukey. FA: Flocos de manga com amido regular; FM: Flocos de manga com maltodextrina 10DE; Os teores de umidade foram calculados a partir dos valores de atividade de água pelos modelos de GAB apresentado na equação 5.

Observa-se que os teores de atividade de água dos flocos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si, e os teores de umidade calculados estiveram próximos.

As temperaturas de transição vítrea dos flocos obtidos com amido e com maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre si, sendo que a média para o produto com maltodextrina foi superior ao valor observado para o produto com amido. O comportamento confirma o reportado por Tonin et al. (2018), que obtiveram para os flocos de manga com amido, uma Tg de aproximadamente 35°C, e de aproximadamente 38°C para o produto com maltodextrina (atividade de água de aproximadamente 0,2). Segundo Tonon et al. (2009) a Tg de um hidrocoloide diminui com o grau de hidrólise. Era de se esperar, portanto, que a Tg do produto com amido fosse maior do que o apresentado pelo produto com maltodextrina. No entanto, Pycia et al. (2016) afirmam que amidos e maltodextrinas de mesmo grau de hidrólise podem apresentar diferentes valores de Tg. Segundo os autores, a transição vítrea depende, dentre outros fatores, das estruturas físicas, que variam em função das diferentes fontes do hidrocoloide, bem como dos processos de hidrólise. Tonon et al. (2009), por sua vez, atribuíram os menores valores de Tg de pó de açaí obtidos por *spray drying* com amido de tapioca, em comparação aos valores obtidos com maltodextrinas, à menor solubilidade da molécula nativa, que resultou em baixa homogeneização antes da secagem.

5.4. ATIVIDADE DE ÁGUA E TEOR DE UMIDADE DOS FLOCOS DE MANGA NO INÍCIO E NO FINAL DO ARMAZENAMENTO CONTROLADO

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados de atividade de água e teor de umidade dos flocos de manga avaliados no início e no final do armazenamento, para as duas temperaturas, 25 e 35°C.

Tabela 7 – Atividade de água e teor de umidade dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) no início e no final do armazenamento a 25°C e 35°C.

Produtos	T(°C)	Atividade de água	Teor de Umidade (%)	Atividade de água	Teor de Umidade (%)
		Tempo Inicial		Tempo Final	
FA	25	0,254 ± 0,003 ^{aA}	1,73 ± 0,02 ^{aA}	0,273 ± 0,001 ^{aB}	2,24 ± 0,02 ^{aB}
FM		0,255 ± 0,002 ^{aA}	2,89 ± 0,01 ^{bA}	0,296 ± 0,000 ^{bB}	3,21 ± 0,04 ^{bB}
FA	35	0,254 ± 0,003 ^{aA}	1,73 ± 0,02 ^{aA}	0,266 ± 0,001 ^{cB}	1,94 ± 0,06 ^{cB}
FM		0,255 ± 0,002 ^{aA}	2,89 ± 0,01 ^{bA}	0,283 ± 0,001 ^{dB}	3,12 ± 0,03 ^{bB}

Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$ para a mesma propriedade e mesmo tempo, nos diferentes tratamentos, de acordo com teste de Tukey.

Médias na mesma linha com letras Maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$ para a mesma propriedade e mesmo tratamento, nos períodos diferentes, de acordo com teste de Tukey.

No tempo inicial, os diferentes flocos de manga apresentaram valores de atividade de água inferiores a 0,260, não havendo diferenças significativas ($p > 0,05$) entre eles (Tabela 7). Os valores de atividade de água iniciais observados foram inferiores aos reportados por Germer et al. (2018), que relataram médias entre 0,27 e 0,34 para os flocos de manga obtidos por secador de cilindro rotativo. Caparino et al. (2017), por sua vez, reportaram valor médio de atividade de água de 0,126 para o pó de manga obtido por *Refractance window*.

Observa-se na Tabela 7, que após aproximadamente 6 meses de armazenamento (209 dias a 25°C e 181 dias a 35°C), houve um aumento da atividade de água dos flocos, com diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os valores dos tempos iniciais e finais. Os flocos com maltodextrina apresentaram uma variação superior em relação aos produtos com amido, com cerca de 16% a 25°C e 11% a 35°C. Entretanto essa variação ao longo do armazenamento foi inferior à reportada por Caparino et al. (2017), que relataram variações de 22% a 50%, para

6 meses de armazenamento em temperaturas de 5°C a 45°C. Segundo os autores, as amostras do trabalho em questão foram armazenadas em dois tipos de embalagens: a primária foram sacos Ziploc® e a secundária, sacos de alumínio multicamadas, com adição de gás nitrogênio e seladas a quente.

Observa-se na Tabela 7 que no tempo final do armazenamento, os flocos apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre si quanto à atividade de água (Tabela 7). Entretanto, os valores ainda estiveram abaixo de 0,3 após o período de armazenamento, e portanto os mesmos ainda estavam em faixa segura, segundo Labuza et al. (1973), quanto às principais reações de deterioração.

Quanto ao teor de umidade, observa-se que os flocos com amido e maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) no tempo inicial de armazenamento, conforme anteriormente comentado (item 5.1), e possivelmente esse comportamento se deva às diferenças de higroscopicidade das amostras. Observou-se aumento do teor de umidade ao longo do tempo de armazenamento na faixa de 8% a 29% para os flocos de manga com os diferentes coadjuvantes. As amostras com amido apresentaram um aumento superior do que as amostras com maltodextrina. No entanto, deve-se considerar que as mesmas se apresentaram mais secas inicialmente. Da mesma forma que para a atividade de água, para ambos os produtos, os teores de umidade apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os valores dos tempos iniciais e finais. No entanto, Patrícia et al. (2004) reportaram, para polpa de acerola em pó acondicionada em sacos de polietileno e armazenada a 25°C por 60 dias, um aumento maior do teor de umidade, de aproximadamente 51%. No tempo final do armazenamento, observa-se que as amostras com maltodextrina não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) de teores de umidade entre as duas temperaturas avaliadas. O mesmo não aconteceu para a amostra com amido, que apresentou teor de umidade ligeiramente menor na temperatura de 35°C.

Observa-se, que os flocos com maltodextrina, nas duas condições de temperatura, 25°C e 35°C, apresentaram, no final do armazenamento, maiores valores de atividade de água e de teores de umidade em relação as amostras com amido.

5.5. DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DAS PARTÍCULAS DOS FLOCOS DE MANGA

A representação da distribuição do tamanho de partículas dos flocos de manga determinada por espalhamento de luz, no início e no final do período de armazenamento, para as duas amostras, nas diferentes temperaturas, está apresentada na Figura 21.

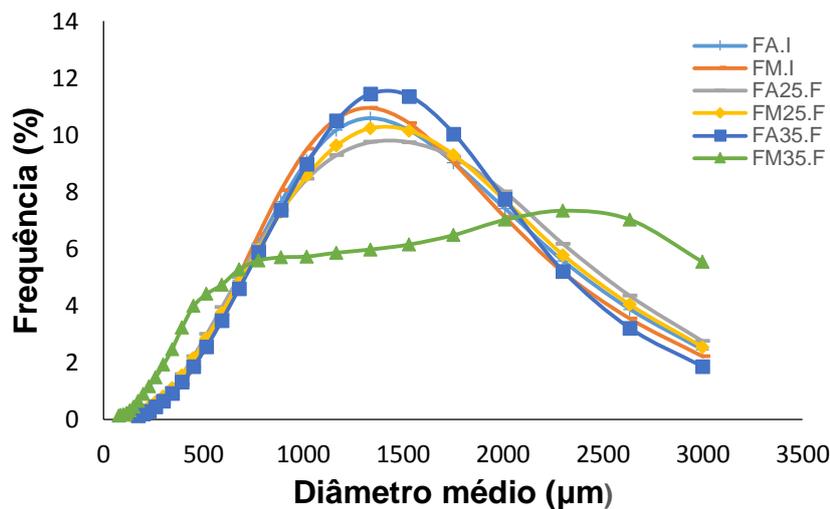


Figura 21 – Distribuição do tamanho de partícula dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM), a 25°C e 35°C, no início (I) e no final (F) do armazenamento.

A Tabela 8 apresenta os diâmetros médios de partícula dos flocos de manga no início e no final do armazenamento.

Tabela 8 – Diâmetro médio dos flocos de manga obtidos com amido (FA) e com maltodextrina 10DE (FM) nos diferentes tempos e nas temperaturas de 25°C e 35°C.

Produtos	Diâmetro médio das partículas (µm)		
	Tempo inicial	Tempo final	
		25°C	35°C
FA	1152,6 ± 28,4 ^{aA}	1178,7 ± 36,8 ^{aA}	1125,7 ± 45,4 ^{aA}
FM	1204,0 ± 59,8 ^{aA}	1094,3 ± 106,0 ^{aA}	955,3 ± 104,3 ^{bB}

Tempo final = 210 dias a 25°C e 180 dias a 35°C;

Médias na mesma linha com letras (minúsculas) diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com teste de Tukey. Médias na mesma coluna com letras (maiúscula) diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com teste de Tukey.

Na Figura 21, verifica-se que a distribuição de tamanho de partículas dos flocos de manga com amido e maltodextrina a 25°C e 35°C, de modo geral, apresentou uma distribuição unimodal, apesar da mesma ter sido interrompida em 3.000 µm, que é o limite máximo de detecção do equipamento empregado na análise. O comportamento evidencia a característica homogênea de distribuição de tamanho das partículas, com tamanhos muito próximos para todos os produtos analisados (TONIN, 2017). Zotarelli et al. (2017) também reportaram uma distribuição unimodal dos pós de manga obtidos pelos processos de secagem por liofilização e por *Refractance window*. Observa-se também, na Figura 21, uma distribuição de população semelhante para as duas amostras no tempo inicial. No final do armazenamento, entretanto, os flocos com maltodextrina armazenados a 35°C (FM35.F), apresentaram um comportamento bem diferente dos demais.

Na Tabela 8, verifica-se que os diâmetros médio das partículas dos flocos de manga avaliados no tempo inicial, para ambos os aditivos empregados, e no final do armazenamento, não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), com exceção dos flocos com maltodextrina armazenados a 35°C. O produto em questão apresentou um diâmetro significativamente menor em relação aos outros, com um maior desvio padrão. Com exceção desse último tratamento, os valores de diâmetro médio dos flocos de manga obtidos estão próximos à faixa reportada por Germer et al. (2018), de 1090 µm a 1400 µm, para os flocos de manga com diferentes concentrações de coadjuvantes de secagem.

Os resultados referentes à amostra com maltodextrina armazenamento a 35°C podem ser explicados pela aglomeração observada ao final do armazenamento (181 dias). A Figura 22 apresenta uma foto do produto, a título de ilustração. Para a realização da análise de diâmetro de partículas, os flocos com maltodextrina armazenados a 35°C tiveram que passar por um processo de peneiramento, a fim de separar os aglomerados. No processo, houve a quebra dos aglomerados em partículas menores, explicando o resultado obtido.

A aglomeração em produtos secos em pó ocorre devido ao *caking*, que é a formação de pontes irreversíveis entre as partículas, causadas pela absorção de água, ou pela mudança de estado da matriz sólida, resultando na formação de partículas maiores (ZOTARELLI et al., 2017; TONON et al., 2009). A aglomeração da amostra com maltodextrina pode ter ocorrido em função de sua maior

higroscopicidade e possivelmente, por uma falha no processo de selagem da embalagem.



Figura 22 – Flocos de manga com maltodextrina após 181 dias de armazenamento à 35°C

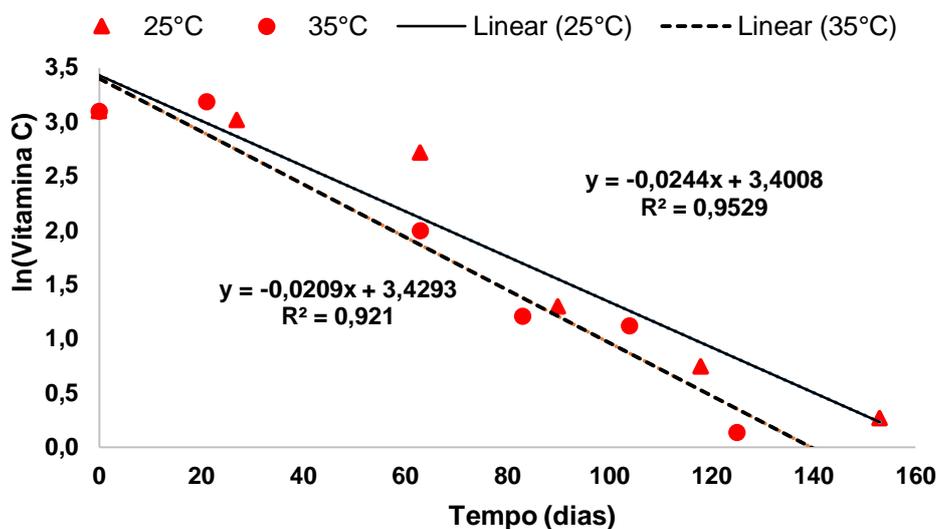
5.6. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO CONTROLADO

5.6.1. Cinética da degradação da vitamina C

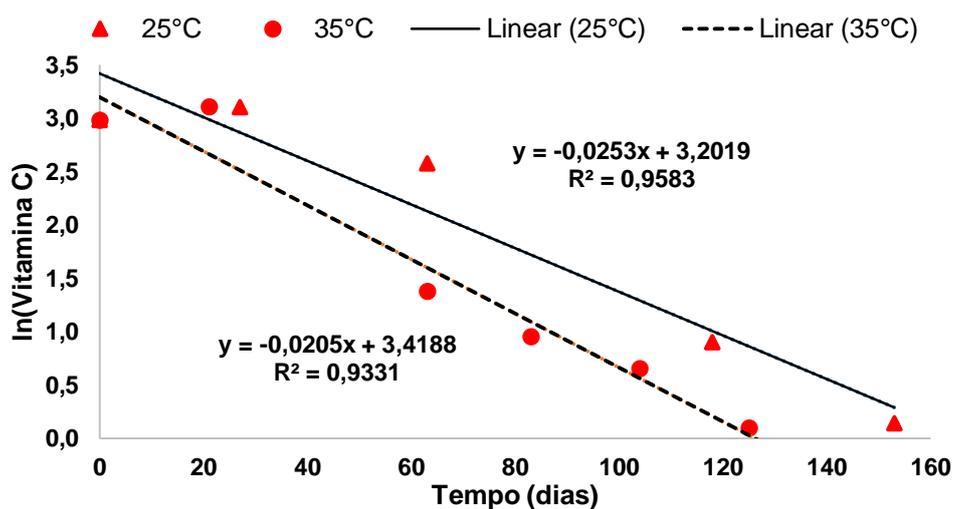
Os produtos obtidos para o estudo da estabilidade apresentaram teores iniciais de vitamina C de $22,18 \pm 0,46$ mg/100 g para os flocos com amido (FA), e para os flocos com maltodextrina (FM), a média foi de $19,76 \pm 0,79$ mg/100 g. Ndawula et al. (2004) reportaram teores de vitamina C de 25,4 mg/100 g em manga em pó obtida por secagem ao sol. Sogi et al. (2014) obtiveram valores superiores de vitamina C, que variaram de 97,59 a 225,38 mg/100g, para a manga em pó obtida por diversos tipos de secagem. Entretanto, devem ser consideradas diferenças nos processos preliminares à secagem, bem como características intrínsecas, tais como diferenças de variedade e de estágio de maturação.

A degradação da vitamina C ao longo do armazenamento, para todas as condições, foi melhor ajustada por um modelo de reação de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,92. A Figura 23 apresenta as variações dos teores de vitamina C ao longo do período de armazenamento dos produtos estudados, nas diferentes temperaturas, bem como os modelos cinéticos obtidos. Observa-se que a vitamina C se esgotou nos flocos antes dos 180 dias de

armazenamento. A Tabela 9 apresenta os parâmetros cinéticos de degradação da vitamina C obtidos nos diferentes tratamentos para o modelo de 1ª ordem.



(a)



(b)

Figura 23 – Cinética da degradação da vitamina C (mg/100 g) nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.

Tabela 9 – Parâmetros cinéticos da degradação da vitamina C dos flocos com amido (FA) e maltodextrina (FM).

Produto	Temperatura (°C)	Ordem	K (dia ⁻¹)	Coefficiente Linear	R ²	Q ₁₀	t _{1/2} (dia)
FA	25	1ª	-0,0209	3,429	0,921	1,17	33,16
	35	1ª	-0,0244	3,401	0,953		28,40
FM	25	1ª	-0,0205	3,419	0,933	1,23	33,80
	35	1ª	-0,0253	3,202	0,958		27,39

Germer et al. (2014) e Sapei e Hwa (2014), de forma similar, relataram modelos cinéticos de primeira ordem para a degradação da vitamina C. No primeiro estudo foram obtidos valores de R^2 na faixa de 0,91 a 0,99 para degradação da vitamina C em mamão desidratado por processo combinado de secagem osmótica e secagem convencional com ar quente, durante o armazenamento a 25°C e 35°C, por 100 dias. No segundo trabalho, os valores de R^2 variaram de 0,81 a 0,97 para sucos frescos de morango produzidos com e sem açúcar, armazenados a 8°C e 28°C, respectivamente.

A degradação da vitamina C nos alimentos pode ocorrer devido a diversos fatores, tais como oxigênio disponível (via aeróbica e/ou anaeróbica), luz, atividade de água, presença de metais como íons de Cu^{2+} e Fe^{3+} , temperatura e tempo de armazenamento (GREGORY III, 1996). De acordo com Nagy (1980) mecanismos aeróbicos e anaeróbicos são responsáveis pela degradação da vitamina C em alimentos processados. O autor relata que após o consumo de oxigênio livre nas embalagens, as reações anaeróbicas tornam-se predominantes. Assim, pode ocorrer uma redução na velocidade de reação em relação às condições aeróbicas. Nestas condições, o ácido ascórbico decompõe-se em ácido 2,5-dihidro-2-furanóico, que se degrada em dióxido de carbono e furfural. Por sua vez, o furfural sofre polimerização como um aldeído ativo, e pode combinar com aminoácidos, gerando produtos com coloração parda (BREDA et al., 2012). O aumento da temperatura também é outro fator que afeta a oxidação e a velocidade de degradação da vitamina C.

Observa-se que os valores da constante (K) da reação apresentaram um ligeiro aumento com o incremento da temperatura de armazenamento, em ambos os produtos (Tabela 9). As velocidades da reação (K) se apresentaram próximas para os dois produtos nas temperaturas de 25°C, com uma diferença mais acentuada a 35°C. Nesse caso, a velocidade de degradação foi maior para o produto com maltodextrina. Os valores de velocidade de degradação observados estão próximos aos reportados por Germer et al. (2014), de -0,010 a -0,040 dias⁻¹, para mamão desidratado armazenado a 25°C e 35°C.

Caparino et al. (2017) relataram um aumento do porcentual de perda de ácido ascórbico na manga em pó obtida por *Refractance Window* com o aumento

da temperatura de armazenamento. Os autores observaram que após 6 meses de armazenamento os produtos em embalagem a vácuo apresentaram os seguintes teores de ácido ascórbico: 11, 9 e 1 mg/ 100 g em base seca, para as temperaturas de 5, 22 e 45°C, respectivamente. Zubaidy e Khalil (2007) reportaram aumentos de 15%, 10% e 8% da degradação da vitamina C nas temperaturas de 45, 35 e 25°C no armazenamento de sucos de morango (9°Brix) por 4 meses.

Os valores de Q_{10} apresentados na Tabela 9, indicam baixa influência da temperatura na reação de degradação da vitamina C nos produtos em questão. No produto com maltodextrina, essa influência é ligeiramente maior do que no produto com amido. Breda et al. (2012) obtiveram um valor de 1,09 para o Q_{10} , da degradação da vitamina C em polpa de guavira em pó, obtida pelo processo de secagem de leito de espuma, e armazenada em embalagem de polietileno de baixa densidade. No estudo em questão, as amostras foram armazenadas por 90 dias nas temperaturas de 25 e 35°C. Germer et al (2014) reportaram Q_{10} variando de 3,08 e 3,90 para mamão desidratado armazenado a 25 e 35°C. Segundo os autores, os valores elevados de Q_{10} indicam que a degradação da vitamina C nos produtos em questão apresenta alta sensibilidade à temperatura.

Por sua vez, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, os tempos de meia vida ($t_{1/2}$) da reação nos flocos com amido e maltodextrina a 25°C foram de aproximadamente 33 dias. Para os produtos armazenados a 35°C, o tempo de meia vida foi de aproximadamente 28 dias. Tempos menores de meia vida são reportados na literatura para vitamina C. Uddin et al. (2002) obtiveram 5 dias de tempo de meia vida ($t_{1/2}$) para a goiaba liofilizada armazenada a 30°C.

5.6.2. Cinética da degradação dos carotenoides totais

Os teores de carotenoides totais dos produtos no tempo inicial foram de $13,43 \pm 0,31$ mg/100 g nos flocos com amido (FA), e $13,72 \pm 0,72$ mg/100 g nos flocos com maltodextrina (FM). Sogi et al. (2014) obtiveram valores inferiores de carotenoides totais em manga em pó obtida por secagem com infravermelho, de 3,28 mg/100 g, e por liofilização, de 5,17 mg/100 g.

A degradação dos carotenoides totais ao longo do armazenamento, para todas as condições, foi melhor ajustada por um modelo de reação de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) entre 0,84 e 0,97. A Figura 24

apresenta as variações dos teores de carotenoides totais ao longo do período de armazenamento dos produtos estudados, nas diferentes temperaturas, bem como os modelos cinéticos obtidos. A Tabela 10 apresenta os parâmetros cinéticos de degradação dos carotenoides totais obtidos nos diferentes tratamentos para o modelo de melhor ajuste.

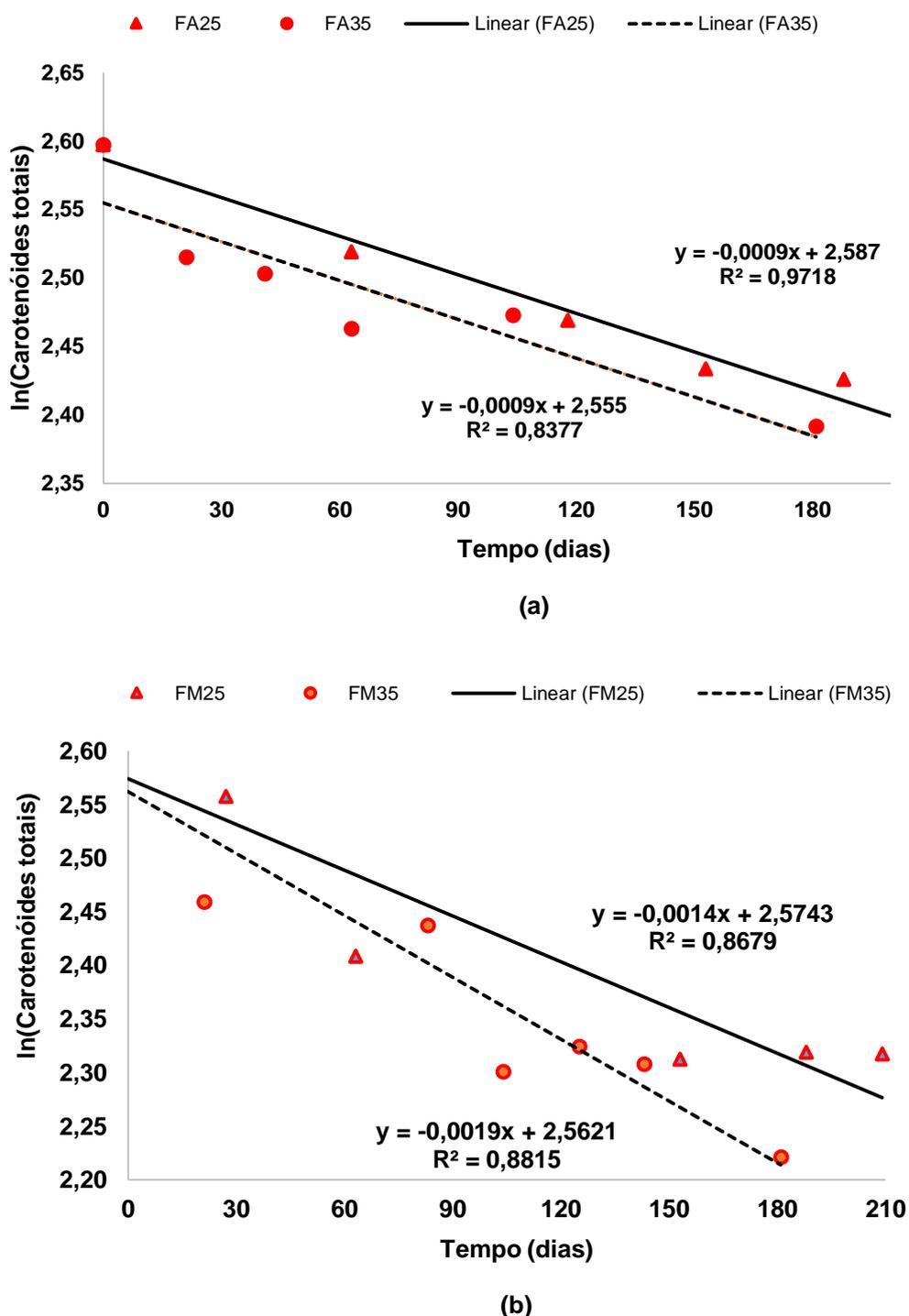


Figura 24 – Cinética da degradação dos carotenoides totais (mg/100 g) nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C

Tabela 10 – Parâmetros cinéticos de degradação dos carotenoides totais dos flocos com amido regular (FA) e maltodextrina (FM).

Produto	Temperatura (°C)	Ordem	K (dia ⁻¹)	Coefficiente Linear	R ²	Q ₁₀	t _{1/2} (dias)
FA	25	1 ^a	-0,0009	2,587	0,972	1,00	770,00
	35	1 ^a	-0,0009	2,555	0,838		770,00
FM	25	1 ^a	-0,0014	2,574	0,868	1,36	495,00
	35	1 ^a	-0,0019	2,562	0,882		364,74

A provável causa da degradação dos carotenoides totais durante o armazenamento está relacionada às ligações duplas existentes em suas cadeias de carbono, e que são suscetíveis a reações de oxidação e de isomerização (cis-trans) (PROVESI et al., 2011). Diversos fatores estão associados a essas reações, tais como incidência de luz, calor, presença de ácidos, oxigênio, ação enzimática e não enzimática (BECHOFF et al., 2010; KOCA et al., 2007). A degradação dos carotenoides implica perda de cor e redução da atividade biológica (PROVESI et al., 2011; RAO; RAO, 2007).

Tang e Chen (2000) também reportaram cinética de 1^a ordem para a degradação de carotenóides no armazenamento de extratos obtidos de cenoura e liofilizados. Os autores obtiveram valores de R² superiores a 0,95. Bechoff et al. (2010) avaliaram os parâmetros cinéticos de degradação dos carotenoides totais de chips de batata doce, obtidos por secagem ao sol, em diferentes condições de armazenamento, temperaturas (10°C a 40°C), atividade de água (0,13 a 0,76) e níveis de oxigênio (0% a 21%). Os autores obtiveram modelos de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R²) na faixa de 0,864 a 0,986.

Observa-se na Tabela 10, que a reação nos flocos com maltodextrina, na temperatura de 25°C, apresentaram valor de *K* ligeiramente superior (0,0014 dias⁻¹) do que o valor obtido para os flocos com amido (0,0009 dias⁻¹). Na temperatura de 35°C, no entanto, o valor de *K da reação nos flocos com maltodextrina* mais do que dobrou em relação aos flocos com amido. Conseqüentemente, os flocos com amido apresentaram tempos de meia vida superiores (770 dias) ao calculado para os flocos com maltodextrina (495 dias a 25°C; 365 dias a 35°C). Bechoff et al. (2010) reportaram velocidades de degradação dos carotenoides (*K*) na faixa de 0,0047 a 0,0298 dias⁻¹, portanto, superiores aos valores encontrados no presente trabalho.

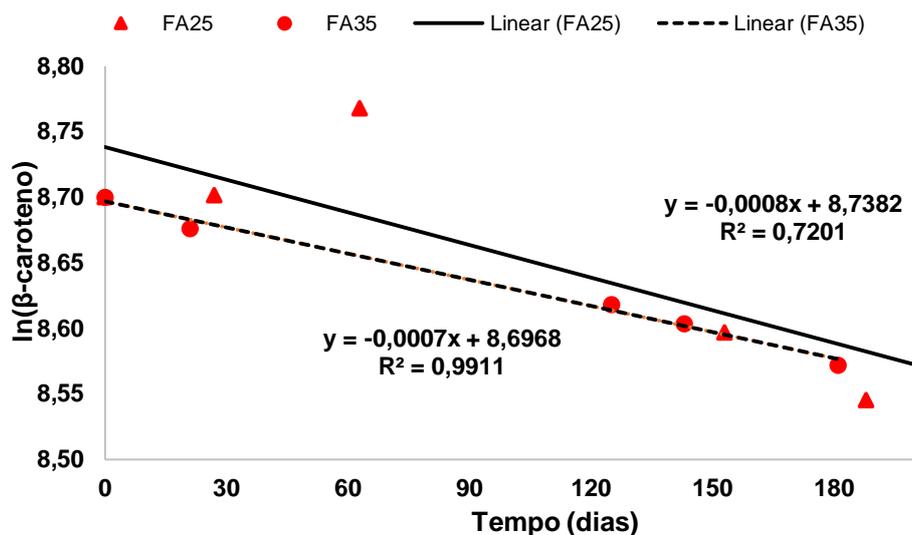
O valor do fator de aceleração da reação nos flocos com amido ($Q_{10} = 1$), apresentado na Tabela 10, indica que a degradação dos carotenoides totais praticamente não sofre influência da temperatura nesse produto. A reação nos flocos com maltodextrina, no entanto, apresentou uma maior sensibilidade à temperatura ($Q_{10} = 1,36$).

Para ambos os produtos, pode-se dizer que os valores de velocidade de reação foram baixos, e com tempos de meia vida longos, nas duas temperaturas de armazenamento. Esses resultados indicam uma boa estabilidade dos carotenoides totais em relação à temperatura nos produtos em questão, com desempenho melhor nos flocos com amido.

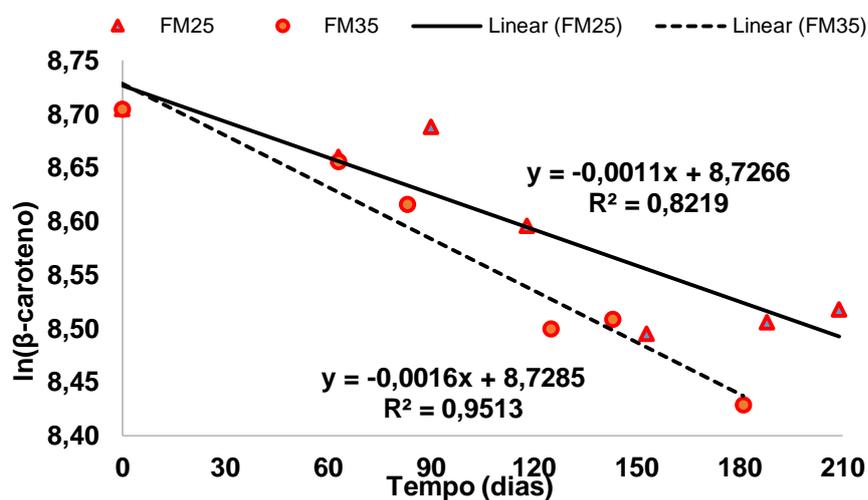
5.6.3. Cinética da degradação do β -caroteno

Ambos os produtos apresentaram teor inicial de β -caroteno de $6,00 \pm 0,10$ mg/100g, que equivale ao teor reportado por Ndawula et al. (2004) para a manga desidratada ao sol.

A degradação do β -caroteno ao longo do armazenamento, para todas as condições, foi melhor ajustada por um modelo de reação de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) entre 0,72 e 0,99. A Figura 25 apresenta as variações do teor de β -caroteno ao longo do período de armazenamento dos produtos estudados, nas diferentes temperaturas, bem como os modelos cinéticos obtidos. A Tabela 11 apresenta os parâmetros cinéticos de degradação do β -caroteno obtidos nos diferentes tratamentos para o modelo de melhor ajuste.



(a)



(b)

Figura 25 – Cinética da degradação do teor de β -caroteno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C .

Tabela 11 – Parâmetros cinéticos de degradação do β -caroteno dos flocos com amido regular (FA) e maltodextrina (FM).

Produto	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Ordem	K (dia^{-1})	Coefficiente Linear	R ²	Q ₁₀	t _{1/2} (dias)
FA	25	1 ^a	-0,0008	8,7382	0,720	0,88	866,25
	35	1 ^a	-0,0007	8,6968	0,991		990,00
FM	25	1 ^a	-0,0011	8,7266	0,823	1,46	630,00
	35	1 ^a	-0,0016	8,7285	0,951		433,13

Outros estudos, com diferentes produtos, reportam reação de 1ª ordem para a degradação do β -caroteno, ao longo do armazenamento: Bechoff et al. (2010) em chips de batata doce; Koca et al. (2007) em cenoura desidratada; e Penicaud et al. (2011) em frutas e vegetais desidratados.

Desobry et al. (1997) avaliaram a degradação do β -caroteno encapsulado com maltodextrina 25DE obtido por três métodos diferentes: *spray drying*, *drum drying* e *freeze-drying*. Os autores observaram que após 15 semanas de armazenamento o produto obtido por *drum drying* apresentou a maior retenção (~47%). Segundo os autores, a melhor retenção obtida nesse processo de secagem se deve ao nível de compactação das partículas. A degradação do β -caroteno durante o armazenamento seguiu reação de primeira ordem, mudando ao final para segunda ordem. Segundo os autores, a degradação foi mais rápida inicialmente, pois esteve associada à oxidação dos carotenoides presentes na superfície. Posteriormente, a estrutura não porosa dos pós obtidos por *drum drying* dificultou a oxidação, e a velocidade de reação diminuiu.

Os valores das velocidades de reação (K) foram baixos, no geral, mostrando que o processo de degradação é lento. Verificou-se uma maior velocidade de degradação do β -caroteno no produto com maltodextrina a 35°C, com um valor praticamente dobrado do valor obtido para o produto com amido na mesma temperatura. Bechoff et al. (2010) reportaram, em chips de batata doce, velocidades de degradação do β -caroteno na faixa de 0,0029 a 0,0405 dias⁻¹, portanto, superiores aos encontrados no presente estudo.

O valor de Q_{10} da reação nos flocos com amido foi de aproximadamente 1, indicando que o processo de degradação do β -caroteno não sofre influência da temperatura no produto. Porém, nos flocos com maltodextrina, o valor do Q_{10} (1,46) indica que a reação tem maior sensibilidade à temperatura.

Os tempos de meia vida da reação ($t_{1/2}$) foram bastante longos, sendo que, conforme esperado, no armazenamento a 25°C, para ambos os flocos, foram obtidos valores superiores aos determinados a 35°C. Peñas et al. (2013) reportaram redução de aproximadamente 5% do teor de β -caroteno em cenouras desidratadas armazenadas por 3 meses a 13 a 25°C. Desobry et al (1997) obtiveram tempos de meia vida de cerca de 2 anos para o β -caroteno encapsulado com maltodextrina 25DE obtido por *drum drying*, portanto, valor próximo aos

determinados no presente estudo. Os autores alegaram que a alta retenção do nutriente observada no pó resultante do *drum drying* é devido ao maior tamanho das partículas obtidas.

5.6.4. Cinética da degradação dos parâmetros de cor

A variação dos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) ao longo do armazenamento, para todas as condições, foi melhor ajustada por modelo de reação de ordem zero, com coeficientes de determinação (R^2) variando entre 0,75 e 0,97. As Figuras 26, 27 e 28 apresentam as variações e os modelos dos parâmetros L^* (preto/branco), a^* (verde/vermelho) e b^* (azul/amarelo) de cor, respectivamente, ao longo do período de armazenamento dos produtos estudados, nas diferentes temperaturas. A Tabela 12 apresenta os parâmetros cinéticos de degradação dos parâmetros de cor nos diferentes tratamentos para os modelos de melhor ajuste.

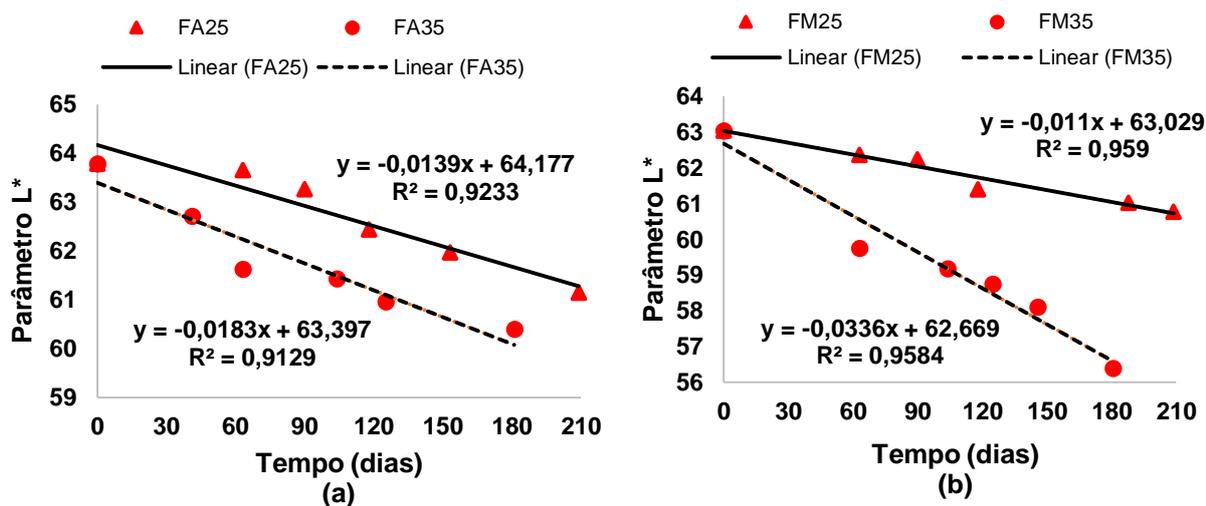


Figura 26 – Cinética da variação do parâmetro de cor L^* nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.

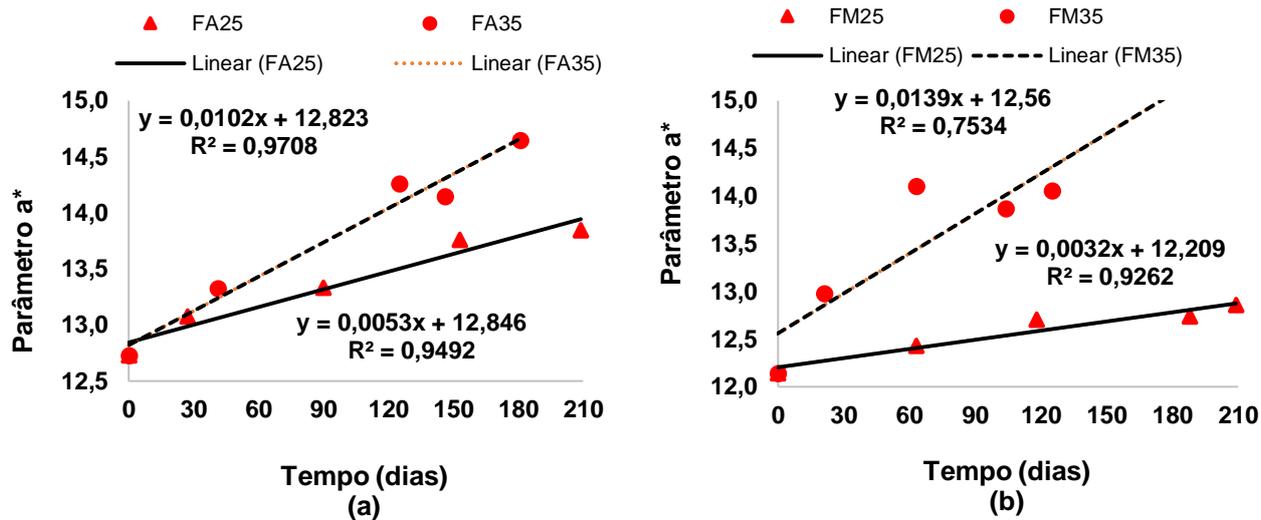


Figura 27 – Cinética da variação do parâmetro de cor a* nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.

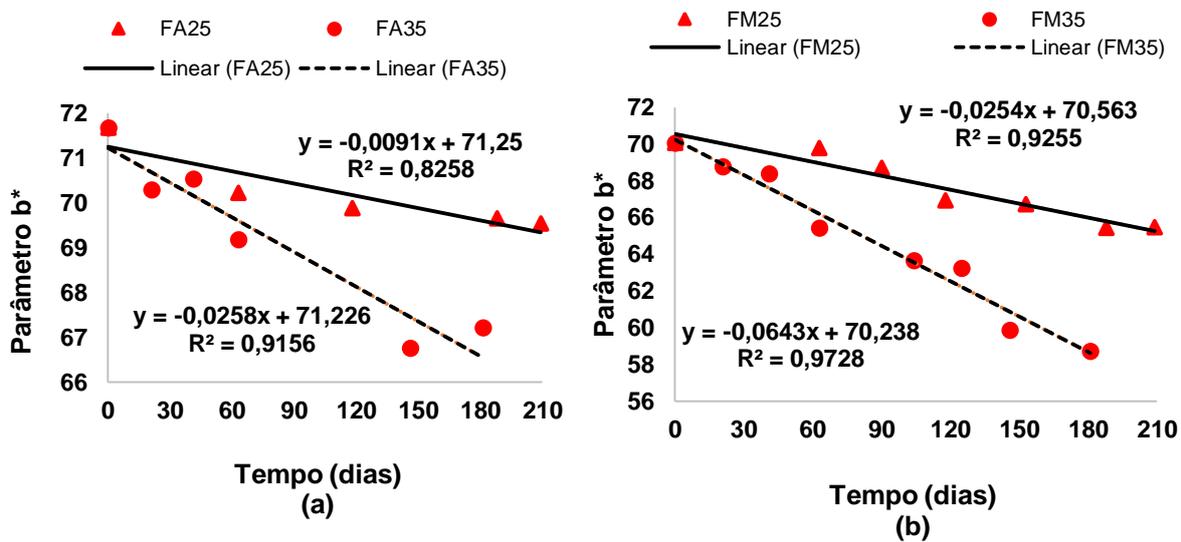


Figura 28 – Cinética da variação do parâmetro de cor b* nos flocos com amido (a) e flocos com maltodextrina (b) no armazenamento a 25°C e 35°C.

Tabela 12 – Parâmetros cinéticos de cor para as coordenadas L*, a* e b* dos flocos com amido (FA) e maltodextrina (FM).

Parâmetros	Produto	T (°C)	Ordem	K (dia ⁻¹)	Coefficiente Linear	R ²	Q ₁₀	t _{1/2} (dias)
L*	FA	25	0	-0,0139	64,177	0,923	1,31	2308,53
		35	0	-0,0183	63,397	0,913		1732,16
	FM	25	0	-0,0110	63,029	0,959	3,05	2864,96
		35	0	-0,0336	62,669	0,958		932,57
a*	FA	25	0	0,0053	12,846	0,949	1,92	1211,89
		35	0	0,0102	12,823	0,971		628,58
	FM	25	0	0,0032	12,209	0,926	4,34	1907,66
		35	0	0,0139	12,56	0,753		451,80
b*	FA	25	0	-0,0091	71,25	0,826	2,84	3914,84
		35	0	-0,0258	71,226	0,916		1380,35
	FM	25	0	-0,0254	70,563	0,926	2,53	1389,04
		35	0	-0,0643	70,238	0,973		546,17

Germer et al. (2014), da mesma forma, reportaram ordem zero para a degradação da cor de mamão desidratado. Koca et al. (2007) obtiveram, também, a mesma ordem para a reação de degradação da cor de cenoura desidratada com ar quente.

A diminuição do parâmetro L* de cor (Figura 26) indica um escurecimento das duas amostras, nas temperaturas estudadas, ao longo do armazenamento. O escurecimento pode estar relacionado à possível interação dos açúcares redutores com os aminoácidos (Reação de Maillard), bem como com a caramelização dos açúcares devido à temperatura de processo (CAPARINO et al., 2012). O comportamento foi também reportado no trabalho de Tonin et al. (2018), em manga em pó obtida por secador de cilindro rotativo com amido. Gliemmo et al. (2009) observaram comportamento similar em purê de abóbora no armazenamento a 25°C. Os autores relacionaram essa tendência às possíveis reações não enzimáticas (Maillard), que podem gerar pigmentos pardos, bem como à oxidação e isomerização do β -caroteno.

Os coeficientes de determinação (R^2) da variação de L* variaram de 0,92 a 0,96, indicando bons ajustes dos modelos (Tabela 12). Nota-se que os valores de K da variação do parâmetro L* foram superiores nas temperaturas de 35°C, conforme esperado, indicando maior escurecimento. O mesmo comportamento foi

observado por Tang e Chen (2000) em extratos de cenoura em pó, ao longo do armazenamento nas temperaturas de 4 a 45°C, realizado no escuro, por 12 semanas.

Os valores de K da reação variaram de 0,011 a 0,0336 dias⁻¹ (Tabela 12). O maior valor de K encontrado foi na amostra dos flocos com maltodextrina a 35°C (0,0336 dia⁻¹). Quanto aos tempos de meia vida da reação ($t_{1/2}$), os valores obtidos foram altos, no intervalo de 933 e 2865 dias, respectivamente. Os flocos com maltodextrina apresentaram um elevado valor de Q₁₀ (3,05), indicando que a reação de degradação do parâmetro L* é muito influenciada pela temperatura.

Observa-se nas Figura 27 a e b, que o parâmetro a* apresentou aumento ao longo do armazenamento, em todas as situações avaliadas, indicando que os produtos se tornaram mais avermelhados ao longo do tempo. Gliemmo et al. (2009) relatam que o aumento da coloração vermelha pode estar relacionado ao escurecimento não enzimático (Maillard), devido a interação dos açúcares redutores e os aminoácidos, que geram como produto da reação compostos avermelhados. No estudo de Bignard et al. (2016), a variação do parâmetro a* de cor para as pimentas desidratadas, foi relacionado ao produto da reação de Maillard, o furanosídeo (furosine).

Os valores dos coeficientes de correlação (R^2) variaram de 0,75 a 0,97.

Os valores de K da reação variaram de 0,0032 a 0,0139, e as amostras armazenadas a 35°C apresentaram maiores velocidade de degradação, conforme esperado. Buvé et al. (2018) reportaram velocidades de variação do parâmetro a* na faixa de 0,0073 a 0,0093 dias⁻¹ em sucos de morango pasteurizado durante a estocagem em 20°C, e em condições aceleradas (28°C a 42°C).

Observa-se, na Tabela 12, que o valor de Q₁₀ das amostras com maltodextrina foi elevado (4,34), indicando forte influência da temperatura na reação. Segundo Buvé et al. (2018), o fator de aceleração da variação do parâmetro a* para o suco de morango pasteurizado apresentou valores de 1,81, 2,98 e 4,78, para as temperaturas de 28°C, 35°C e 42°C. Segundo os autores, a variação do parâmetro a* foi a que apresentou maior sensibilidade à temperatura, dentre os outros parâmetros de cor. Os valores de tempo de meia vida da reação ($t_{1/2}$) obtidos no estudo variaram de 452 dias a 1908 dias.

A redução do parâmetro b^* (Figuras 28 a e b) indica que houve uma diminuição da coloração amarela característica da manga no armazenamento, em todas as situações avaliadas. O fato pode estar relacionado à degradação de pigmentos dos produtos, no caso, carotenoides e β -caroteno. De forma similar, Germer et al. (2014) verificaram redução do parâmetro b^* em mamão desidratado armazenado a 25°C e 35°C por 100 dias. Os autores também obtiveram ajuste da variação do parâmetro por modelo de ordem zero.

Os valores de R^2 para o modelo cinético do parâmetro b^* variaram de 0,83 a 0,97 (Tabela 12). As velocidades da reação (K) variaram de 0,0091 para 0,0643 dias⁻¹. O produto com amido a 25°C foi o que apresentou menor valor de K e, conseqüentemente, o maior tempo de meia vida ($t_{1/2}$) (Tabela 12). A reação na amostra com amido apresentou uma maior influência da temperatura ($Q_{10}= 2,84$) se comparado à amostra com maltodextrina ($Q_{10}: 2,53$).

Germer et al. (2014) obtiveram valores de K superiores (0,13 a 0,26 dias⁻¹) e por conseqüência, tempos de meia vida ($t_{1/2}$) inferiores (93 a 213 dias) em mamão desidratado. No entanto, os valores Q_{10} foram menores (1,11 e 2,30) aos obtidos no presente estudo.

Quanto à diferença de cor (ΔE), observou-se aumento do parâmetro ao longo do tempo de armazenamento, para todas as situações avaliadas. O melhor ajuste para a variação da diferença de cor (ΔE) com tempo foi obtido com modelo de ordem zero. A Figura 29 apresenta a variação da diferença de cor, ao longo do período de armazenamento dos produtos estudados, nas diferentes temperaturas, bem como os modelos cinéticos obtidos. A Tabela 13 apresenta os parâmetros cinéticos de degradação da diferença de cor nos diferentes tratamentos para o modelo de melhor ajuste.

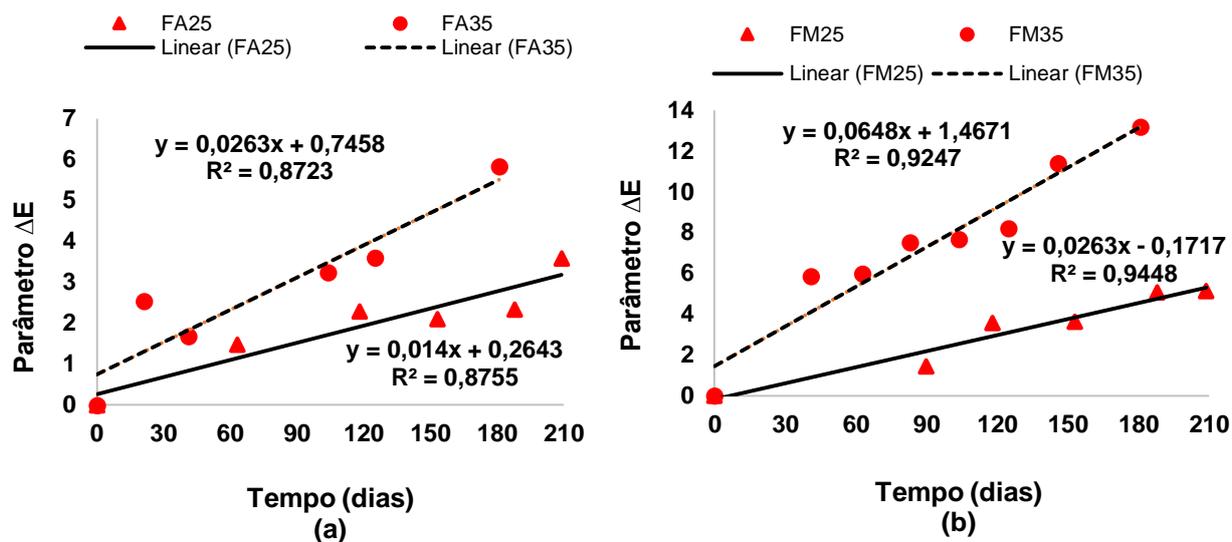


Figura 29 – Cinética da variação da diferença de cor (ΔE) dos flocos de manga com amido (a) e com maltodextrina 10DE (b) nas temperaturas 25°C e 35°C de armazenamento, em função do tempo.

Tabela 13 – Parâmetros cinéticos da diferença de cor (ΔE) dos flocos com amido regular (FA) e maltodextrina (FM)

Parâmetros	Produto	T (°C)	Ordem	K (dia ⁻¹)	Coefficiente Linear	R ²	Q ₁₀
ΔE	FA	25	0	0,0140	0,264	0,876	1,88
		35	0	0,0263	0,746	0,872	
	FM	25	0	0,0263	0,172	0,945	2,46
		35	0	0,0648	1,467	0,925	

A diferença de cor (ΔE) no tempo inicial é zero, e o valor aumenta continuamente, portanto não se aplicou o conceito de tempo de meia-vida ($t_{1/2}$).

Jay e Das (2005), por sua vez, obtiveram reação de primeira ordem para o aumento do ΔE ao longo do armazenamento de manga em pó obtida por secagem a vácuo.

De acordo com a Tabela 13, os coeficientes de correlação (R^2) dos modelos estiveram na faixa de 0,87 a 0,95. As velocidades de reação (K) para a diferença de cor variaram de 0,014 a 0,0648 dias⁻¹, respectivamente. Jay e Das (2005) obtiveram para o modelo de reação de ordem zero com R^2 de 0,80. No entanto, os autores relataram que o melhor ajuste se deu para reação de primeira ordem, com R^2 de 0,99, com valores de K de 0,038 dias⁻¹. Buvé et al. (2018) reportaram velocidades para a variação do ΔE de 0,0079 a 0,0097 dias⁻¹ para o suco de

morango pasteurizado em condições de estocagem de temperatura ambiente (20°C) e em condições aceleradas (28-42°C).

Quanto aos valores de Q_{10} , observa-se que a reação no produto com maltodextrina apresentou maior influência da temperatura do que no produto com amido. Moura et al. (2011) reportaram Q_{10} de aproximadamente 2 em geléia de morango e goiaba (baixa caloria), armazenada a 10°C e 25°C, por 180 dias. Buvé et al. (2018) reportaram fatores de aceleração da degradação da diferença de cor (ΔE) para o suco de morango pasteurizado de 1,83, 3,04 e 4,92 nas temperaturas 28°C, 35°C e 42°C em relação a temperatura de referência, de 20°C.

5.7. VARIAÇÃO DO CROMA E DO HUE DA COR DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

A variação dos valores do Cromo e do Hue dos diferentes flocos, nas condições de armazenamento empregadas, não obtiveram bons ajustes pelos diferentes modelos cinéticos. As Tabelas 5.13 e 5.14 apresentam os valores dos parâmetros calculados para os flocos de manga com amido e com maltodextrina, ao longo do armazenamento, nas temperaturas de 25°C e a 35°C.

Tabela 14 – Cromo e Hue dos flocos de manga com amido e maltodextrina a 25°C ao longo do armazenamento.

Tempo (dia)	Croma		Hue	
	FA25	FM25	FA25	FM25
0	72,81 ± 1,00 ^a	71,10 ± 1,62 ^a	79,93 ± 0,58 ^a	80,17 ± 0,31 ^a
27	68,81 ± 2,50 ^b	68,94 ± 2,19 ^{abc}	79,05 ± 0,59 ^{ab}	79,29 ± 0,51 ^b
63	71,42 ± 1,02 ^a	71,14 ± 1,68 ^a	79,54 ± 0,63 ^{ab}	78,79 ± 0,30 ^b
90	72,87 ± 1,39 ^a	70,07 ± 0,87 ^{ab}	78,68 ± 0,54 ^b	78,68 ± 0,34 ^b
118	71,11 ± 1,31 ^a	68,14 ± 2,35 ^{bc}	79,34 ± 0,43 ^{ab}	79,26 ± 0,55 ^b
153	71,39 ± 0,98 ^a	67,94 ± 1,03 ^{bc}	79,35 ± 0,43 ^{ab}	79,10 ± 0,51 ^b
188	70,89 ± 1,83 ^{ab}	66,67 ± 2,24 ^c	79,27 ± 0,46 ^{ab}	78,99 ± 0,50 ^b
209	70,91 ± 1,76 ^{ab}	66,72 ± 2,00 ^c	78,74 ± 0,42 ^b	78,90 ± 0,45 ^b

Médias com letras diferentes em uma mesma coluna, indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com o teste de Tukey. FA25: Flocos com amido regular no armazenamento a 25°C; FM25: Flocos com maltodextrina 10DE no armazenamento a 25°C.

Tabela 15 – Cromo e Hue dos flocos de manga com amido e com maltodextrina a 35°C ao longo do armazenamento

Tempo (dia)	Croma		Hue	
	FA35	FM35	FA35	FM35
0	72,81 ± 1,00 ^a	71,10 ± 1,61 ^a	79,93 ± 0,58 ^a	80,17 ± 0,31 ^a
21	71,59 ± 1,84 ^{ab}	70,28 ± 3,55 ^a	79,12 ± 0,52 ^{ab}	78,18 ± 0,62 ^b
41	70,91 ± 1,88 ^{ab}	69,97 ± 2,08 ^a	79,17 ± 0,44 ^{ab}	77,79 ± 0,71 ^{bc}
63	70,62 ± 0,75 ^{bc}	66,94 ± 1,61 ^{bc}	78,47 ± 0,44 ^{bc}	77,83 ± 0,59 ^{bc}
83	71,85 ± 1,02 ^{ab}	68,92 ± 2,49 ^{ab}	78,23 ± 0,18 ^c	77,13 ± 0,54 ^{cd}
104	71,67 ± 1,89 ^{ab}	63,00 ± 0,76 ^d	78,43 ± 0,58 ^{bc}	77,73 ± 0,47 ^{bc}
125	71,49 ± 1,19 ^{ab}	64,31 ± 2,11 ^{cd}	78,49 ± 0,49 ^{bc}	77,37 ± 0,43 ^{bcd}
146	68,24 ± 1,61 ^d	63,05 ± 1,22 ^d	78,04 ± 0,43 ^c	77,43 ± 0,41 ^{bcd}
181	68,80 ± 1,26 ^{cd}	62,20 ± 1,18 ^d	77,71 ± 0,39 ^c	76,65 ± 0,54 ^d

Médias com letras diferentes em uma mesma coluna, indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com o teste de Tukey. FA35: Flocos com amido regular no armazenamento a 35°C; FM35: Flocos com maltodextrina 10DE no armazenamento a 35°C.

Tonin et al. (2018) reportaram valores de Cromo de 61,4 a 68,4 em manga em pó obtida por *drum drying*, portanto, valores um pouco menores do que o apresentado no início do presente estudo. Observa-se na Tabela 14 que, para o produto com amido, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores de Cromo no início e final do período de armazenado na temperatura de 25°C. No caso do produto com maltodextrina, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) do Cromo no período, apresentando redução de aproximadamente 6%. Na temperatura de 35°C, ambos os produtos apresentaram redução significativa ($p \leq 0,05$) do Cromo no período, sendo de aproximadamente 6% para o produto com amido e de 13% para o produto com maltodextrina. A redução do parâmetro Cromo indica uma diminuição da intensidade da cor do produto, em decorrência, possivelmente, da degradação de pigmentos como os carotenoides (CAPARINO et al., 2012).

Quanto ao Hue (ângulo de tom), os valores apresentados nas Tabelas 14 e 15 estão próximos aos valores reportados por Caparino et al. (2012) (entre 60 e 80°), bem como por Tonin (2017) (entre 78 e 80), ambos para flocos de manga obtida por *drum drying*. Observa-se que os valores do início e do final do armazenamento apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$), nas duas temperaturas, para ambos os produtos. As reduções foram pequenas, de aproximadamente 2%, a exceção do produto com maltodextrina, na temperatura de

35°C, que foi de 4%. A diminuição de Hue indica uma redução da cor amarela em relação à coloração vermelha, e a causa pode ter sido a degradação dos carotenoides, ou um aumento relativo da cor vermelha causada por reação de Maillard ou por caramelização (TONIN, 2017).

5.8. VARIAÇÃO DA COR INSTRUMENTAL DAS POLPAS RECONSTITUÍDAS A PARTIR DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

As variações dos parâmetros de cor da polpa reconstituída dos diferentes flocos, nas condições de armazenamento empregadas, não obtiveram bons ajustes pelos diferentes modelos cinéticos. As Tabelas 16 e 17 apresentam os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido e com maltodextrina, ao longo do armazenamento, nas temperaturas de 25 e 35°C.

Tabela 16 – Parâmetros de cor L*, a* e b* das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 25°C

T (°C)	Tempo (dia)	FA		
		L*	a*	b*
25	0	46,10 ± 0,32 ^c	2,76 ± 0,14 ^c	36,04 ± 0,44 ^a
	27	46,77 ± 0,20 ^{ab}	3,60 ± 0,07 ^{ab}	35,89 ± 0,21 ^{ab}
	63	46,32 ± 0,29 ^{bc}	3,62 ± 0,04 ^{ab}	35,37 ± 0,99 ^{ab}
	90	45,24 ± 0,37 ^d	3,01 ± 0,11 ^c	35,16 ± 0,46 ^b
	118	45,95 ± 0,30 ^c	2,89 ± 0,09 ^c	35,64 ± 0,41 ^{ab}
	153	44,50 ± 0,34 ^e	3,00 ± 0,07 ^c	34,14 ± 0,50 ^c
	188	47,22 ± 0,18 ^a	3,77 ± 0,08 ^a	35,72 ± 0,09 ^{ab}
	209	44,96 ± 0,34 ^a	3,21 ± 0,13 ^{bc}	34,32 ± 0,19 ^c
			FM	
	0	45,82 ± 0,59 ^{ab}	2,80 ± 0,34 ^b	35,76 ± 0,44 ^a
	27	46,32 ± 0,21 ^a	3,26 ± 0,15 ^{ab}	34,51 ± 0,20 ^b
	63	45,46 ± 0,29 ^{bc}	3,46 ± 0,12 ^a	33,64 ± 0,29 ^c
	90	44,44 ± 0,18 ^{de}	2,88 ± 0,13 ^b	33,09 ± 0,55 ^{cd}
	118	45,80 ± 0,33 ^{ab}	2,76 ± 0,06 ^b	34,83 ± 0,28 ^b
	153	43,12 ± 0,49 ^f	2,95 ± 0,13 ^{ab}	34,37 ± 0,31 ^b
	188	44,99 ± 0,32 ^{cd}	3,01 ± 0,10 ^{ab}	33,23 ± 0,18 ^{cd}
	209	43,76 ± 0,33 ^{ef}	3,19 ± 0,11 ^{ab}	32,53 ± 0,37 ^d

Médias com letras diferentes em uma mesma coluna para o mesmo produto, indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com o teste de Tukey.

Tabela 17 – Parâmetros de cor L*, a* e b* das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 35°C.

T (°C)	Tempo (dia)	FA		
		L*	a*	b*
35	0	46,10 ± 0,32 ^b	2,76 ± 0,14 ^d	36,04 ± 0,44 ^a
	21	44,70 ± 0,39 ^c	3,28 ± 0,14 ^{abcd}	34,37 ± 0,58 ^{cd}
	41	44,66 ± 0,72 ^c	3,49 ± 0,21 ^{abc}	34,61 ± 0,17 ^{cd}
	63	45,84 ± 0,72 ^b	3,62 ± 0,30 ^{abc}	34,69 ± 0,46 ^{bc}
	83	45,79 ± 0,32 ^b	3,19 ± 0,13 ^{bcd}	35,91 ± 0,67 ^a
	104	47,12 ± 0,31 ^a	3,83 ± 0,08 ^a	35,46 ± 0,25 ^{ab}
	125	44,13 ± 0,37 ^{cd}	3,12 ± 0,09 ^{cd}	32,83 ± 0,08 ^f
	146	44,24 ± 0,37 ^{cd}	3,35 ± 0,20 ^{abc}	33,84 ± 0,45 ^{de}
	181	43,71 ± 0,35 ^d	3,69 ± 0,05 ^{ab}	33,13 ± 0,53 ^{ef}
		FM		
	0	45,82 ± 0,59 ^b	2,80 ± 0,33 ^b	35,76 ± 0,44 ^a
	21	44,28 ± 0,41 ^d	3,28 ± 0,09 ^{ab}	33,85 ± 0,48 ^b
	41	44,70 ± 0,38 ^{cd}	3,30 ± 0,18 ^{ab}	33,62 ± 0,40 ^b
	63	46,12 ± 0,23 ^b	3,80 ± 0,12 ^a	33,65 ± 0,13 ^b
	83	45,02 ± 0,29 ^c	2,94 ± 0,21 ^b	33,67 ± 0,40 ^b
	104	46,84 ± 0,23 ^a	3,61 ± 0,20 ^a	33,88 ± 0,31 ^b
	125	43,09 ± 0,25 ^e	2,88 ± 0,09 ^b	30,43 ± 0,36 ^d
	146	43,41 ± 0,32 ^e	3,30 ± 0,13 ^{ab}	31,44 ± 0,80 ^c
	181	43,05 ± 0,18 ^e	3,58 ± 0,10 ^a	30,12 ± 0,41 ^d

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), para o mesmo tratamento, de acordo com o teste de Tukey.

As médias dos parâmetros L^* e b^* para ambas as polpas reconstituídas preparadas com os flocos armazenados a 25°C e 35°C apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) no início e no final do estudo. Houve diminuição do parâmetro L^* , indicando escurecimento. A causa desse escurecimento pode ser a reação de Maillard (GERMER et al., 2018). A diminuição de L^* foi superior para a polpa reconstituída a partir dos flocos com maltodextrina, de 4,5% (25°C) e 6,1% (35°C), respectivamente. A polpa reconstituída a partir dos flocos com amido apresentaram uma redução de aproximadamente 3% e 5%, no armazenamento a 25°C e 35°C, respectivamente. O parâmetro b^* apresentou redução, indicando que a polpa reconstituída preparada com ambos os flocos perdeu a intensidade da coloração amarela ao longo do armazenamento. Alighourchi e Barzegar (2009) também relataram uma diminuição de L^* e b^* para o suco reconstituído de romã durante o armazenamento a 20°C e 37°C, durante 210 dias.

O parâmetro a^* da polpa reconstituída não apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$), para ambos os flocos, entre o início e o final do armazenamento a 25°C. Por outro lado, na temperatura de 35°C, para ambos os produtos, as polpas reconstituídas se apresentaram mais avermelhadas no final do estudo. De forma similar, Buvé et al. (2018) observaram uma intensificação da coloração vermelha com o aumento de a^* para o suco de morango pasteurizado durante o armazenamento. Megías-Pérez et al. (2014) relatam que a degradação da vitamina C durante a estocagem, por degradação térmica ou por ação aeróbica ou anaeróbica, pode contribuir para a formação de compostos de coloração amarronzada.

Os valores observados na reconstituição da polpa para ambos os flocos estão próximos da faixa obtida no estudo de Tonin et al. (2018). Os autores relataram uma faixa de variação do parâmetro a^* de 2,8 a 3,7 para a polpa reconstituída com o pó de manga para diferentes coadjuvantes.

As Tabelas 18 e 19 apresentam os valores de Croma e Hue das polpas reconstituídas a partir dos flocos de manga com amido e maltodextrina, ao longo do armazenamento, nas duas temperaturas avaliadas.

Tabela 18 – Cromo e Hue das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 25°C.

T (°C)	Tempo (dia)	FA		FM	
		Croma	Hue	Croma	Hue
25	0	36,14 ± 0,45 ^a	85,62 ± 0,21 ^a	35,87 ± 0,44 ^a	85,52 ± 0,55 ^a
	27	36,08 ± 0,21 ^{ab}	84,27 ± 0,10 ^{de}	34,67 ± 0,20 ^b	84,60 ± 0,24 ^{bcd}
	63	35,55 ± 0,99 ^{ab}	84,16 ± 0,15 ^{de}	33,81 ± 0,29 ^{cd}	84,13 ± 0,20 ^d
	90	35,29 ± 0,45 ^{bc}	85,10 ± 0,20 ^{abc}	33,22 ± 0,55 ^d	85,02 ± 0,20 ^{ab}
	118	35,76 ± 0,41 ^{ab}	85,36 ± 0,13 ^{ab}	34,94 ± 0,28 ^b	85,47 ± 0,12 ^a
	153	34,27 ± 0,49 ^d	84,98 ± 0,17 ^{bc}	34,50 ± 0,31 ^{bc}	85,09 ± 0,21 ^{ab}
	188	35,92 ± 0,09 ^{ab}	83,97 ± 0,13 ^e	33,37 ± 0,33 ^d	84,83 ± 0,14 ^{bc}
	209	34,47 ± 0,19 ^{cd}	84,66 ± 0,20 ^{cd}	34,42 ± 0,37 ^{bc}	84,40 ± 0,22 ^{cd}

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), de acordo com o teste de Tukey.

Tabela 19 – Cromo e Hue das polpas reconstituída a partir dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 35°C.

T (°C)	Tempo (dia)	FA		FM	
		Croma	Hue	Croma	Hue
35	0	36,14 ± 0,45 ^a	85,62 ± 0,21 ^a	35,87 ± 0,44 ^a	85,52 ± 0,55 ^a
	21	34,53 ± 0,58 ^{cd}	84,55 ± 0,23 ^{bc}	34,01 ± 0,48 ^b	84,47 ± 0,20 ^{bcd}
	41	34,79 ± 0,18 ^{cd}	84,24 ± 0,33 ^{cde}	33,78 ± 0,40 ^b	84,40 ± 0,29 ^{bcd}
	63	34,88 ± 0,49 ^{bc}	84,05 ± 0,43 ^{cde}	33,87 ± 0,13 ^b	83,55 ± 0,21 ^{ef}
	83	36,05 ± 0,67 ^a	84,92 ± 0,18 ^b	33,80 ± 0,40 ^b	85,02 ± 0,38 ^{ab}
	104	35,67 ± 0,25 ^{ab}	83,83 ± 0,14 ^{de}	34,07 ± 0,32 ^b	83,91 ± 0,31 ^{de}
	125	32,98 ± 0,34 ^f	84,56 ± 0,16 ^{bc}	30,57 ± 0,36 ^d	84,59 ± 0,19 ^{bc}
	146	34,01 ± 0,44 ^{de}	84,35 ± 0,35 ^{bcd}	31,61 ± 0,79 ^c	84,00 ± 0,31 ^{cde}
	181	33,34 ± 0,52 ^{ef}	83,65 ± 0,18 ^e	30,33 ± 0,41 ^d	83,22 ± 0,16 ^f

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), de acordo com o teste de Tukey.

Os valores de Cromo e o Hue das polpas reconstituídas a partir dos flocos com amido e maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tempos iniciais e finais, em ambas as temperaturas. Os valores de Cromo das polpas reconstituídas apresentaram-se dentro da faixa de 32,98 a 36,14 e de 30,3 a 35,9, para os produtos reconstituídos com amido e maltodextrina. Valores próximos ao obtido por Tonin et al. (2018), que reportaram uma faixa de 35,5 a 37,6 para o parâmetro croma da polpa reconstituída a partir de flocos de manga com diferentes aditivos.

A diminuição do parâmetro Cromo ao longo do tempo indicam uma redução da intensidade de cor do produto no armazenamento. Os produtos armazenados a 25°C apresentaram uma pequena redução de Cromo, de aproximadamente 4%. No entanto, nos flocos com maltodextrina armazenados a 35°C a redução do

parâmetro foi maior, de aproximadamente 15%. A diminuição do parâmetro Hue, por sua vez, indica a redução da coloração amarela e um aumento da cor vermelha no produto ao longo do armazenamento. Os flocos armazenados a 25°C apresentaram uma pequena redução do Hue, de aproximadamente 1% e nos flocos com maltodextrina a 35°C observou-se uma redução de 3%.

5.9. VARIÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS DOS FLOCOS DE MANGA NO ARMAZENAMENTO

As variações dos teores de polifenóis totais dos diferentes flocos, nas condições de armazenamento empregadas, não obtiveram bons ajustes pelos diferentes modelos cinéticos. As Tabelas 20 e 21 apresentam os teores dos compostos fenólicos totais dos flocos de manga obtidos com amido e com maltodextrina ao longo do armazenamento a 25°C e 35°C, respectivamente.

Tabela 20 – Teores de fenólicos totais dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) ao longo armazenamento a 25°C.

Temperatura (°C)	Tempo (dias)	Teor de compostos fenólicos totais (mg de ácido gálico/100g b.s.)	
		FA	FM
25°C	0	399,59 ± 6,58 ^{cd}	398,62 ± 3,40 ^b
	27	374,96 ± 2,02 ^e	383,70 ± 1,90 ^c
	63	391,54 ± 2,14 ^d	369,13 ± 9,82 ^d
	90	420,52 ± 0,82 ^{ab}	417,45 ± 5,50 ^a
	118	405,75 ± 14,76 ^{bc}	374,22 ± 3,54 ^{cd}
	153	428,80 ± 4,09 ^a	382,30 ± 4,74 ^c
	188	433,77 ± 2,75 ^a	408,01 ± 2,79 ^{ab}
	209	435,31 ± 2,17 ^a	398,94 ± 3,82 ^b

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), de acordo com o teste de Tukey.

Tabela 21 – Teores de compostos fenólicos totais dos flocos de manga com amido e maltodextrina ao longo do armazenamento a 35°C.

Temperatura (°C)	Tempo (dias)	Teor de compostos fenólicos totais (mg de ácido gálico/100g b.s.)	
		FA	FM
35°C	0	399,59 ± 6,58 ^{cd}	398,62 ± 3,41 ^{ab}
	21	397,89 ± 3,28 ^{cd}	405,69 ± 17,63 ^a
	41	396,89 ± 4,86 ^{cd}	379,77 ± 7,46 ^{bc}
	63	381,24 ± 0,87 ^e	382,95 ± 1,58 ^{bc}
	83	374,45 ± 0,89 ^e	367,41 ± 3,01 ^c
	104	404,31 ± 1,54 ^c	385,43 ± 3,87 ^b
	125	427,02 ± 3,22 ^a	394,76 ± 0,91 ^{ab}
	146	415,85 ± 1,37 ^b	388,84 ± 2,44 ^{ab}
	181	391,79 ± 3,30 ^d	384,44 ± 9,45 ^{bc}

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), de acordo com o teste de Tukey.

Observa-se que, em nenhuma situação avaliada, os teores de compostos fenólicos tiveram um padrão definido de variação ao longo do tempo. Na temperatura de 25°C, as médias final e inicial do produto com amido apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), com um aumento de aproximadamente 9%. Possivelmente, o aumento observado ocorreu devido à reação de Maillard estabelecida entre açúcares e aminoácidos. A reação de escurecimento não enzimático resulta, dentre outros produtos como alguns compostos fenólicos (TONON et al., 2010).

Para o produto com maltodextrina, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias do início e do final do armazenamento a 25°C.

Na temperatura de 35°C, tanto no produto com amido, como no produto com maltodextrina, as médias iniciais e finais não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). Nesse caso, possivelmente não houve a produção de compostos fenólicos pela reação de Maillard, anteriormente mencionada, ou a mesma foi equilibrada pela degradação dos mesmos na temperatura mais alta.

5.10. VARIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FLOCOS DE MANGA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

Da mesma forma que para os compostos fenólicos, as variações da atividade antioxidante dos diferentes produtos, nas condições de armazenamento empregadas, não obtiveram bons ajustes pelos diferentes modelos cinéticos. As Tabelas 22 e 23 apresentam as médias das atividades antioxidantes, determinadas pelos métodos ABTS e DPPH, dos flocos de manga com amido e com maltodextrina, ao longo do armazenamento, nas temperaturas de 25°C e 35°C.

Tabela 22 – Atividades antioxidante dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 25°C, determinadas pelos métodos ABTS e DPPH.

T (°C)	Tempo (dias)	ABTS		DPPH	
		(µmol TE .g ⁻¹ b.s.)		(µmol TE .g ⁻¹ b.s.)	
		FA	FM	FA	FM
25	0	41,83 ± 0,74 ^b	41,74 ± 0,50 ^b	31,67 ± 0,27 ^d	30,94 ± 0,47 ^e
	27	40,24 ± 1,94 ^{bc}	38,13 ± 0,75 ^c	31,35 ± 0,74 ^d	32,35 ± 0,40 ^d
	63	35,34 ± 2,30 ^e	34,69 ± 2,62 ^d	35,34 ± 0,24 ^{ab}	34,63 ± 0,66 ^a
	90	35,56 ± 1,58 ^{de}	33,90 ± 1,63 ^d	33,86 ± 0,20 ^c	32,72 ± 0,37 ^{cd}
	118	39,87 ± 1,20 ^{bcd}	43,24 ± 0,82 ^b	33,96 ± 0,40 ^{bc}	33,24 ± 0,17 ^{bcd}
	153	37,87 ± 0,55 ^{cde}	43,24 ± 0,43 ^b	33,79 ± 0,68 ^c	34,14 ± 0,23 ^{ab}
	188	42,55 ± 0,20 ^b	41,14 ± 0,28 ^b	32,14 ± 0,59 ^d	30,76 ± 0,33 ^e
	209	48,01 ± 0,81 ^a	47,76 ± 1,42 ^a	35,73 ± 0,76 ^a	33,67 ± 0,48 ^{abc}

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), de acordo com o teste de Tukey.

Tabela 23 – Atividades antioxidante dos flocos de manga com amido (FA) e maltodextrina (FM) ao longo do armazenamento a 35°C, determinadas pelos métodos ABTS e DPPH.

T (°C)	Tempo (dias)	ABTS		DPPH	
		(µmol TE .g ⁻¹ b.s.)		(µmol TE .g ⁻¹ b.s.)	
		FA35	FM35	FA35	FM35
35	0	41,83 ± 0,74 ^{abc}	41,74 ± 0,50 ^a	31,67 ± 0,27 ^d	30,94 ± 0,47 ^e
	21	38,19 ± 1,23 ^{de}	36,29 ± 1,09 ^d	28,73 ± 0,31 ^e	27,23 ± 0,14 ^f
	41	40,92 ± 1,16 ^{bcd}	33,01 ± 0,55 ^f	37,63 ± 0,24 ^a	36,58 ± 0,35 ^a
	63	35,12 ± 1,61 ^e	35,57 ± 1,86 ^{de}	34,88 ± 0,21 ^{bc}	34,74 ± 0,10 ^b
	83	44,15 ± 3,30 ^a	41,24 ± 1,48 ^{ab}	18,94 ± 2,19 ^f	32,59 ± 0,49 ^{cd}
	104	43,38 ± 1,74 ^{ab}	33,66 ± 0,03 ^{ef}	34,05 ± 0,25 ^c	33,75 ± 0,48 ^{bc}
	125	39,77 ± 0,43 ^{cd}	39,22 ± 0,59 ^{bc}	36,17 ± 0,26 ^{ab}	31,54 ± 0,29 ^{de}
	146	40,36 ± 0,73 ^{bcd}	37,74 ± 0,43 ^{cd}	34,05 ± 0,31 ^c	32,47 ± 0,48 ^d
	181	38,71 ± 0,37 ^{cd}	35,32 ± 0,39 ^{def}	33,53 ± 0,25 ^{cd}	27,33 ± 0,46 ^f

Médias na mesma coluna com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$), de acordo com o teste de Tukey.

As variações das atividades antioxidantes não apresentaram um padrão definido ao longo do tempo de armazenamento, para ambos os produtos e metodologias utilizadas, nas duas condições de armazenamento. Houve flutuações dos valores determinados. O comportamento foi similar ao observado para os compostos fenólicos totais, e anteriormente apresentado.

Na temperatura de armazenamento de 25°C, para os dois métodos utilizados (ABTS e DPPH), observou-se uma tendência de aumento da atividade antioxidante dos flocos. As médias finais e iniciais, para cada produto e metodologia empregada, apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Segundo Ferrari et al. (2013), o aumento da atividade antioxidante no armazenamento pode ser devido à reação de Maillard, que resulta na formação de compostos que contribuem para atividade antioxidante.

Na temperatura de 35°C, para o produto com amido, as atividades antioxidante inicial e final não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, tanto pelo método ABTS, como pelo método DPPH. Moser et al. (2017) reportaram que o tempo e a temperatura não influenciaram a atividade antioxidante do pó microencapsulado do suco de uva (vermelha violeta BRS), nas condições de 5, 25 e 35°C, ao longo dos 150 dias de armazenamento. Segundo os autores, a degradação das antocianinas e de ácidos fenólicos, formando compostos antioxidantes de baixo peso molecular, tais como procianidinas, podem ter impactado a atividade antioxidante do produto. No entanto, para o produto com maltodextrina, de acordo com a Tabela 23, houve uma redução significativa das capacidades antioxidantes, equivalente a aproximadamente 15%.

5.11. DENSIDADE APARENTE, ABSOLUTA E POROSIDADE DOS FLOCOS DE MANGA

Na Tabela 24 estão apresentados os resultados de densidade aparente, absoluta e porosidade dos flocos de manga avaliados no início e no final do armazenamento.

Tabela 24 – Densidade aparente, absoluta e porosidade dos flocos de manga com amido (FA) e com maltodextrina (FM) no início e no final do armazenamento a 25°C e 35°C.

Produtos	T (°C)	Densidade aparente (g/ml)	Densidade absoluta (g/ml)	Porosidade (%)
Tempo inicial				
FA	25	0,520 ± 0,034 ^{aABC}	1,222 ± 0,026 ^{aA}	57,44 ± 3,39 ^{bBC}
FM		0,467 ± 0,018 ^{aC}	1,267 ± 0,038 ^{aA}	63,17 ± 1,17 ^{aA}
FA	35	0,520 ± 0,034 ^{aABC}	1,222 ± 0,026 ^{aA}	57,44 ± 3,39 ^{bBC}
FM		0,467 ± 0,018 ^{aC}	1,267 ± 0,038 ^{aA}	63,17 ± 1,17 ^{aA}
Tempo final				
FA	25	0,542 ± 0,03 ^{aAB}	1,238 ± 0,039 ^{abA}	56,20 ± 2,09 ^{bcBC}
FM		0,490 ± 0,012 ^{bBC}	1,260 ± 0,034 ^{aA}	61,08 ± 1,68 ^{aA}
FA	35	0,525 ± 0,018 ^{abAB}	1,257 ± 0,034 ^{abA}	58,20 ± 2,43 ^{abABC}
FM		0,562 ± 0,029 ^{aA}	1,198 ± 0,022 ^{bA}	53,09 ± 2,94 ^{cC}

As letras (minúsculas) comparam, na mesma coluna, no mesmo período de tempo, os diferentes produtos e temperaturas de armazenamento. As letras diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com o teste de Tukey.

As letras (Maiúsculas) comparam, na mesma coluna, os mesmos tratamentos nos tempos diferentes. As letras diferentes indicam diferenças significativas a $p \leq 0,05$, de acordo com o teste de Tukey.

Observa-se, no início do estudo, que os valores de densidade aparente dos diferentes flocos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si. Para os flocos de amido, as densidades aparentes dos tempos iniciais e finais não diferiram significativamente ($p > 0,05$), nas duas temperaturas, ficando na faixa de 0,520 a 0,542 g/mL. Por outro lado, as densidades aparentes dos flocos com maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na temperatura de 35°C, entre o início e final do armazenamento. O comportamento se deve à aglomeração anteriormente citada (item 5.5). Os valores variaram de 0,467 a 0,562 g/mL. As densidades aparentes dos flocos com maltodextrina não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre o início e final do armazenamento a 25°C. Caparino et al.(2012) relataram valores de densidade aparente entre 0,75 g/mL a 0,85 g/mL para pós de manga obtidos por *drum drying* com diferentes tamanhos de partículas (180 μm a 500 μm). Jittanit et al. (2011), por sua vez, reportaram densidades aparentes na faixa de 0,478 g/ml a 0,816 g/ml para pós de tamarindo obtidos *drum drying* com maltodextrina e goma arábica.

Observa-se, no início do estudo, que os valores de densidade absoluta dos diferentes flocos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre si. Não houve, tampouco, diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os valores de densidade absoluta, para cada produto, entre o início e final do armazenamento. As médias das densidades absolutas ficaram, para ambos os produtos, na faixa de 1,198 g/mL a 1,267g/mL.

Em relação à porosidade, os flocos apresentaram no início do armazenamento diferenças significativas ($p \leq 0,05$), sendo que para o produto com maltodextrina, o valor foi superior. Para o produto com amido, não houve diferença entre os valores do início e do final do armazenamento, em ambas as temperaturas, sendo que as médias ficaram entre 56,19 a 58,19 %. Para o produto com maltodextrina a 25°C, no entanto, não houve diferença significativa entre os valores do início e do final de armazenamento, e os valores ficaram entre 61,08 e 63,17%. Por outro lado, na temperatura de 35°C, as porosidades dos flocos com maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre o início e final do armazenamento, ficando na faixa de 53,09 a 63,17%. O comportamento se deve à aglomeração anteriormente citada (item 5.5).

No estudo de Zotarelli et al. (2017) foram relatados valores de densidade absoluta de 1,28 g/ml a 1,80 g/ml e porosidade variando entre 38% e 70% para a manga em pó obtida por *cast drying* e *spray drying*, respectivamente. Os resultados relatados pelos autores estão próximos ao observados no presente trabalho.

A densidade e a porosidade das partículas são propriedades físicas importantes para a estabilidade de produtos alimentícios secos, tais como pós e flocos, durante o armazenamento. Os pós/flocos com alta porosidade e baixa densidade aparente apresentam um maior número de espaços vazios, e maior quantidade de ar ocluído entre as partículas. Nesse caso, a probabilidade de ocorrer reações de oxidação no produto é maior, reduzindo a sua estabilidade durante a vida de prateleira (ZOTARELLI et al., 2017).

Caparino et al. (2012) relacionaram a redução do tamanho da partícula e da porosidade com o aumento da densidade aparente. A densidade aparente geralmente aumenta com a diminuição do tamanho de partículas, visto que a presença de partículas menores acarreta uma menor quantidade de espaços entre as mesmas. Consequentemente, o volume ocupado pelo produto será menor,

resultando em maior densidade aparente. Pode-se observar, no presente trabalho, que os flocos de manga com maltodextrina, no final do armazenamento a 35°C, apresentaram o menor diâmetro médio de partícula (Tabela 8), provocado pela quebra dos aglomerados formados para a realização das análises, conforme exposto anteriormente (item 5.5), resultando na menor porosidade e na maior densidade aparente observada (Tabela 24).

5.12. MORFOLOGIA DOS FLOCOS DE MANGA

A morfologia das partículas dos flocos de manga com amido e com maltodextrina, no início e no final do armazenamento a 25°C e 35°C, é ilustrada nas Figuras 30 e 31, onde são apresentadas as fotos obtidas através da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

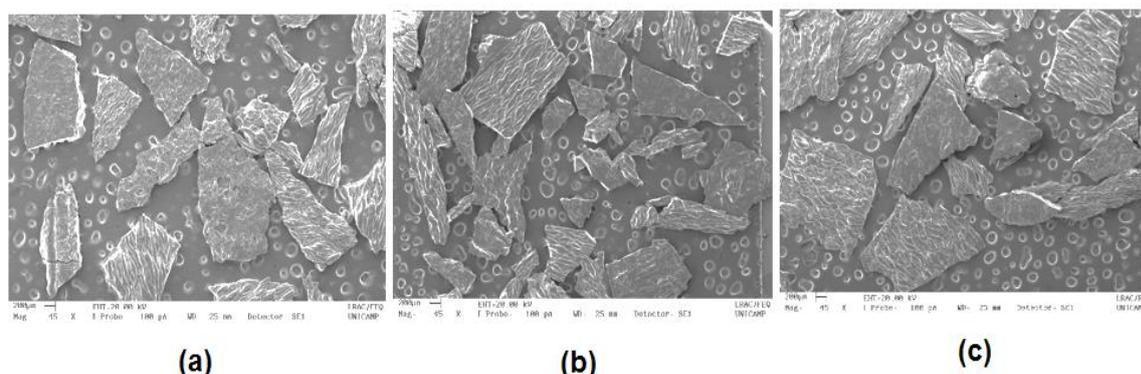


Figura 30 – Micrografias com ampliação de 45x dos flocos de manga com amido (a) no início e no final do armazenamento a 25°C (b) e 35°C (c).

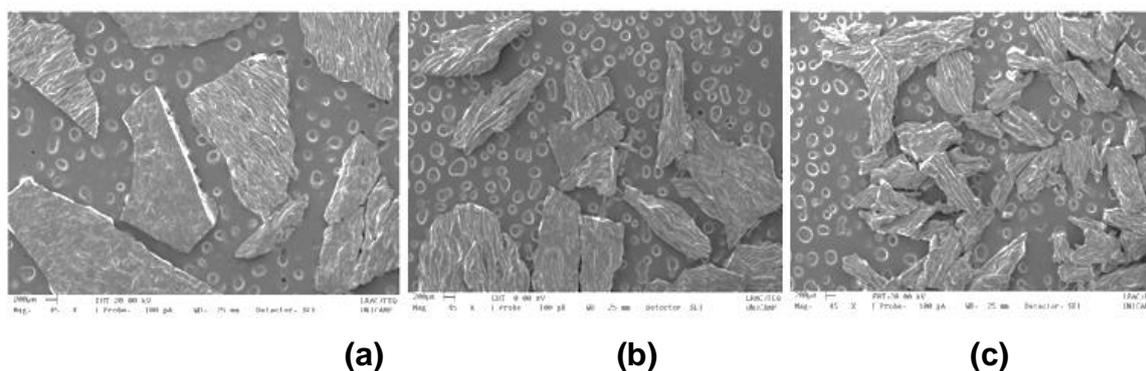


Figura 31 – Micrografias com ampliação de 45x dos flocos de manga com maltodextrina (a) no início e no final do armazenamento a 25°C (b) e 35°C (c).

Observa-se, nas Figuras 30 (a) e 31 (a), que ambos os flocos no início do estudo apresentam formatos irregulares, compactos e com texturas diferentes nos dois lados. De acordo com Germer et al. (2018), o lado liso se refere à parte do filme que esteve em contato com o rolo. O lado rugoso, por sua vez, se refere ao lado que esteve livre na secagem, mostrando, ao que parece, grânulos esticados. De acordo com Vallous et al. (2002), esses grânulos são as estruturas formadas com a gelatinização do amido e da maltodextrina no processo de *Drum drying*. Germer et al. (2018) e Caparino et al. (2012) reportaram formatos similares para a polpa de manga desidratada por *drum drying*.

No geral, os flocos não apresentaram mudanças físicas entre o início e o final do armazenamento (Figuras 30 e 31). É notável, entretanto, a diferença da imagem da Figura 31 (c) com as demais, onde verificam-se partículas menores. O comportamento está de acordo com os resultados apresentados e discutidos quanto ao ensaio de tamanho de partículas (item 5.5), visto ser a mesma amostra.

Caparino et al (2012), em estudo sobre diferentes tipos de secagem para a polpa de manga, reportaram que o pó obtido por *drum drying* apresentou uma superfície compacta e rígida, e as partículas do *spray drying* mostraram formas esféricas e ocas, com uma superfície fina e lisa. Nos ensaios de higroscopicidade, no entanto, realizado em umidade relativa de 75,5% (23°C/ 7 dias, os autores mostraram, através de micrografias, que os pós de manga obtidos por *spray drying* apresentaram, ao final do ensaio, estruturas relativamente visíveis (superfícies e arestas), indicando uma baixa absorção de umidade. Quanto ao pó obtido por *drum drying*, as micrografias mostraram, ao final do ensaio, que as estruturas das partículas apresentaram aspecto de dissolução com a umidade absorvida. O resultado, segundo os autores, confirmaram o maior valor de higroscopicidade obtido no trabalho pelo pó de manga seco em *drum drying*, em comparação com o produto obtido por *spray drying*. Ressalta-se, no entanto, que o *drum drying* de polpa de manga no estudo em questão foi realizado sem coadjuvantes de processo, ao passo que no *spray drying*, maltodextrina foi acrescentada à polpa de manga (25% bs).

6. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido permite as seguintes conclusões:

1. Os flocos obtidos por *drum drying* empregando como coadjuvantes amido regular e maltodextrina 10DE resultaram em baixas atividades de água (~0,25) e teores de umidade (1,73%; 2,89%). O processo resultou em alta retenção de carotenoides totais (13,66 mg/ 100 g; 14,13 mg/ 100 g) e β -caroteno (6,11 mg/ 100 g; 6,21 mg/ 100 g). O mesmo aconteceu com a capacidade antioxidante. Quanto aos polifenóis totais houve redução no processo de secagem para ambos os coadjuvantes empregados, da ordem de ~5%. Quanto à vitamina C, observou-se uma redução importante de aproximadamente 67%, sendo que os flocos com os diferentes coadjuvantes apresentaram teores similares. Quanto à cor, observaram-se aumentos nos parâmetros da determinação instrumental, relacionados à concentração de pigmentos devido à retirada da água. Os flocos obtidos com diferentes coadjuvante apresentaram pequenas diferenças entre si quanto aos parâmetros de cor.

2. O modelo matemático que melhor descreve as isotermas de sorção experimentais dos produtos obtidos é o modelo de GAB. Os valores de R^2 variaram de 0,93 a 0,99. Os valores de umidade da monocamada (X_m) obtidos por esse modelo foram de 6,4% e 6,9% para os flocos com amido e maltodextrina a 25°C, respectivamente. Na temperatura de 35°C, para ambos os flocos, os valores foram de aproximadamente 5,7%. Esses valores correspondem às umidades críticas observadas experimentalmente no levantamento das isotermas. As isotermas apresentaram formato sigmoidal, sendo classificadas como do tipo III, característico de alimentos com altos teores de açúcares e sal. O aumento da temperatura resultou na diminuição da umidade crítica, ou da monocamada, ou seja, a estabilidade dos produtos à umidade relativa foi reduzida. De acordo com as isotermas de sorção, o produto obtido com maltodextrina mostrou ser ligeiramente mais higroscópico do que o produto no qual o amido foi empregado como coadjuvante, nas duas temperaturas analisadas.

3. As temperaturas de transição vítrea dos flocos com amido e maltodextrina apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre si, sendo que

a média para o produto com maltodextrina (~37°C) se apresentou superior ao valor observado para o produto com amido (~31°C).

4. Ao longo do período de armazenamento dos produtos, nas diferentes temperaturas, observaram-se aumentos do teor de umidade e da atividade de água. No entanto, os mesmos foram considerados baixos frente a outros estudos. Ao final do estudo, os flocos com maltodextrina apresentaram maiores valores de atividade de água (25°C: 0,296; 35°C: 0,283) e de teores de umidade (25°C: 3,21%; 35°C: 3,12%) em relação as amostras com amido (A_w : 25°C: 0,273; 35°C: 0,266 e umidade: 25°C: 2,24; 35°C: 1,94).

5. Os flocos de manga com amido armazenados a 25°C e 35°C e os flocos com maltodextrina a 25°C, apresentaram, no início e no final do armazenamento, uma distribuição monomodal de tamanho de partícula, sendo que o diâmetro médio não variou com o tempo. Os flocos com maltodextrina no final do armazenamento a 35°C não acompanharam o comportamento dos demais produtos. O produto em questão apresentou um diâmetro significativamente menor em relação aos outros devido ao peneiramento necessário para a análise em função da aglomeração ocorrida.

6. A cinética de degradação da vitamina C dos flocos de manga obtidos com amido e com maltodextrina 10DE, seguiu reação de primeira ordem, para as duas temperaturas avaliadas. Os coeficientes de determinação (R^2) dos ajustes variaram de 0,92 a 0,96. As velocidades de reação (k) variaram de 0,0205 a 0,0256 dia^{-1} , e foram maiores para o produto com maltodextrina na temperatura de 35°C. A reação é pouco sensível à temperatura, sendo que o Q_{10} obtido para os flocos com maltodextrina (1,23) foi ligeiramente maior do que o Q_{10} obtido para a amostra com amido (1,17). Os tempos de meia vida variaram de 27 a 34 dias aproximadamente, sendo menores para a temperatura de 35°C.

7. A degradação dos carotenoides totais para os produtos com amido e maltodextrina ao longo do período estudado seguiu cinética de 1° ordem. Para os carotenoides totais os coeficientes de determinação (R^2) estiveram entre 0,84 a 0,97. As velocidades de reação (k) variaram de 0,0009 a 0,0019 dia^{-1} , e foram maiores para o produto com maltodextrina. A reação não é sensível à temperatura para o produto com amido ($Q_{10} = 1$), porém a mesma apresenta influência da temperatura para o produto com maltodextrina ($Q_{10} = 1,36$). O tempo de meia vida

foi de 770 dias para o produto com amido, nas duas temperaturas avaliadas. No produto com maltodextrina, o parâmetro foi de 365 e 495 dias nas temperaturas de 35 e 25°C, respectivamente.

8. Quanto ao β -caroteno, o comportamento da variação também seguiu modelo de 1ª ordem ao longo do armazenamento. Os coeficientes de determinação (R^2) estiveram entre 0,72 a 0,99. As velocidades de reação (k) variaram de 0,0007 a 0,0016 dia^{-1} , e foram maiores para o produto com maltodextrina. A reação não é sensível à temperatura para o produto com amido ($Q_{10} \sim 1$), porém a mesma apresenta influência da temperatura para o produto com maltodextrina ($Q_{10}=1,46$). O tempo de meia vida foi de 866 e 990 dias para o produto com amido, nas temperaturas de 25 e 35°C. No produto com maltodextrina, o parâmetro foi de 630 e 433 dias nas temperaturas de 35 e 25°C, respectivamente.

9. Os flocos ao final do armazenamento se apresentaram mais escuros, avermelhados e com uma redução do componente amarelo da cor. A cinética de degradação dos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* e ΔE dos flocos de manga obtidos com amido e com maltodextrina 10DE, seguiram reação de ordem zero, para as duas temperaturas avaliadas. Os coeficientes de determinação (R^2) dos ajustes do parâmetro L^* variaram de 0,91 a 0,97, para a^* o intervalo foi de 0,73 a 0,97, e para o parâmetro b^* de 0,83 a 0,97. Os valores de R^2 da diferença de cor variaram na faixa de 0,87 a 0,95. As velocidades de reação (k) do parâmetro L^* variaram de 0,0110 a 0,0139 dia^{-1} , de a^* de 0,0032 a 0,0139 dia^{-1} , de b^* 0,0091 a 0,0643 dia^{-1} e ΔE de 0,0140 a 0,0648 dia^{-1} . Observou-se que para todos os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* e ΔE) os valores de k foram maiores para o produto com maltodextrina na temperatura de 35°C. Os flocos com maltodextrina apresentaram um elevado valor de Q_{10} (3,05), indicando que a variação do parâmetro L^* é dependente da temperatura. Para a^* , o valor de Q_{10} das amostras com maltodextrina foram elevados (4,34), e maior do que dos outros parâmetros de cor, indicando forte dependência com a temperatura. Quanto ao parâmetro b^* , no entanto, as amostras com amido apresentaram influência da temperatura (Q_{10} : 2,84), que foi ligeiramente maior do que o parâmetro obtido para o produto com maltodextrina (Q_{10} : 2,53). Quanto aos valores de Q_{10} para a diferença de cor, observou-se que os produtos com maltodextrina (Q_{10} : 2,46) apresentaram maior influência da temperatura do que no produto com amido (Q_{10} : 1,88). Os menores tempos de meia vida ($t_{1/2}$) foram

obtidos para os flocos com maltodextrina, na temperatura de 35°C. Quanto ao parâmetro L*, os valores de $t_{1/2}$ variaram de 933 a 2865 dias; quanto ao parâmetro b*, de 453 a 1908 dias; quanto ao parâmetro a*, de 546 a 3914 dias.

10. Os valores dos parâmetros Croma e Hue dos flocos diminuíram ao longo tempo de armazenamento para os dois produtos, nas duas condições. No entanto, os mesmos não foram ajustados pelos modelos cinéticos. A diminuição do Croma indica perda da intensidade da cor. A diminuição do Hue pode indicar redução da cor amarela, intensificação da cor vermelha, ou ambos.

11. Os valores dos parâmetros de cor (L*, a*, b*, Croma e Hue) da polpa reconstituída ao longo do tempo, para os dois produtos e nas temperaturas de 25 e 35°C, não foram ajustados pelos modelos cinéticos. O comportamento de cada parâmetro, seguiu o observado para a cor dos flocos.

12. A variações dos teores de compostos fenólicos e capacidades antioxidantes não tiveram, para ambos os produtos, nas temperaturas avaliadas, um padrão definido ao longo do tempo, apresentando flutuações. Houve um aumento dos teores para o produto com amido armazenado a 25°C ao longo tempo. Na temperatura de 35°C, entretanto, para os dois produtos, não houve alteração dos teores de fenólicos entre o início e o final do armazenamento. Na temperatura de armazenamento de 25°C, para os dois métodos utilizados (ABTS e DPPH), observou-se uma tendência de aumento da atividade antioxidante dos flocos. Na temperatura de 35°C, para o produto com amido, as atividades antioxidante iniciais e finais não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si, tanto por ABTS, como por DPPH. Para o produto com maltodextrina, no entanto, houve uma redução significativa das capacidades antioxidantes segundo os dois métodos empregados. No geral, na temperatura de 25°C os aumentos podem estar relacionados à reação de Maillard, entre açúcares e aminoácidos, que tem como produto compostos fenólicos com capacidade antioxidante. Na temperatura de 35°C, a produção dos compostos da reação de escurecimento não enzimático pode ter concorrido com a degradação dos compostos.

13. A densidade absoluta de ambos produtos não variou ao longo do tempo de armazenamento. A densidade aparente, no entanto, variou para todas as condições. A porosidade dos flocos não variou a 25°C no tempo do estudo. Na temperatura de 35°C, entretanto, a porosidades dos flocos com maltodextrina

apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o início e final do estudo. Esse comportamento está relacionado ao menor diâmetro médio dessa amostra, devido à quebra dos aglomerados para a análise.

14. A morfologia dos flocos não se alterou entre o início e o final do armazenamento, à exceção do produto com maltodextrina na temperatura de 35°C. Os flocos apresentaram-se com formato irregular, aspecto compactado, com arestas afiadas, e diferentes texturas nos dois lados. O produto armazenado a 35°C apresentou partículas menores em função da quebra dos aglomerados para a análise.

No contexto do estudo, pode-se afirmar que os flocos de manga obtidos por *drum drying* apresentaram estabilidade muito boa quanto aos carotenoides totais, β -caroteno, polifenóis totais, capacidade antioxidante e cor no armazenamento a 25 e 35°C, por aproximadamente 6 meses. Ressalta-se, também, a alta estabilidade dos aspectos físicos tais como morfologia e tamanho de partícula do produto no armazenamento, mesmo com pequeno ganho de umidade, com destaque para o produto com amido. Nesse aspecto, o produto com maltodextrina armazenado na temperatura de 35°C apresentou maior instabilidade. O produto com maltodextrina também apresentou velocidades de reação de degradação relativamente maiores, no geral, e com maior influência da temperatura no armazenamento controlado.

7. REFERÊNCIAS

AGUIRRE, J.M.; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças. Manual Técnico**. Campinas: ITAL, 205p., 2002.

AKOY, E., VON HÖRSTEN, D., ISMAIL, M. Moisture adsorption characteristics of solar-dried mango slices. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 2, 2013.

ALCÂNTARA, S. R., ALMEIDA, F. D. A., DA SILVA, F. L., GOMES, J. P. Adsorption isotherms of the dry cashew Apple. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALEXANDRE, H.V., FIGUEIRÊDO, R., QUEIROZ, A. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

ALIGHOURCHI, H., BARZEGAR, M. Some physicochemical characteristics and degradation kinetic of anthocyanin of reconstituted pomegranate juice during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, p. 179-185, 2009.

ALMEIDA, C.O. de; SOUZA, J. da S.; MENDES, L. do N.; PEREIRA, R. de J. Variedades (Cultivares). In: MATOS, A. P. (Org.). Manga. Produção: aspectos técnicos. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). Brasília: Embrapa. **Comunicações para Transferência de Tecnologia**, cap. 6, p. 19-20, 2000.

AL-MUHTASEB, A. H., MCMINN, W. A. M., MAGEE, T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 80, n. 2, p. 118-128, 2002.

ALVES, T. P; FÓZ, H.D.; NICOLETI, J. F.; Isotermas de dessecção de pimentão verde e energia envolvida no processo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 2, p. 137, 2015.

ANDRADE, R. D. P., LEMUS, R. M., PÉREZ, C. E. C. Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. **Vitae**, v. 18, n. 3, p. 325-334, 2011

ANDRÉ, A. M. M. C. N., DE CASTRO, D. S., ALMEIDA, R. D., SANTOS MOREIRA, I. Análise e comparação dos modelos matemáticos da secagem do resíduo de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 01-06, 2015.

AZEREDO, H. M. C., **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. In: AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. (ed.) Alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. Brasília: Embrapa, Cap. 1, p. 20-21, 2012.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamento de tecnologia de alimentos**. Vol.3, Ed Atheneu, São Paulo, 318p, 1998.

BECHOFF, A., DHUIQUE-MAYER, C., DORNIER, M., TOMLINS, K. I., BOULANGER, R., DUFOUR, D., WESTBY, A. Relationship between the kinetics of β -carotene degradation and formation of norisoprenoids in the storage of dried sweet potato chips. **Food Chemistry**, v. 121, n. 2, p. 348-357, 2010.

BEMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. **Starch: chemistry and technology**. Academic Press, 2009.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. F.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.28, n.3, p.571-578, 2008.

BENVENUTI, S.; PELLATI, F.; MELEGARI, M.; BERTELLI, D. 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.

BEZERRA, T. S., COSTA, J. M. C., AFONSO, M. R. A., MAIA, G. A., ROCHA, É. M. D. F. F. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades coité e espada e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2186-2192, 2010.

BEZERRA, T. S., COSTA, J. M. C., AFONSO, M. R. A., MAIA, G., CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p.278-283, 2011.

BHANDARI, B. R., DATTA, N., HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying technology**, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., RINALDI, M., CORRADINI, C. Correlation between different markers for the assessment of red chilli pepper powders stability during shelf-life. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 67, n. 4, p. 391-399, 2016.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.

BOBBIO, P. A. BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. 151p.

BOSCH, V.; CILLA, A.; GARCÍA-LLATAS, G.; GILABERT, V.; BOIX, R. E ALEGRÍA, A. Kinetics of ascorbic acid degradation in fruit-based infant foods during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 298-303, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BREDA, C. A., SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J., CORREIA, C. Shelf life of powdered Campomanesia adamantium pulp in controlled environments. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p. 2960-2964, 2012.

BRUNAUER, S., DEMING, L. S., DEMING, W. E., TELLER, E. Stephen et al. On a theory of the van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical society**, v. 62, n. 7, p. 1723-1732, 1940.

BUVÉ, C., KEBEDE, B. T., BATSELIER, C., CARRILLO, C., PHAM, H. T., HENDRICKX, M., VAN LOEY, A. Kinetics of colour changes in pasteurised strawberry juice during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 216, p. 42-51, 2018.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P. C., RAMOS, A. M., CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CAPARINO, O. A., NINDO, C. I., TANG, J., SABLANI, S. S., CHEW, B. P., MATHISON, B. D., POWERS, J. R. Physical and chemical stability of Refractance Window®-dried mango (Philippine 'Carabao'var.) powder during storage. **Drying technology**, v. 35, n. 1, p. 25-37, 2017.

CAPARINO, O. A., SABLANI, S. S., TANG, J., SYAMALADEVI, R. M., NINDO, C. I. Water sorption, glass transition, and microstructures of refractance window–and freeze-dried mango (Philippine “Carabao” Var.) powder. **Drying technology**, v. 31, n. 16, p. 1969-1978, 2013.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v.111, n.1, p.135–148, 2012.

CARVALHO, P. R. N., COLLINS, C. A., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Comparison of Provitamin A Determination by Normal-Phase Gravity-Flow Chromatography and Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography. **Chromatographia**, v.33, n.3, p.133–137, 1992

DEMIRAY, E.; TULEK, Y.; YILMAZ, Y. Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. **LTW - Food Science and Technology**, v.50, n.1, p.172-176, 2013.

DESOBRY, S. A., NETTO, F. M., LABUZA, T. P. Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for β -carotene encapsulation and preservation. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 6, p. 1158-1162, 1997.

DESPAIN, D. Fruit-Focused Formulating. **Food Technology**, v.8, p.65–70, 2013.

DOWNES, F. P., ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods, **American Public Health Association**, Washington, 2001.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2ª edição. Ed. Atheneu, São Paulo, 690p., 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos - Princípios e prática**. Porto Alegre: Ed. Artemed, 602p., 2006.

FERRARI, C. C.; GERMER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; AGUIRRE, J. M, Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum Arabic. **Drying Technology**, v. 31, n. 4, p. 470-478, 2013.

FERRARI, C. C.; GERMER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; VISSOTTO, F. Z.; AGUIRRE, J. M. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 6, p. 1237-1245, 2012b.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012a.

GARCÍA, F. P., MARTÍNEZ, A. J. G., MÉNDEZ, J. P., ALDAPA, C. A. G., GUTIÉRREZ, R., DELIA, A. Evaluación de las isotermas de sorción en cereales para desayuno. **Superficies y vacío**, v. 19, n. 1, p. 12-19, 2006.

GARCIA, M.C.; FRANCO, C.M.L. Effect of glycerol monostearate on the gelatinization behavior of maize starches with different amylose contents. **Starch**, v.67, n. 1-2, p.107-116, 2015.

GARCIA-SALAS, P., MORALES-SOTO, A., SEGURA-CARRETERO, A., & FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A phenolic compound extraction systems for fruit and vegetables samples. **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 8813-8826, 2010.

GERMER, S. P. M., TONIN, I. P., DE AGUIRRE, J. M., ALVIM, I. D., FERRARI, C. C. Influence of process variables on the drum drying of mango pulp. **Drying Technology**, p. 1-13, 2018.

GERMER, S. P., FERRARI, C. C., LANCHÁ, J. P., BERBARI, S. A., CARMELLO-GUERREIRO, S. M., RUFFI, C. R. Influence of processing additives on the quality and stability of dried papaya obtained by osmotic dehydration and conventional air drying. **Drying technology**, v. 32, n. 16, p. 1956-1969, 2014.

GIUSTI, M. M., SCHWARTZ, S. J., ELBE, J. H. V. Corantes. In: FENNEMA, O. R. **Química dos Alimentos de Fennema**. 4 ed. São Paulo, Artmed p.463-468, 2010.

GLIEMMO, M. F., LATORRE, M. E., GERSCHENSON, L. N., CAMPOS, C. A. Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 196-201, 2009.

GOULA, A. M., KARAPANTSIOS, T. D., ACHILIAS, D. S., ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 1, p. 73-83, 2008.

GOULA, A.M., ADAMOPOULOS, K.G. Spray drying of tomato pulp: Effect of feed concentration. **Drying Technology**, v.22, n.10, p.2309-2330, 2004.

GREGORY III, J. F. VITAMINS. In: FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3. ed. New York: Marcel Dekker, Inc., p. 559-567, 1996.

HALLIWELL, B. Biochemistry of oxidative stress. **Biochem. Soc. Trans.** v.35, p.1147–1150, 2007.

HOFKY VIEIRA, A., FEITOSA DE FIGUEIRÊDO, R. M., MELO QUEIROZ, A. J. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

HORIBA INSTRUMENTS. Monitoring coffee grinding with laser diffraction particle size analyses. **Applications Note AN148 – Coffe**. 2007. Disponível em: <<http://www.horiba.com/la-960/application-notes/>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. IAL. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - 4ª Edição. 1ª Edição Digital. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Produção Agrícola Municipal – Culturas Temporárias e Permanentes - 2015**. Rio de Janeiro. v.42, 57p., 2015.

JARDIM, D. C., ORSE, A. G., EFRAIM, P., MOURA, S. C. Kinetic of white chocolate color loss. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1026-1030, 2011.

JAYA, S., DAS, H. Accelerated storage, shelf life and color of mango powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 29, n. 1, p. 45-62, 2005.

JITTANIT, W.; CHANTARA-IN, M.; DEYING, T.; RATANAVONG, W. Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and arabic gum as adjuncts. Songklanakarin **Journal of Science Technology**, v.33, n.1, p.33–41, 2011.

KOCA, N., BURDURLU, H. S., KARADENIZ, F. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 2, p. 449-455, 2007.

KUROZAWA, L. E., TERNG, I., HUBINGER, M. D., PARK, K. J. Ascorbic acid degradation of papaya during drying: effect of process conditions and glass transition phenomenon. **Journal of Food Engineering**, v. 123, p. 157-164, 2014.

LABUZA, T. P. Effects of dehydration and storage. **Food Technology**, v. 27, n. 1, p. 20-&, 1973.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technol.**, v. 22, p. 15-19, 1970.

LABUZA, T. P. **Application of chemical kinetics to deterioration of foods**. 1984.

LABUZA, T. P., ALTUNAKAR, L. Water activity prediction and moisture sorption isotherms. **Water activity in foods: fundamentals and applications**, v. 109, p. 154, 2007.

LAVELLI, V.; POMPEI, C.; CASADEI, M. A. Quality of nectarine and peach nectars as affected by lye-peeling and storage. **Food chemistry**, v. 115, n. 4, p. 1291-1298, 2009.

LEITE, I. T. C., MURR, F. E. X., PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: influência no processamento e na armazenagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 83-96, 2005.

LEWICKI, P. P. The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms. **International journal of food science & technology**, v. 32, n. 6, p. 553-557, 1997.

LI, Y., YANG, Y., YU, A. N., WANG, K. Effects of reaction parameters on self-degradation of L-ascorbic acid and self-degradation kinetics. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 1, p. 97-104, 2016.

LOMAURO, C. J., BAKSHI, A. S., LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I. Fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 18, n. 2, p. 111-117, 1985.

LOPES, A. S., MATTIETTO, R. A., MENEZES, HC. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

MACCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipídeos. In: FENNEMA, O. R. **Química dos Alimentos de Fennema**. 4 ed. São Paulo, Artmed p.463-468, 2010.

MARRÓN, M. R., WELTI-CHANES, J., CÓRDOVA-QUIROZ, A. V., CERÓN-BRETÓN, J. G., ANGUEBES-FRANSESCHI, F., MORENO-MARTÍNEZ, V. Sorption isotherms of mango (*Mangifera Indica* L.) pulp freeze-dried. In: **Proceedings of the European conference of chemical engineering, and European conference of civil engineering, and European conference of mechanical engineering, and European conference on Control**. p. 114-118, 2010.

MATHLOUTHI, M.; ROGE, B. Water vapour sorption isotherms and the caking of food powders. **Food chemistry**, v. 82, n. 1, p. 61-71, 2003.

MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. D.; QUAST, D. G.; HASHIZUME, T.; FIGUEIREDO, N. M. S.; MORETTI, V. A.; CANTO, W. L.; NETO, L. C. B. Manga: da cultura ao processamento e comercialização. São Paulo, **Série frutas tropicais**, v.8, 399p., 1981.

MEDINA, J. C.; GARCIA, H. **Mango Post-Harvest Operation**. Rome: AGSI/FAO, 2002 Post-Harvest Compendium. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium__Mango.pdf>. Acesso em: 08 set. 2016.

MEGÍAS-PÉREZ, R., GAMBOA-SANTOS, J., SORIA, A. C., VILLAMIEL, M., MONTILLA, A. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits. **Food chemistry**, v. 150, n.1, p. 41-48, 2014.

MELO, E. A., ARAÚJO, C. A. Mangas das variedades espada, rosa e Tommy Atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p.1451-1460, 2011.

MERCADANTE, A, Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; BRITTON, G. HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoids from mango. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 1, p. 120-123, 1997.

MITRA, S. K. **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**, New York, CABI Publishing, 423p., 2001.

MOREIRA, T. B., ROCHA, É. M., AFONSO, M. R., COSTA, J. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 10, 2013.

MOSER, P., TELIS, V. R. N., DE ANDRADE NEVES, N., GARCÍA-ROMERO, E., GÓMEZ-ALONSO, S., HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Storage stability of phenolic compounds in powdered BRS Violeta grape juice microencapsulated with protein and maltodextrin blends. **Food chemistry**, v. 214, p. 308-318, 2017.

MOSQUERA, L. H., MORAGA, G., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 201-206, 2012.

MOURA, S. C. S. R. D., PRATI, P., VISSOTTO, F. Z., ORMENESE, R. D. C. S. C., SANTOS RAFACHO, M. D. Color degradation kinetics in low-calorie strawberry and guava jellies. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 758-764, 2011.

MRAD, N. D., BOUDHRIUA, N., KECHAOU, N., COURTOIS, F., BONAZZI, C. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. **Food and bioproducts processing**, v. 90, n. 3, p. 433-441, 2012.

MUJUMDAR, A. S., **Handbook of industrial drying**. In: DAUD, W.; RAMLI, W., Drum Dryers, Cap.9. 3ªed., Ed. CRC Press, 1348p., 2006.

NAGY, S. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 1, p. 8-18, 1980.

NDAWULA, J., KABASA, J. D., BYARUHANGA, Y. B. Alterations in fruit and vegetable β -carotene and vitamin C content caused by open-sun drying, visqueen-covered and polyethylene-covered solar-dryers. **African health sciences**, v. 4, n. 2, p. 125-130, 2004.

NEPA/UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO - Versão II**, 4ªed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 161p., 2011.

NETO, L. G. M.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C., Adsorption isotherms of hog plum (*Spondias mombin* L.) pulp powder obtained by spray dryer. **Acta Scientiarum Technology**, v.37, n.2, p.273-277, 2015

OLIVEIRA, A. D. S., FIGUEIRÊDO, R. M., DE M, Q., ALEXANDRE, J., BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A., Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v.18, n.10, p. 1059-1064, 2014.

OLSON, J. A. Provitamin A function of carotenoids: the conversion of β -carotene into vitamin A. **The Journal of nutrition**, v. 119, n. 1, p. 105-108, 1989.

PAGLIARINI, C. D. S., SILVA, F. S. D., PORTO, A. G., PIASSON, D., SANTOS, P. Histerese das isotermas de sorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) variedade manteiga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.3, p.299–305, 2013.

PAREÑO, C. Estabilidad e importancia. **Alimentación, Equipos y Tecnología**, p. 75, 1996.

PARK, K. J. B., PARK, K. J., CORNEJO, F. E. P., FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 83-94, 2008.

PARK, K. J., BIN, A., BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Food Science and Technology (Campinas)**, 2001.

PATRÍCIA, M. A., FIGUEIRÊDO, R. MF; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 384-389, 2004.

PELEG, M., NORMAND, M. D., DIXON, W. R., GOULETTE, T. R. Modeling the degradation kinetics of ascorbic acid. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.58, n. 9, p.1478-1494, 2018.

PEÑAS, E., SIDRO, B., ULLATE, M., VIDAL-VALVERDE, C., FRIAS, J. Impact of storage under ambient conditions on the vitamin content of dehydrated vegetables. **Food Science and Technology International**, v. 19, n. 2, p. 133-141, 2013.

PENICAUD, C., ACHIR, N., DHUIQUE-MAYER, C., DORNIER, M., BOHUON, P. Degradation of β -carotene during fruit and vegetable processing or storage: reaction mechanisms and kinetic aspects: a review. **Fruits**, v. 66, n. 6, p. 417-440, 2011.

PEREZ, L. A. B.; AGAMA-ACEVEDO, E. Starch. In: **Starch-Based Materials in Food Packaging**. 2018. p. 1-18.

POLYDERA, A. C.; STOFOROS, N. G.; TAOUKIS, P. S. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2005

PROVESI, J. G., DIAS, C. O., AMANTE, E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 195-202, 2011.

PUA, H. H., DZHAGALOV, I., CHUCK, M., MIZUSHIMA, N., HE, Y. W. A critical role for the autophagy gene Atg5 in T cell survival and proliferation. **Journal of Experimental Medicine**, v. 204, n. 1, p. 25-31, 2007.

PYCIA, K., JUSZCZAK, L., GAŁKOWSKA, D., WITCZAK, M., JAWORSKA, G. Maltodextrins from chemically modified starches. Selected physicochemical properties. **Carbohydrate polymers**, v. 146, p. 301-309, 2016.

QUEK, S. K.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. **The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders**, Chemical Engineering and Processing, v.46, p. 386-392, 2007.

RAO, A. V., RAO, L. G. Carotenoids and human health. **Pharmacological research**, v. 55, n. 3, p. 207-216, 2007.

RAVANI, A., JOSHI, D. Mango and it's by product utilization—A review. **Trends in Post Harvest Technology**, v. 74, p. 44, 2013.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2007.

ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C., Mathematical modeling for isotherms of mango pulp powder, obtained by atomization. **Journal of encapsulation and adsorption sciences**, v. 4, n. 01, p. 8, 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: ILSI press, 2001.

RONCO, A., DE STEFANI, E., BOFFETTA, P., DENEOPELLEGRINI, H., MENDILAHARSU, M., LEBORGNE, F. Vegetables, fruits, and related nutrients and risk of breast cancer: a case-control study in Uruguay. **Nutrition and cancer**, v. 35, n. 2, p. 111-119, 1999.

ROOS, Y. H. Water Activity and Glass Transition. In: **Water activity in foods: Fundamentals and Applications**. Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Anthony J. Fontana, Jr., Shelly J. Schmidt, Theodore P. Labuza, eds., IFT Press, Blackwell Publishing, p 29–46, 2008.

ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, R. L.; ZAMBOLIM, L. *Manga-produção integrada, industrialização e comercialização*. In: RAMOS, A. M.; SOUSA, P. H. M.; BENEVIDES, S. D., **Tecnologia da industrialização da manga**, Cap.17. Suprema Gráfica e Editora Ltd, UFV, Viçosa, 2004.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. de; MORAES, S.M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.G. Metodologia Científica:

Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS•+. **Comunicado Técnico Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza – CE, Julho, 2007.

SAPEI, Lanny; HWA, Lie. Study on the kinetics of vitamin C degradation in fresh strawberry juices. **Procedia Chemistry**, v. 9, p. 62-68, 2014.

SILVA, R. N., FIGUEIRÊDO, R. D., QUEIROZ, A. D. M., FEITOSA, R. M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 30, p. 33-36, 2015.

SILVA, R. N.G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, J. M.; FEITOSA, R. M., Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. **Revista educação agrícola superior**, v.30, n.1, p.33-36, 2016.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R., **Introduction to food engineering**. 2^aed., Ed. Acribia, Zaragoza, 563p., 1998.

SLADE, L., LEVINE, H., REID, D. S. Beyond water activity: recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 30, n. 2-3, p. 115-360, 1991.

SOARES, L. P., SÃO JOSÉ, A. R. Compostos bioativos em polpas de mangas' rosa'e'espada'submetidas ao branqueamento e congelamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 579-586, 2013.

SOGI, D. S., SIDDIQ, M., DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 564-568, 2015.

SONG, J., WANG, X., LI, D., LIU, C. Degradation kinetics of carotenoids and visual colour in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) slices during microwave-vacuum drying. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. sup1, p. S632-S643, 2017.

SONTHIPERMPOON, W., SUWONSICHON, T., WITTAYA-AREEKUL, S., WUTTIJUMNONG, P. Effect of maltodextrin on glass transition temperature and water activity of production banana flake. **Kasetsart Journal-Natural Science**, v. 40, n. 3, p. 708-715, 2006.

SPIESS, W.E.L., WOLF, W.F. The results of the COST 90 project on water activity. In: JOWITT, R. **Physical Properties of Foods**. London, p.65-91, 1983.

SUHAG, Y.; NANDA, V. Degradation kinetics of ascorbic acid in encapsulated spray-dried honey powder packaged in aluminium laminated polyethylene and high-density polyethylene. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 3, p. 645-653, 2017.

TANG, Y. C.; CHEN, B. H. Pigment change of freeze-dried carotenoid powder during storage. **Food Chemistry**, v. 69, n. 1, p. 11-17, 2000.

TAOUKIS, P., LABUZA, T. P. Summary: integrative concepts. **Food chemistry**, v. 3, p. 1013-1042, 1996.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; MOURA, S. C. S. R. Introdução à Cinética de reação em Alimentos. In: S. C. S. R. MOURA & S. P. M. GERMER (Eds.). **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados**. Campinas: ITAL, 2010. p.24-46.

TONIN, I. P. **Desidratação de polpa de manga em secador de cilindro rotativo (Drum drying): variáveis de processo/** Dissertação (mestrado) – Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP, 2017.

TONIN, I. P., FERRARI, C. C., SILVA, M. G. D., DE OLIVEIRA, K. L., BERTO, M. I., SILVA, V. M. D., GERMER, S. P. M. Performance of Different Process Additives on the Properties of Mango Powder Obtained by Drum Drying. **Drying Technology**, n. just-accepted, 2018.

TONON, R. V., BARONI, A. F., BRABET, C., GIBERT, O., PALLET, D., HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. **Journal of Food Engineering**, v. 94, n. 3-4, p. 215-221, 2009.

TONON, R. V., BRABET, C., HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v. 43, n. 3, p. 907-914, 2010.

TREYBALL, R.B. **Drying. mass transfer operations**. New York: McGraw-Hill, 1968, p. 569-575.

UDDIN, M. S., HAWLADER, M. N. A., DING, L., MUJUMDAR, A. S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 1, p. 21-26, 2002.

USDA. United States Department of Agriculture. Glycerids (mono and di) – Handling/Processing. **Technical Evaluation Report**. p.1-14, 2015. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Glycerides%20TR%202015.pdf>> Acesso em: 19. mar. 2018.

VALOUS, N. A., GAVRIELIDOU, M. A., KARAPANTSIOS, T. D., KOSTOGLU, M. Performance of a double drum dryer for producing pregelatinized maize starches. **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 3, p. 171-183, 2002.

VAN BOEKEL, M. AJS. Kinetic modeling of food quality: a critical review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 7, n. 1, p. 144-158, 2008.

VAN BREE, I.; BAETENS, J. M.; SAMAPUNDO, S.; DEVLIEGHERE, F.; LALEMAN, R.; VANDEKINDEREN, I. E DE MEULENAER, B. Modelling the degradation kinetics of vitamin C in fruit juice in relation to the initial headspace oxygen concentration. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 207-214, 2012.

VARGHESE, K. S., RADHAKRISHNA, K., BAWA, A. S. Moisture sorption characteristics of freeze dried whey–grape beverage mix. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 10, p. 2734-2740, 2014.

VIALTA, A.; REGO, R. A. (Ed.). **Brasil Ingredients Trends 2020**. Campinas: ITAL, 2014. 389 p. Disponível em: <www.brasilingredientstrends.com.br> . Acesso em: 26 jan. 2017.

WIBOWO, S., GRAUWET, T., GEDEFA, G. B., HENDRICKX, M., VAN LOEY, A. Quality changes of pasteurised mango juice during storage. Part II: Kinetic modelling of the shelf-life markers. **Food Research International**, v. 78, p. 410-423, 2015.

YANNIOTIS, S., BLAHOVEC, J. Model analysis of sorption isotherms. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 10, p. 1688-1695, 2009.

ZOTARELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2014.

ZOTARELLI, M. F., DA SILVA, V. M., DURIGON, A., HUBINGER, M. D., LAURINDO, J. B. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, v. 305, p. 447-454, 2017.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO 1

FICHA TÉCNICA



Maltodextrina MOR-REX® 1910

Composição de açúcares na forma de pó, totalmente solúvel em água, produzida através da conversão do amido de milho.

Especificações:

Físico-Químicas:

	Min.	Máx.
Cinzas, %	-	0,50
Dextrose equivalente (DE)	9,0	12,0
Identificação	Passa	Teste
Umidade, %	-	6,00
pH	4,5	5,5
SO ₂ , ppm	-	25,0

Microbiológicas:

	m	M
Bacillus Cereus, ufc/g	-	10
Clostrídio sulfito redutor, /2g	Ausente	
Coliformes Fecais /g	Ausente	
Coliformes Totais /g	Ausente	
E. coli /g	Ausente	
Salmonella /25g	Ausente	
Staphylococcus aureus, /5g	Ausente	
Contagem Total de Bactérias, ufc/g (n=5, c=2)	100	1000
Fungos e Leveduras, ufc/g (n=5, c=1)	100	1000

n: número de unidades amostrais escolhidas separada e independentemente;
c: número tolerável de amostras com resultados entre m e M;
m: nível de organismos em teste aceitável e tolerável no produto;
M: a máxima concentração de organismos em teste aceitável.
Valores acima de M em qualquer unidade amostral são inaceitáveis.

Informações sensoriais:

Aspecto	Pó
Cor	Branco
Odor	Característico
Sabor	Característico

Composição aproximada em açúcares (% B.Seca):

Dextrose	1
Maltose	2
Outros açúcares	97

Informações nutricionais/100g *VT:

Valor Calórico, kcal	380
Carboidratos, g	95,0
Proteínas, g	0
Gorduras Totais, g	0,0
Fibra Alimentar, g	0
Sódio, mg	56,0

*VT - Valores Típicos ou de referência. Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Adoçantes de mesa, Aromas e Essências, Balas mastigáveis, Barras de cereais e proteína, Bebidas isotônicas, energéticas, Bebidas à base de soja, Bolos e Misturas para bolo, Capuccino em pó, Chocolates/Recheios para bombom, Diet e Light, Drageados, Leites aromatizados (prontos para beber), Leites em pó modificado, Leites modificados, Maionese e Molhos cremosos, Milkshakes, Misturas em pó, Misturas instantâneas, Molhos, Molhos instantâneos, Pastilhas, Pratos prontos congelados, Produtos cárneos, Recheios, Recheios para biscoitos, Refrescos em pó, Sobremesas em pó, Sopas em pó, Sorvetes, Suplementos para atletas

Funcionalidade:

- Baixa higroscopicidade.
- Confere sabor ligeiramente doce.
- Solúvel a frio.
- Viscosidade e aspecto iguais à sacarose.
- Substituto de gorduras.

Aromas e Essências:

- Funciona como veículo de encapsulamento.
- Funciona como veículo de secagem.

Embalagem - Vida útil:

Saco de papel valulado (c/liner interno) 25 kg: 730 dias
Saco plástico 25 kg: 365 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Informações Regulatórias:

AUP: 1585/02
Certificado Kosher
Certificado Halal
MS: Dispensado de registro (Res. RDC n°27, 06/08/10-ANVISA)
GRAS: 21CFR184.1444
Food Chemical Codex (FCC) 5ª Ed.
Decreto 55.871 28/03/65-ANVISA
Resolução RDC n°14, 28/03/2014 - ANVISA

16/01/2015

Novembro, 2012
As informações aqui contidas são de título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não aplicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações técnicas de uso em condições ou finalidades específicas. A Ingredion Incorporated e as empresas do seu grupo reservam-se o direito de modificar as especificações do produto.

A marca e o logotipo aqui referidos são marcas registradas do grupo INGREDION e utilizadas pela Ingredion Brasil Ing. Ind. Ltda. Todos os direitos reservados. Copyright 2012

Ingredion Brasil Ing. Ind. Ltda.
Av. do Café, 277 - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP

t: 0300 7895800 / 55 11 5070-7835
e: sac.br@ingredion.com

www.ingredion.com



Amido de Milho AMISOL® 3408

Amido com grau alimentício obtido através de tecnologia de industrialização do milho por via úmida.

Especificações:

Físico-Químicas:

	Min.	Máx.
Identificação	Passa Teste	
Proteína Total, %	-	0,40
Umidade, %	-	14,00
pH	4,5	5,5
SO ₂ , ppm	-	50,0

Microbiológicas:

	m	M
Bacillus Cereus, ufc/g	100	-
Clostrídio sulfito redutor, ufc/g	10	-
Coliformes Fecais /g	Ausente -	-
Salmonella /25g	Ausente -	-
Staphylococcus aureus, /5g	Ausente -	-
Coliforme Total, ufc/g	10	-
Fungos, ufc/g (n=5, c=2)	250	2500
Leveduras ufc/g (n=5, c=2)	250	2500
Contagem Total de Bactérias, ufc/g	10000	-

n: número de unidades amostrais escolhidas separada e independentemente;

m: nível de organismos em teste aceitável e tolerável no produto;

c: número tolerável de amostras com resultados entre m e M;

M: a máxima concentração de organismos em teste aceitável.

Valores acima de M em qualquer unidade amostral são inaceitáveis.

Informações sensoriais:

Aspecto	Pó
Cor	Branco
Odor	Característico
Sabor	Característico

Informações nutricionais/100g *VT:

Valor Calórico, kcal	344
Carboidrato, g	86
Fibra Alimentar, g	2,0
Gorduras Totais, g	0,0
Proteínas, g	0,30
Ferro, mg	0,7
Cálcio, mg	9,5
Sódio, mg	4,5

*VT - Valores Típicos ou de referência. Não constituem especificação do produto.

Principais aplicações:

Alimentos processados, Biscoitos, Bolos e Misturas para bolo, Caldos, Confeitos, Massas, Melhoradores para Panificação, Misturas em pó, Molho tipo Mostarda, Pastilhas, Produtos cárneos, Snacks, Sobremesas em pó, Sobremesas lácteas, Sopas em pó

Funcionalidade:

- Agente de corpo.
- Agente gelificante.
- Atua como aglutinante.
- Veículo de Vitamina C.
- Confere textura.

Sopas e Caldos:

- Promove viscosidade.

Melhoradores de panificação:

- Agente emulsificante.
- Branqueamento de farinha de trigo.

Biscoitos:

- Quebra da força do glúten.

Embalagem - Vida útil:

A granel: 180 dias
Big bag 500, 700, 1000, 1200 kg: 730 dias
Saco de papel valvulado (s/liner interno) 25 kg: 730 dias
Saco plástico 25 kg: 730 dias

Armazenagem:

Armazenar sobre pallets, em local coberto, seco e ventilado.

Informações Regulatórias:

AUP: 1582/02

Certificado Kosher

Certificado Halal

Food Chemical Codex (FCC)

GRAS: 21CFR182.90

MS: Dispensado de registro (Res. RDC nº27, 06/08/10-ANVISA)

Decreto 55.871 26/03/65-ANVISA

Resolução RDC nº14, 28/03/2014 - ANVISA

Resolução RDC nº 263, 22/09/05-ANVISA

Resolução RDC nº12, 02/01/01-ANVISA

06/11/2015

Novembro, 2012

As informações aqui contidas são de título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não aplicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações técnicas de uso em condições ou finalidades específicas. A Ingredion Incorporated e as empresas do seu grupo reservam-se o direito de modificar as especificações do produto.

As marcas e o logótipo aqui referidos são marcas registradas do grupo INGREDION e utilizadas pela Ingredion Brasil Ing. Ind. Ltda. Todos os direitos reservados. Copyright 2012

Ingredion Brasil Ing. Ind. Ltda.
Av. do Café, 277 - 2º andar
04311-000 - São Paulo - SP

t: 0300 7895800 / 55 11 5070-7835
e: sac.br@ingredion.com

www.ingredion.com

8.3 ANEXO 3 Ficha técnica do MSG



DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE QUALIDADE		
ESPECIFICAÇÃO		
PRODUTO MONOESTEARATO DE GLICERILA PURO		VALIDADE 12 meses
FÓRMULA -----	PESO MOLECULAR -----	CHAVE AUTENTICIDADE MEWHY-IQLAA-ZYLQU-ZILBV

TESTES	LIMITES
001 CARACTERÍSTICAS	Pó ou escamas
002 ALFA MONOGLICERÍDIO	mín. 40,0%
003 ÍNDICE DE ACIDES	máx. 6,0
004 ÍNDICE DE ICDO	máx. 3,0
005 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO	158 à 177
006 PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO	mín. 55°C
007 TEOR DE GLICEROL	máx. 7%

EMISSION	REVISÃO	ELABORADO POR	RESPONSÁVEL
26/06/2018	02	Elaine - Ger. Qualidade	Isilda Morelli - Ger. Ger. Qualidade

Página 01 de 01

LABSYNTH PRODUTOS PARA LABORATÓRIO LTDA

Avenida Doutor Ulysses Guimarães, 3857 - Vila Mary - Diadema - SP - CEP 09990-080 - Tel (11)4072-6100 - Fax (11)4072-6122 - C.N.P.J. 51462471000152 - I.E.286056465111
www.labsynth.com.br

E-mail : synth@synth.com.br