



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

Paula Pavanel **Fernandes**<sup>1</sup>, Maira Akemi **Yamato**<sup>2</sup>, Elaine de Cássia Guerreiro **Souza**<sup>3</sup>,  
Cristhiane Caroline **Ferrari**<sup>4</sup>, Sílvia Pimentel Marconi **Germer**<sup>5</sup>

Nº 17244

**RESUMO** - Nos últimos anos, observa-se uma maior demanda por alimentos industrializados convenientes, naturais e nutritivos. A manga é uma fruta de coloração atraente, sabor agradável e excelentes propriedades nutricionais, porém no estado maduro, apresenta alta perecibilidade, dificultando sua comercialização. Uma das alternativas de aproveitamento é a secagem na forma de pós/flocos, que podem ser aplicados como ingredientes, conferindo naturalidade e saudabilidade às formulações. Este estudo teve por objetivo avaliar a estabilidade dos flocos de manga obtidos por drum drying, empregando-se monoesterato de glicerila (0,5%) (bs) e amido regular ou maltodextrina (3%) (bs) como coadjuvantes, no armazenamento em diferentes condições de umidade relativa e nas temperaturas de 25°C e a 35°C. Para o processo de secagem da polpa de manga empregou-se o drum dryer, que possui uma alta eficiência energética e baixo custo operacional. Obtiveram-se, para os dois flocos produzidos, isotermas de sorção nas duas temperaturas, e determinaram-se as alterações dos produtos por 150 dias, através das análises de vitamina C, compostos fenólicos e morfologia (microscopia eletrônica de varredura). Os resultados mostraram que o produto com maltodextrina tem características mais higroscópicas. Verificou-se, também, que os flocos com maltodextrina apresentaram uma estabilidade menor em relação a vitamina C e compostos fenólicos ao longo do armazenamento. Observou-se que o incremento da temperatura de armazenamento aumentou a higroscopicidade e acelerou a degradação dos nutrientes avaliados em ambos os flocos.

**Palavras-chaves:** desidratação, coadjuvantes, nutrientes, isotermas, vida-de-prateleira, morfologia

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP; paula.pavanelf@gmail.com;

2 Colaborador: Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, Campinas-SP;

3 Colaborador: Técnico do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, Campinas-SP;

4 Colaborador: Pesquisador do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, Campinas-SP;

5 Orientador: Pesquisador do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, Campinas-SP; sgermer@ital.sp.gov.br.



**ABSTRACT** - *In the last years, it has been observed a greater demand for convenient, natural and nutritious processed foods. Mango is a color attractive fruit, with pleasant taste and excellent properties, although in the mature state, presents high perishability, making difficult your commercialization. An alternative of utilization is drying the fruit in the form of powders / flakes, which can be applied as ingredients, giving naturalness and health to the formulations. This study aimed to evaluate the stability of the mango flakes obtained by drum drying using glyceryl monostearate (0.5%) and regular starch or maltodextrin (3%) (bs), in storage under different conditions of relative humidity, as well as at temperatures of 25 °C and 35 °C. Drum dryer was employed for drying the mango pulp, which has a high energy efficiency and low operating cost. For the two flakes produced, sorption isotherms were obtained at two temperatures, and changes of the products were determined for 150 days through the analysis of vitamin C, phenolic compounds, and morphology (scanning electron microscopy). The results demonstrated that the product with maltodextrin has more hygroscopic characteristic. It was also found that flakes with maltodextrin showed lower stability regarding the vitamin C and phenolic compounds throughout the storage. It was observed that the increasing of temperature increased the hygroscopicity of the flakes and accelerated the degradation of the nutrients, lowering the stability.*

**Key-words:** Dehydration, coadjuvants, nutrients, isotherms, shelf-life, morphology

## **1. INTRODUÇÃO**

Segundo o FAOSTAT (2016), a produção de manga no Brasil ultrapassou 1,1 milhões de toneladas no período de 2013-2014, sendo considerada como um dos itens mais importantes da fruticultura brasileira.

A manga é uma fruta de alto valor nutricional, possuindo boas quantidades de sais minerais como potássio, fósforo, cálcio e magnésio, bem como vitaminas A, B1 (Tiamina) e B2 (Riboflavina) (NEPA/UNICAMP, 2011). O teor de vitamina C da manga varia de 15 a 60 mg/100g, sendo rica em compostos fenólicos, com grande atividade antioxidante, bem como em carotenóides e fibras solúveis, com ações preventivas a doenças degenerativas.

No estado maduro a fruta apresenta alta perecibilidade, dificultando a comercialização na forma in natura. Uma alternativa para o aproveitamento dos excedentes de produção é a secagem, que pode ser realizada com a polpa ou suco, para a produção de frutas em pó, ou em flocos. Alimentos desidratados são produtos convenientes, com menores custos de transporte, fácil armazenamento e melhor padronização para o emprego em formulações. As frutas desidratadas



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-141-7**

em pó/flocos vêm ganhando destaque nas indústrias, por serem ingredientes interessantes para as formulações de diversos produtos, tais como cereais matinais, sucos, bolos, mousses, sorvetes, dentre outros. Entretanto, a secagem deve ser realizada por processos que mantenham as características nutricionais e sensoriais do alimento. Algumas matérias-primas, tais como frutas, ricas em açúcar e ácidos orgânicos, apresentam dificuldades nos processos de secagem devido às suas baixas temperaturas de transição vítrea, resultando na aglomeração e adesão do produto seco nos equipamentos. Para solucionar esse problema, são utilizados aditivos de alta massa molar, como as maltodextrinas, amidos e gomas que elevam a temperatura de transição vítrea (BHANDARI, 2008).

Os processos mais empregados comercialmente para a obtenção de fruta em pó são a secagem por atomização (*spray drying*) e a liofilização (*freeze-drying*). O *spray drying* necessita de altas concentrações de carreadores (30-40% sobre o teor de sólidos iniciais) devido aos altos teores de açúcares em sua composição. A liofilização, por sua vez, tem custos muito elevados de produção. A secagem de polpa de frutas em cilindro rotativo (*drum dryer*) é uma alternativa que se apresenta para a obtenção de frutas em pó, pois dentre outras vantagens, pode empregar quantidades menores de coadjuvantes de processo. Neste contexto, o objetivo geral do estudo foi avaliar a estabilidade da manga em flocos obtida por *drum drying* no armazenamento em diferentes condições de temperatura e umidade relativa, tendo em vista a obtenção de isotermas de sorção e a determinação da degradação de alguns aspectos de qualidade do produto.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Obtenção dos flocos de manga por *drum drying***

Uma parte da polpa de manga integral descongelada (DeMarchi) foi formulada com 3% de amido regular (Amisol 3408, Ingredion, Brasil) e 0,5% de monoestearato de glicerila (Synth, Brasil), e outra parte com 3% de maltodextrina 10DE ((M10, Ingredion, Brasil) e 0,5% de monoestearato de glicerila (Synth, Brasil) de acordo com Tonin et al. (2017). As quantidades foram calculadas em base seca. As polpas formuladas foram homogeneizadas em moinho coloidal (Meteor, REX 2-AL, Brasil). A secagem foi realizada em secador de cilindro rotativo (Richard Simon & Sons, modelo D139, Inglaterra) a uma temperatura de 135°C por 20 segundos. O filme seco obtido foi então floculado empregando-se peneiras de 2,5 mm (Fabbe, modelo S508, Brasil).

### **2.2. Isotermas de sorção dos flocos de manga**



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-141-7**

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 [LiCl, CH<sub>3</sub>COOK, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KI, NaCl, KCl] para a geração de ambientes com diferentes umidades relativas (entre 11 e 84%). As soluções foram colocadas em recipientes com tampa, onde foram mantidas amostras ( $\pm 1$  g) em cápsulas, apoiadas por um suporte. 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. Os recipientes foram mantidos dentro de dessecadores, que por sua vez foram armazenados em temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) e na temperatura de 35°C, em sala especial. Semanalmente foram pesadas as amostras, em balança analítica, até o peso constante ser atingido.

### **2.3. Estudo da estabilidade da manga em flocos no armazenamento**

Logo após a secagem, os flocos de manga foram acondicionados em embalagem de estrutura de poliéster/alumínio/polietileno de baixa densidade (PET/Al/PEBD), armazenadas em estufas BOD (LS370, LogenScientific, Brasil) nas temperaturas de 25 e 35°C, e avaliados a cada 30 e 20 dias, respectivamente, por aproximadamente 150 dias, quanto ao teor de vitamina C e teor de polifenóis. Foram realizadas análises de morfologia dos flocos por microscopia eletrônica de varredura (MEV) no início, e no final do estudo.

#### **2.3.1. Análises**

O teor de vitamina C foi obtido por titulometria, através de metodologia adaptada de Instituto Adolfo Lutz (2008). Análise de teor de compostos fenólicos foi realizada de acordo com BENVENUTI et al. (2004).

O teor de umidade foi determinado em estufa a vácuo, a 70°C, por método adaptado de IAL (2008). A determinação de atividade de água foi realizada em higrômetro digital (Decagon, Aqualab 3TE, EUA), à temperatura de  $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . As análises foram realizadas em quadruplicata.

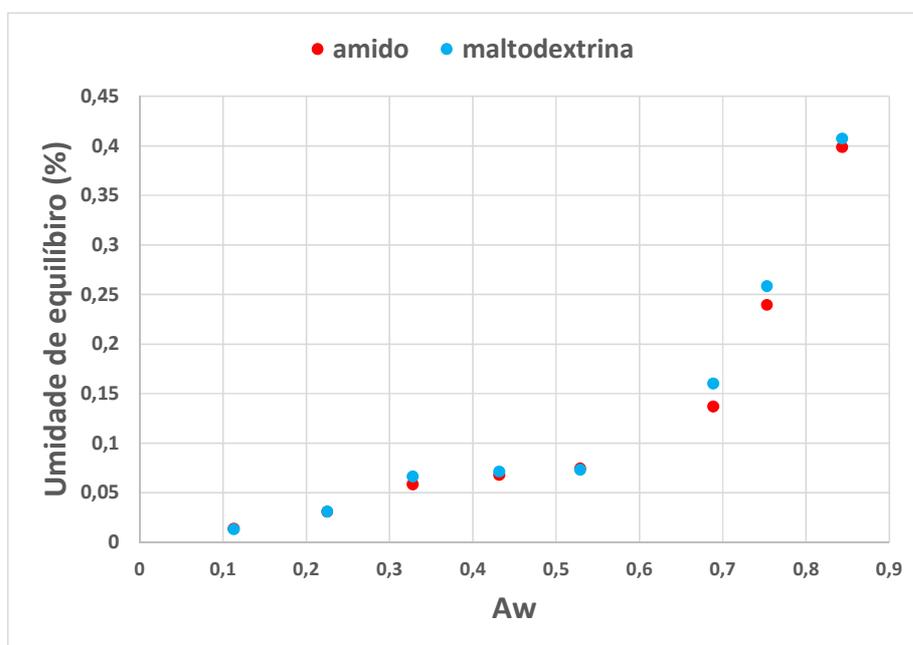
A análise de morfologia foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Laboratório de Recursos Analíticos e Calibração da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp, empregando-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), modelo LEO 440i. Os flocos de manga com amido e com maltodextrina 10DE foram fixados em porta-amostras com fita adesiva dupla face de carbono, e recobertas com ouro, para o escoamento dos elétrons. Para o recobrimento das amostras foi utilizado o SputterCoater. As condições da análise foram: 20 kV de

tensão e 100 pA de corrente. A amostra foi colocada no equipamento, e o foco foi devidamente ajustado para a observação em detalhe.

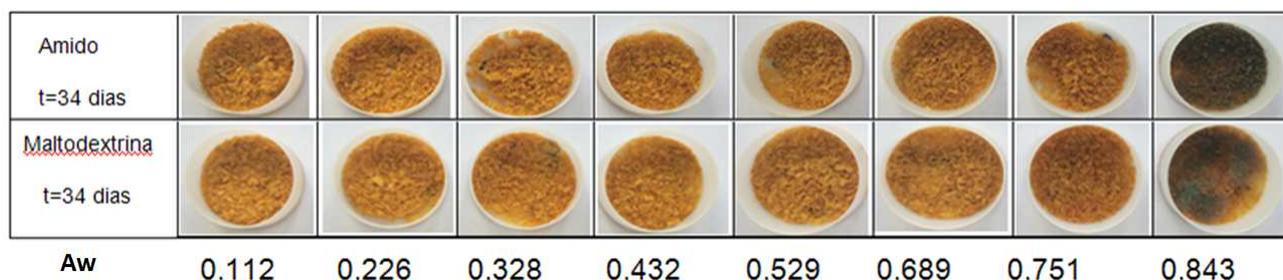
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Isotermas de sorção dos flocos de manga

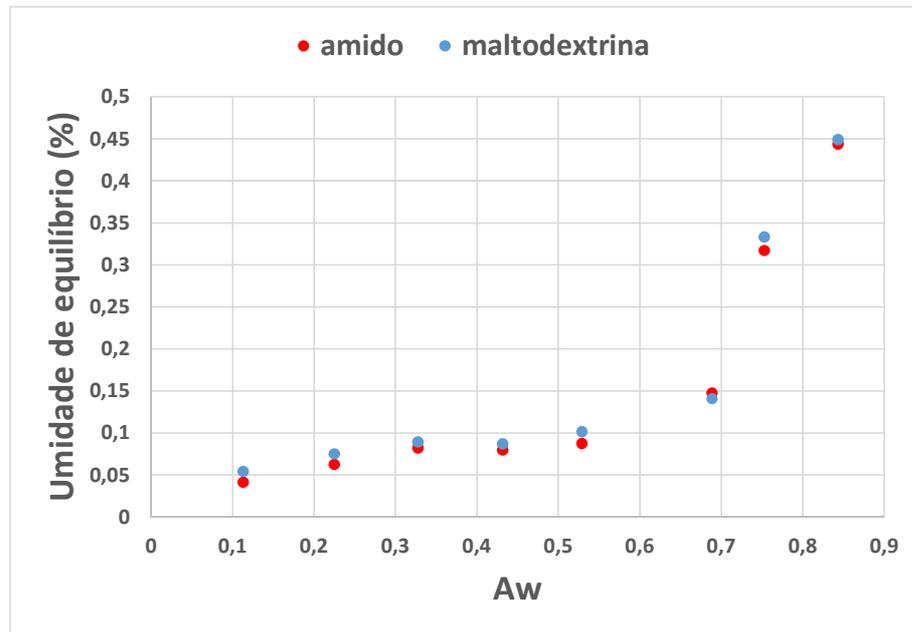
O equilíbrio das amostras em questão, nas condições investigadas, foi atingido entre 30 e 36 dias. As Figuras 1 e 3 apresentam as isotermas de sorção obtidas a 25°C e a 35°C, respectivamente. E as Figuras 2 e 4 mostram as fotos das amostras no equilíbrio a 25 e 35°C, respectivamente, em função da atividade de água.



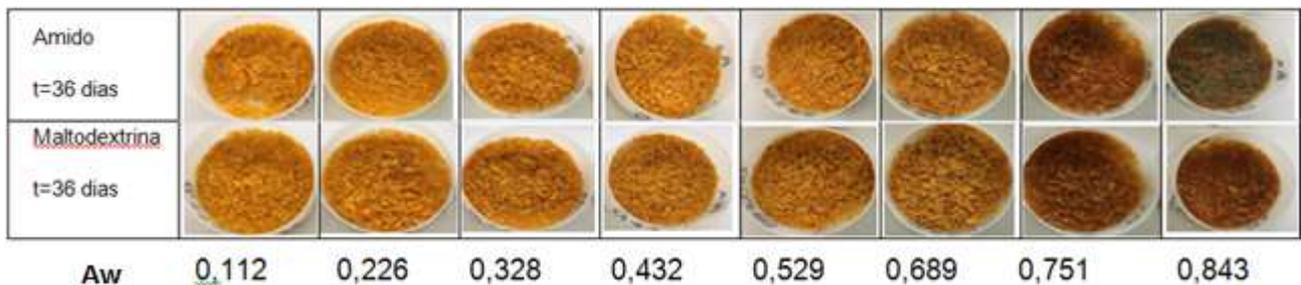
**Figura 1.** Isotermas de sorção dos flocos de manga com amido regular e com maltodextrina 10DE a 25°C.



**Figura 2.** Fotos dos flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE no equilíbrio a 25°C nas diferentes atividades de água.



**Figura 3.** Isotermas de sorção dos flocos de manga com amido regular e com maltodextrina 10DE a 35°C.



**Figura 4.** Fotos dos flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE no equilíbrio a 35°C nas diferentes atividades de água.

Analisando-se as Figuras 1 e 3, observa-se que as isotermas são do tipo III, ou seja, possuem formato sigmoidal, comportamento característico de alimentos (CAPARINO, 2012; BRAUNAUER, 1940). Sonthipermpon et al. (2006) observaram um comportamento semelhante nas isotermas de flocos de banana obtidos por *drum drying* com maltodextrina 10DE 2,7% (bs), e afirmaram que o desempenho é característico de produtos ricos em açúcar. Observa-se, na isoterma de 25°C (Figura 1), que as duas curvas estão muito próximas, sendo que a referente aos flocos obtidos com a maltodextrina 10DE está ligeiramente acima daquela obtida com amido. A diferença se acentuou na isoterma de 35°C (Figura 3).

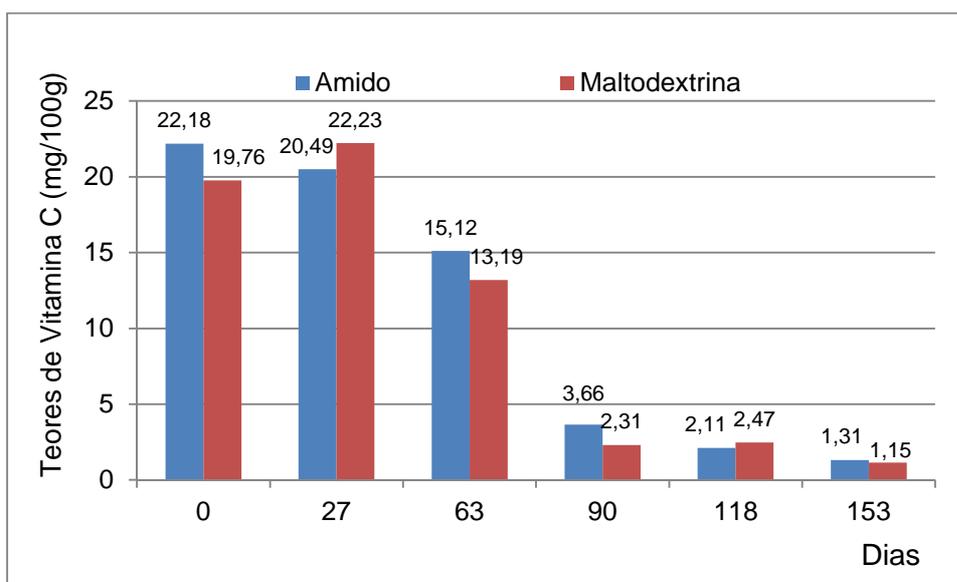
Os resultados mostram que os flocos com maltodextrina são ligeiramente mais higroscópicos que os flocos com amido, e o comportamento é sensível à temperatura. Observações visuais mostraram que os flocos, de ambas as amostras, permaneceram secos e



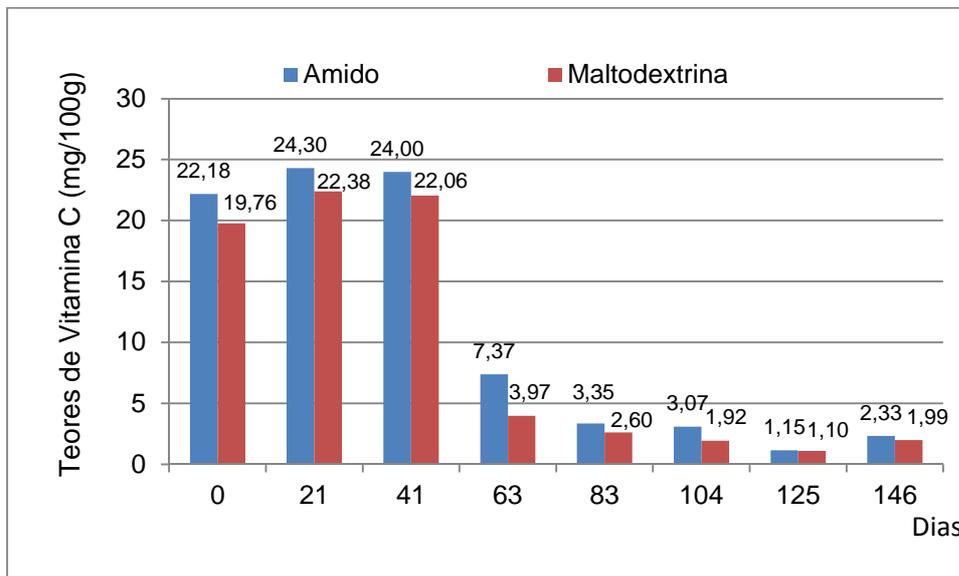
soltos no equilíbrio nas atividades de água de até 0,2260. A partir daí, até a  $A_w$  de 0,6890, os flocos apresentaram-se aglomerados e com leve escurecimento no equilíbrio. Por sua vez, nas últimas condições, os flocos apresentaram aglomeração, escurecimento, mela e crescimento microbiano. As Figuras 2 e 4 ajudam a visualizar o comportamento descrito. Os resultados permitem inferir que a estocagem crítica, para todas as situações investigadas, é a atividade de água de 0,226, ou umidade relativa de 22,6%. As umidades de equilíbrio nessas condições são de aproximadamente 3%, para ambos os produtos a 25°C, e na temperatura de 35°C, de aproximadamente 6 e 7% para os flocos com amido e maltodextrina, respectivamente.

### 3.2. Vitamina C

As Figuras 5 e 6 mostram os teores de vitamina C de ambas as amostras de flocos de manga mantidos a 25°C e a 35°C, respectivamente, durante o estudo de estabilidade.



**Figura 5.** Teores de vitamina C nos flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10 DE no armazenamento a 25°C.



**Figura 6.** Teores de vitamina C nos flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10 DE mantidos a 35°C.

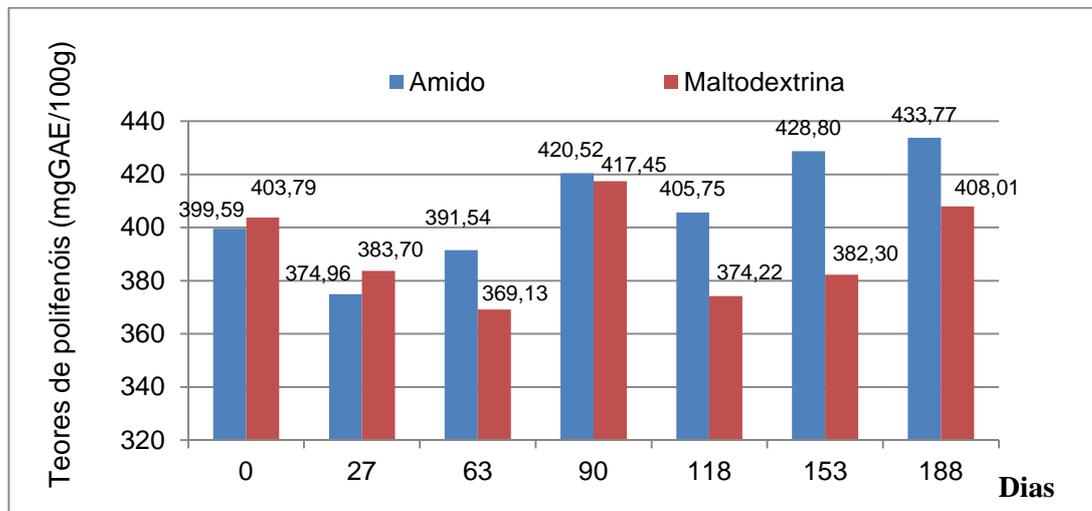
Observa-se que a vitamina C praticamente se esgotou nas amostras em aproximadamente 150 dias, nas duas condições de temperatura. Em todos os pontos, exceto aos 27 dias na temperatura de 25°C, a concentração de vitamina C esteve maior na amostra com amido.

Com respeito à variação da temperatura, observa-se que aos 63 dias, aproximadamente metade do tempo do estudo, o teor de vitamina C apresentou um decréscimo, com relação ao início, de 32% a 25°C e 67% a 35°C na amostra com amido, ou seja, uma aceleração da degradação de pouco mais de 2 vezes com o aumento de 10°C no armazenamento. Essa relação se aproxima do reportado por Rahman et al. (2013), que observaram uma aceleração da taxa de degradação de vitamina C de 1,8 vezes em pimentão verde liofilizado com o aumento de 15°C na temperatura de armazenamento. No caso da amostra com maltodextrina, o decréscimo foi de aproximadamente 33% a 25°C e 80% a 35°C, ou seja, uma aceleração de mais de 3 vezes com o mesmo aumento de temperatura.

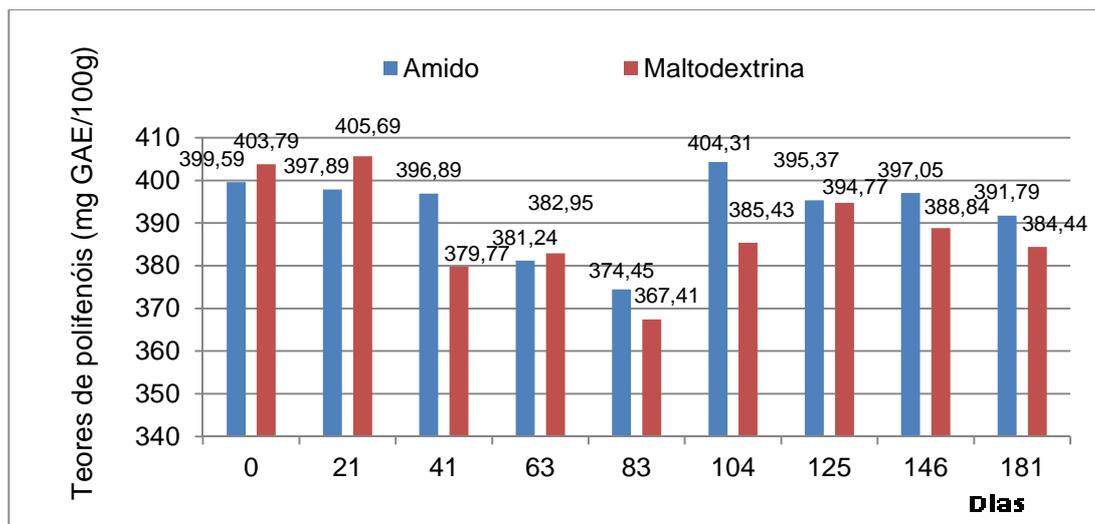
Pelo exposto, portanto, é possível inferir que o produto obtido com maltodextrina apresentou menor estabilidade com relação à vitamina C no armazenamento, e o aumento da taxa de degradação foi maior com o aumento da temperatura.

### 3.3. Compostos fenólicos

A variação dos teores de fenólicos totais dos produtos nas temperaturas de 25°C e 35°C estão apresentados, respectivamente, nas Figuras 7 e 8.



**Figura 7.** Teores de fenólicos totais (mg GAE/100g) dos flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE ao longo do tempo no armazenamento a 25°C.



**Figura 8.** Teores de fenólicos totais (mg GAE/100g) dos flocos de manga com amido regular e maltodextrina 10DE ao longo do tempo no armazenamento a 35°C.

Observa-se que as variações dos teores de fenólicos totais não apresentaram um padrão definido ao longo do tempo de avaliação, tendo sido pequena em ambas as amostras, nas duas condições de armazenamento. Na Figura 7 houve um aumento dos teores de fenólicos totais da amostra com amido armazenada a 25°C, de aproximadamente 9%. No caso da maltodextrina, esse aumento foi de 1%. Possivelmente isso ocorreu devido à reação de Maillard, estabelecida entre açúcares e aminoácidos, que resulta, dentre outros produtos, em alguns compostos fenólicos.

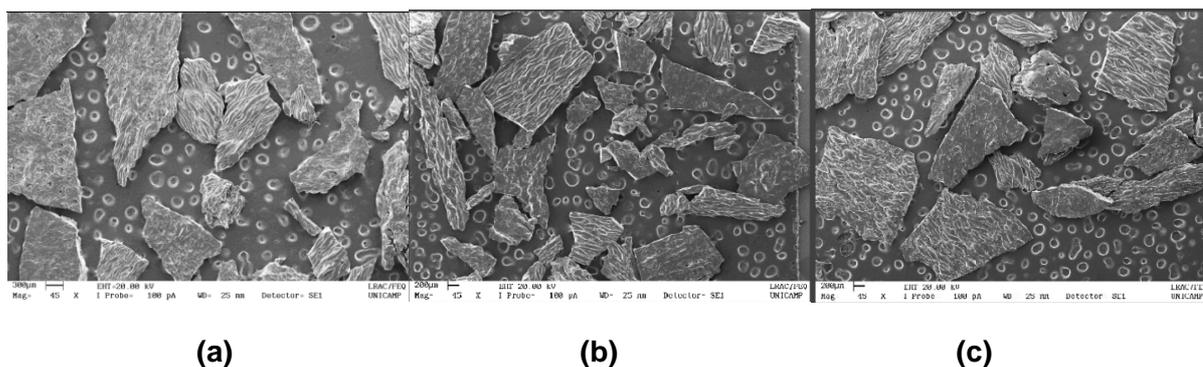
Ao contrário, na temperatura de 35°C, observa-se um decréscimo da concentração de fenólicos ao longo do tempo. Para a amostra com amido, o decréscimo foi de aproximadamente

2%, e para a amostra com maltodextrina, o mesmo foi de 5%. Possivelmente a degradação dos compostos nessas condições superou a produção de fenólicos da reação de Maillard. Segundo Ramirez et al. (2015), as reações de degradação dos fenólicos são influenciadas pela temperatura, incidência de luz, disponibilidade de oxigênio e água, bem como presença de outros compostos.

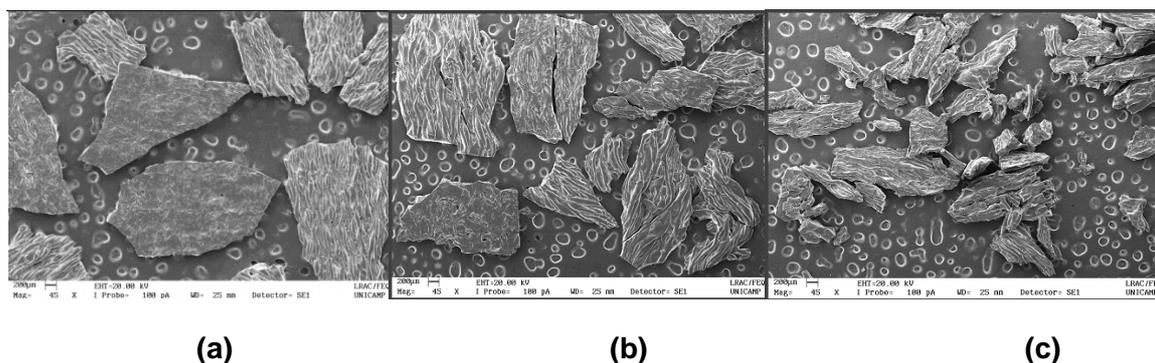
Pelo exposto, é possível inferir que o produto obtido com maltodextrina apresentou uma menor estabilidade com relação aos compostos fenólicos no armazenamento, principalmente a 35°C, em comparação à amostra com amido.

### 3.4. MEV

As Figuras 9 e 10 mostram as fotos registradas nas análises de microscopia eletrônica dos diferentes flocos de manga obtidos no *drum drying*.



**Figura 9.** Micrografia dos flocos de manga obtidos no *drum drying* com amido regular (ampliação de 45x) nos tempos inicial (a), final a 25°C (b) e final a 35°C (c).



**Figura 10.** Micrografia dos flocos de manga obtidos no *drum drying* com maltodextrina (ampliação de 45x) nos tempos inicial (a), final a 25°C (b) e final a 35°C (c).

Observa-se, através das micrografias, que ambos os flocos apresentam dois lados com texturas diferentes, mais evidenciados no tempo zero. O lado liso se refere à parte do filme que



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-141-7**

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. Esses grânulos são as estruturas formadas com a gelatinização do amido e da maltodextrina no processo de *drum drying*. É possível observar, também, que no tempo zero, as partículas de ambas as amostras se apresentaram soltas, sem sinais de aglomeração. Já no tempo final, ambas as amostras se mostraram com alguns pontos de aglomeração, principalmente aquela obtida com maltodextrina 10DE e armazenada a 35°C. Além disso, essa amostra apresentou um número maior de pequenas partículas, levantando a hipótese de que as mesmas se quebraram no armazenamento com a temperatura mais alta. O comportamento reforça os resultados obtidos nas outras análises, e anteriormente discutidos, que o produto com maltodextrina 10DE é mais higroscópico, e menos estável do que o produto obtido com amido regular.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os resultados das isotermas e das análises de morfologia (MEV) mostraram que os flocos de manga obtidos por *drum drying* empregando maltodextrina 10DE apresentam características mais higroscópicas que os flocos de manga obtidos com amido regular. Além disso, as isotermas mostraram que a umidade relativa crítica de armazenamento (atividade de água), para ambos os flocos, tanto a 25°C quanto a 35°C, é de 22,6% (ou  $A_w$  de 0,226), sendo que as umidades de equilíbrio são: aproximadamente 3% a 25°C para ambos os produtos; 6% e 7% a 35°C, para os flocos com amido e maltodextrina, respectivamente.

O estudo mostrou que a vitamina C se esgotou, em ambas as amostras, em aproximadamente 150 dias. O aumento da temperatura de armazenamento em 10°C diminuiu a estabilidade das amostras, acelerando as perdas do componente em aproximadamente duas vezes na amostra com amido. Os flocos obtidos com maltodextrina mostraram uma menor estabilidade, e uma aceleração da taxa de degradação da vitamina de três vezes com o mesmo aumento de temperatura no armazenamento.

Em relação aos compostos fenólicos, houve um ligeiro aumento dos teores, em ambas as amostras, na temperatura de 25°C, e perdas pequenas no armazenamento a 35°C. No geral, os flocos de manga obtidos com maltodextrina apresentaram uma menor estabilidade em relação ao nutriente.



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017**  
**02 a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo**  
**ISBN 978-85-7029-141-7**

## **5. AGRADECIMENTO**

Ao CNPq pela concessão de bolsa PIBIC e à Fapesp (processo 2015/12303-3) pelo financiamento do projeto.

## **6. REFERÊNCIAS**

BHANDARI, B. R., ADHIKARI, B. **Water activity in food processing and preservation In Drying Technologies in Food Processing**, West Sussex: editado por Chen, X. D., Mujumdar, A. S. John Wiley & Sons Ltd., 2008.

BRUNAUER, et al., On the theory of Van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 62, p. 1723-1732, 1940.

CAPARINO, O. A. **Mango (Philippine 'Carabao' var.) power made from different drying systems**. Dissertação de doutorado, Washington State University, Washington, 2012.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of United Nations - Statistical Division. Disponível em: <http://faostat3.fao.org>. Acesso em: 05 dez. 2016.

FIESP/ITAL – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Brasil Food Trend 2020**. São Paulo. FIESP/ITAL, 2010, 173p.

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

MERCADANTE, A. Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of Ripening, Cultivar Differences, and Processing on the Carotenoid Composition of Mango. Campinas, SP, **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.8561, n.97, p.128–130, 1998.

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

RAHMAN M. S., et al. Stability of vitamin C in fresh and freeze-dried capsicum stored at different temperatures. **Journal Food Science Technology**, v. 52(3), 1691-7, 2015.

RAMIREZ J. M., GIRALDO I. G., ORREGO C. E., Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. **Powder Technology**, v. 277, pag.89-96, 2015.

SONTHIPERMOON, W., SUWONSICHON, T., WITTAYA-AREEKUL, S., & WUTTIJUMNONG, P. Effect of maltodextrin on glass transition temperature and water activity of production banana flake. **Journal - Natural Science**, v. 40(3), 708–715, 2006.

TONIN, I. P.; FERRARI, C. C.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA, K. L.; BERTO, M. I.; SILVA, V. M.; GERMER, S. P. M. Performance of different process additives on the properties of mango powder obtained by drum drying. **Drying Technology**, 2017. (on line)