



UNIVERSIDADE ESTADUA DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos

**INFLUÊNCIA DE COADJUVANTES NA
OBTENÇÃO DE PÓ DE POLPA DE ATEMOIA**
(*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.)

Ana Carolina Dubinevics Gil

Maringá

2015

Ana Carolina Dubinevics Gil

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COADJUVANTES
NA OBTENÇÃO DE PÓ DE POLPA DE ATEMOIA**
(*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.)

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Ciências de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências de Alimentos

Maringá

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

Gil, Ana Carolina Dubinevics
G463i Influência de coadjuvantes na obtenção
de pó de polpa de atemoia (Annona
cherimola Mill x Annona squamosa, L.) /
Ana Carolina Dubinevics Gil. -- Maringá,
2015.
36 f; Il. tabs.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Clemente.

Dissertação (Mestrado em Ciencia de
Alimentos)- Universidade Estadual de
Maringá. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-graduação em Ciências de
Alimento.

1. Ciências de alimentos. 2.
Fruticultura. 3.Conservação pós-colheita.
Liofilização - Método de Secagem.
I.Clemente, Edmar, orient. II.
Universidade Estadual de Maringá. Programa
de Pós-graduação em Ciências de Alimento.
IV. Título.

21.ed. 634

Cicilia Conceição de Maria
CRB9- 1066

Orientador
Prof^o. Dr^o. Edmar Clemente, PhD

BIBLIOGRAFIA

ANA CAROLINA DUBINEVICS GIL nasceu em 17 de maio de 1986, na cidade de Santos – São Paulo. Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (2011).

Em 2013 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos - UEM, em nível de mestrado, realizando estudos na área de Conservação Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças.

Dedico

A minha vó Zelia,

A minha mãe Eveli, e

Ao meu grande companheiro Gilberto,

pelo incentivo, companheirismo, paciência, dedicação

e por sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof^o. Dr^o. Edmar Clemente pela oportunidade, pelos ensinamentos, apoio e confiança;

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências de Alimentos - UEM e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização da pesquisa;

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos por todo auxílio a mim concedido, em especial à Prof^a. Dr^a. Grasielle Scamaral Madrona e ao Prof^o. Dr^o. Antonio R. G. Monteiro.

À todos os técnicos da COMCAP (Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa), do laboratório da Prof^a Rosane Peralta, do Laboratório de Bioquímica de Alimentos e os servidores João (vidreiro) e Marcos (almoxarifado-DFI), sem os quais muitas etapas deste projeto dificilmente teriam sido finalizadas;

À nossa secretária, Marilda, sempre disposta a nos auxiliar e que com o tempo se tornou uma amiga;

Aos colegas de laboratório pelo apoio;

À Cristiane e Bruna, pela ajuda em todas as etapas desta pesquisa, pelos finais de semana na UEM, pelo apoio, dedicação, encorajamento, ânimo e principalmente pela amizade;

À Rosimari, Dalany e Diego por estarem sempre dispostas para esclarecer minhas dúvidas, e auxiliar em momentos difíceis deste projeto;

Aos meus companheiros de boxe, em especial Lorena e Fuên, por me proporcionarem momentos tão descontraídos, conversas divertidas, sempre renovando minhas energias;

À minha família, mãe e vó, pela compreensão com minhas faltas: de tempo, de humor, de paciência....As amo mais do que posso expressar!

Ao meu companheiro, Gilberto, meu grande amor, por ser meu amigo, meu companheiro de todos os momentos, mesmo nos que sou insuportável, me apoiar incondicionalmente, estar do meu lado em mais uma etapa de nossas vidas, e que venham outras! Agradeço-lhe pela sua compreensão e paciência. Amo-te!

SUMÁRIO

Introdução	1
Referências	4
Apresentação	5
Artigo 1	5
Artigo 2	6
Overview	7
Resumo Geral	9
Artigo 1 - EFFECTS OF MALTODEXTRIN IN WATER VAPOR SORPTION AND PHYSICAL PROPERTIES OF ATEMOYA (<i>Annona cherimola</i> Mill x <i>Annona squamosa</i> , L.) PULP POWDER.....	11
Artigo 2 – INFLUENCIA DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOATIVAS DA POLPA E POLPA LIOFILIZADA DE ATEMOIA (<i>Annona cherimola</i> Mill x <i>Annona squamosa</i> , L.)	29

Introdução

O Brasil destaca-se mundialmente como grande produtor de frutas e também pela diversidade de frutos produzidos, estando entre os três maiores produtores mundiais de frutas, entretanto o país apresenta altas taxas de perdas pós-colheita, que atingem em média 50% do total colhido, o que demonstra as dificuldades na conservação desses produtos (Torres, 2008).

O cultivo comercial de frutos exóticos vem crescendo gradativamente com o passar dos anos. Muitas espécies do gênero *Annona* são cultivadas comercialmente no país, sendo a graviola a mais importante para indústrias de processamento, e a fruta do conde, cherimoia e atemoia para o consumo *in natura* (Santos, 2009; Benedetti, 2010; Watanabe et al., 2014).

A atemoia é um híbrido interespecífico proveniente do cruzamento da pinha (*Annona squamosa* L.) com a cherimoia (*Annona cherimola* Mill.), apresentadas nas Fig. 1, a e b, respectivamente. O fruto obtido deste cruzamento reúne atributos das duas espécies, apresentando com principal característica o sabor adocicado da cherimoia (Filho et al., 2012). A capacidade de adaptação a temperaturas mais baixas da *Annona cherimola* Mill. e, em temperaturas mais altas da *Annona squamosa* gerou um fruto com maior amplitude térmica para adaptação ao clima tropical (Torres, 2008).

As anonáceas, principalmente a atemoia, ocupam, cada vez mais, posição de destaque entre as fruteiras cultivadas. O agronegócio da atemoia e de outras anonáceas exige manejo intensivo e é uma excelente opção para gerar emprego e renda para pequenos, médios e grandes produtores (Silva, 2011).

De modo geral, a vida pós-colheita das atemoias é bastante curta devido à rápida deterioração fisiológica, ocasionada pelo excessivo amadurecimento do fruto, que leva ao amolecimento da polpa e escurecimento da casca (Silva et al., 2009).

Como alternativas para a diminuição de perdas pós-colheita deste fruto estariam: a redução da temperatura de armazenamento do fruto, aplicação de ceras, biofilmes, uso de embalagens com atmosfera modificada, ou ainda o

processamento desses frutos em produtos estáveis, como na forma de pós, que além de possuírem longa vida de prateleira são de fácil armazenamento (Torres, 2008).



(a)

(b)

Figura 1: Fruto de atemoia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.) (a), Fonte: Paull and Cheng, 2014. Fruto de atemoia no pé (b), Fonte: Viveiro Oliveira, 2014.

Muitos processos de desidratação são utilizados com o objetivo de se produzir pós de produtos com elevado teor de umidade, mas a liofilização é uma das técnicas mais adequadas para a manutenção da qualidade biológica dos produtos. Porém, o processo de liofilização ainda é muito restrito às indústrias, pois exigem um alto investimento inicial e pessoal qualificado para a operação do sistema (Corrêa et al., 2011).

No processo de secagem de alimentos termossensíveis os aditivos são indispensáveis, e devem ser adicionados a um nível ideal, de modo a não prejudicar a aceitabilidade do produto, não descaracteriza-lo e não exceder aos limites determinados pela legislação (Oliveira et al., 2007).

Um dos coadjuvantes mais utilizados na secagem de frutos são as maltodextrinas, que possuem ampla aplicação na indústria alimentícia por serem solúveis em água, apresentarem propriedades funcionais específicas, baixa higroscopicidade (o que evita a aglomeração das partículas), reterem voláteis, não adocicadas, de baixa densidade, não possuírem sabor de amido e

baixo custo. São aplicadas em encapsulamento de essências e aromas, para fornecer consistência (como substitutos de gorduras), para prevenir a cristalização e controlar o congelamento (Coutinho, 2007).

O alto teor de fibras em conjunto com sabor e aroma exóticos faz com que os produtos desidratados de atemoia sejam potencialmente utilizáveis em muitas preparações de alimentos, com o intuito de aumentar o teor de fibras para preparações rápidas e/ou farinhas instantâneas, ou compostos em pó para sucos (Corrêa et al., 2011).

É de grande importância estudos que visem avaliar métodos alternativos de tratamentos pós-colheita que minimize as perdas, agreguem valor ao produto e mantenham propriedades nutricionais dos frutos.

Referências

Benedetti, P. C. D. Caqui em pó: influencia de aditivos e do método de secagem. Tese (Doutor em Engenharia e Ciências de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2010.

Corrêa, J.L.G.; Filho, E.D.S.; Batista, M.B.; Arola, F.; Fioreze, R. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 10(1), 35-42. 2008.

Coutinho, A. P. C. Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce. Botucatu, 2007, 137f, Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita. 2007.

Paull, R. E.; Chen N. J. Atemoya: Postharvest Quality-Maintenance Guidelines. College of Tropical Agriculture and Human Resources. 2014. Disponível em: http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-38.pdf

Santos, I. R. C. Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidasa de atemoia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.). *Dissertação* (Mestre em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2009.

Torres, L. M. R. Conservação pós-colheita de atemoia cv. “Thompson”. Araraquara, 2008. 149 p. *Dissertação* (Mestre em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2008.

Viveiro Oliveira. Atemóia. Disponível em: <http://viveirooliveira.blogspot.com.br/2014/06/atemoia.html>

Watanabe, H. S.; Oliveira, S. L.; Camara, F. M.; Almeida, G. V. B.; Alvez, A. A. Perfil de comercialização das Anonáceas nas Ceasas brasileiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36(e.), 65-70, 2014.

Apresentação

Esta dissertação de mestrado está apresentada na forma de dois artigos científicos.

Artigo 1

O primeiro artigo intitulado “**Effects of maltodextrin in water vapor sorption and physical properties of atemoya (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.) pulp powder**” que foi submetido à revista Drying Technology, com extrato Qualis B1 fator de impacto 1,742.

Ana Carolina Dubinevics Gil, Edmar Clemente e Dalany Menezes Oliveira. “**Effects of maltodextrin in water vapor sorption and physical properties of atemoya (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.) pulp powder**”.

Autores:

Ana Carolina Dubinevics Gil¹ (acdubg@gmail.com)

Edmar Clemente² (eclemente@uem.br)

Dalany Menezes Oliveira³ (dalanymenezes@gmail.com)

Filiações:

¹Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos.

²Universidade Estadual de Maringá, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Laboratório de Bioquímica de Alimentos.

³Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos.

Artigo 2

O segundo artigo intitulado **“Influencia do processo de liofilização nas características físico-químicas e bioativas da polpa e polpa liofilizada de atemoia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.)”**, que será submetido à revista Journal of Food Processing and Preservation, com extrato Qualis B2 e fator de impacto 0,938

Ana Carolina Dubinevics Gil, Edmar Clemente, Bruna Thamires Ribeiro Lima. **“Influencia do processo de liofilização nas características físico-químicas e bioativas da polpa e polpa liofilizada de atemoia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.)”**.

Autores:

Ana Carolina Dubinevics Gil¹ (acdubg@gmail.com)

Edmar Clemente² (eclemente@uem.br)

Bruna Thamires Ribeiro Lima (brunath_03@hotmail.com)

Filiações:

¹Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos.

²Universidade Estadual de Maringá, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Laboratório de Bioquímica de Alimentos

³Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Overview

Introduction. The atemoya (*Annona cherimoya* Mill x *Annona squamosa* L.) is a annonacea, and nowadays is the fruit of this family more commercialized and consumed in the country. However it is a seasonal fruit and its high perishability limits its sell, which makes it necessary to use conservation techniques or processing to extend the time to market. The dehydration by lyophilization aims at obtaining a stable product without losing the characteristics of fresh fruit.

Objective. The objective was to develop the atemoya pulp powder and characterize it as the physical and physicochemical composition and evaluate its hygroscopic behavior.

Methodology. The atemoya pulp powder was obtained by lyophilization. The pulp was subjected to three treatments: atemoya pulp without maltodextrin, atemoya pulp with 17% maltodextrin DE 10 and atemoya pulp with 17% maltodextrin DE 20. The samples were analyzed for color, pH, humidity, water activity, phenolic compounds, yellow flavonoids, hygroscopicity, bulk density, degree of caking, solubility and rehydration. Adsorption isotherms of product were used and five mathematical models to fit the results were used: Henderson, Oswin, Halsey, GAB and BET.

Results. The atemoya pulp powder with maltodextrin DE10 showed greater stability when stored at 15 ° C to 35 ° C and the medium water activity ranging from 0.10 to 0.98; besides to present lower initial water activity (0.23) and initial moisture content (2.72%) than the powder with maltodextrin DE20 (0.26 and 3.55%) and atemoya pulp without maltodextrin (0.24 and 5.52%). Treatment with maltodextrin DE20 showed better preservation of the levels of yellow flavonoids and total phenolic when compared with other powders. While integral powder of atemoya pulp was better in the maintenance of total phenolics.

Conclusion. The addition of maltodextrin was effective in maintaining the physical and physico-chemical properties of the powders.

Resumo Geral

Introdução. A atemoia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.) é uma anonácea, e é hoje o fruto desta família mais comercializado e consumido no país. No entanto é um fruto sazonal e sua alta perecibilidade limita sua comercialização, o que torna necessário o uso de técnicas de conservação ou de processamento para ampliar o tempo de comercialização. A desidratação por liofilização tem por finalidade a obtenção de um produto estável sem perder as características do fruto *in natura*.

Objetivo. O objetivo do trabalho foi desenvolver o pó de polpa de atemoia e caracterizá-lo quanto à composição física e físico-química e avaliar seu comportamento higroscópico.

Metodologia. O pó de polpa de atemoia foi obtido por secagem por liofilização. A polpa foi submetida a três tratamentos: polpa de atemoia integral, polpa de atemoia integral com adição de 17% de maltodextrina DE 10 e polpa de atemoia com adição de 17% de maltodextrina DE 20. As amostras foram analisadas quanto à cor, pH, umidade, atividade de água, compostos fenólicos, flavonóides amarelos, higroscopicidade, densidade, grau de caking, solubilidade e tempo de reidratação. Foram utilizadas as isotermas de adsorção do produto e utilizados cinco modelos matemáticos para ajuste dos resultados: Henderson, Oswin, Halsey, GAB e BET.

Resultados. O pó de polpa de atemoia com adição de maltodextrina DE 10 apresentou maior estabilidade quando armazenado de 15°C a 35°C e atividade de água do meio variando de 0,10 a 0,98; além de apresentar menor atividade de água inicial (0,23) e umidade inicial (2,72%) do que o pó com adição de maltodextrina DE20 (0,26 e 3,55%) e o pó integral de polpa de atemoia (0,24 e 5,52%). O tratamento com adição de maltodextrina DE 20 apresentou melhor preservação nos teores de flavonóides amarelos e fenólicos totais quando

comparado com os outros pós. Enquanto que o pó integral de polpa de atemoia foi melhor na manutenção dos fenólicos totais.

Conclusão. A adição de maltodextrina mostrou-se efetiva na manutenção das qualidades físicas e físico-químicas dos pós obtidos.

Artigo 1 - EFFECTS OF MALTODEXTRIN IN WATER VAPOR SORPTION AND PHYSICAL PROPERTIES OF ATEMOYA (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.) PULP POWDER

ABSTRACT

This study aimed at evaluating the hygroscopic behavior of atemoya (PA) pulp powder with and without the addition of maltodextrin – DE10 (PA + M10) and DE20 (PA + M20) – using adsorption isotherms at 15°C, 25°C and 35°C. We obtained the samples by lyophilization for 21 hours. Adding additives affected the isotherms, as the samples with maltodextrin, at the same ratio of water activity, showed lower content of balance moisture and were not as affected by temperature variation as the fresh pulp. In general, adding maltodextrin improved their physical properties. Sample PA + M10 showed the better results.

Keywords: *Annona squamosa* x *Annona cherimola*, Isotherms; Sorption; Hygroscopicity; Food Drying, Maltodextrin

INTRODUCTION

Atemoya (*Annona squamosa* x *Annona cherimola*) is a hybrid derived from the cross between sugar apple (*Annona squamosa*) – a tropical fruit – and cherimoya (*Annona cherimola*) – a subtropical fruit. The hybrid is resistant to a wider temperature range, is provided with a lower number of seeds and more pulp, in addition to having inherited the very much appreciated cherimoya flavor.

In general, the postharvest life of Annonaceae fruits is limited, due to the physiological deterioration caused by fast ripening, causing the pulp to melt and the peel to darken; these facts lead to massive losses and devaluation.^[1]

Since atemoya fruits have a short shelf life, pulp drying seems to be an efficient conservation technique. As we reduce water content in foods, we obtain more stable products, with longer conservation periods, in addition to inhibiting the growth of microorganisms and the activity of some enzymes, as

well as reducing their volume, making storage and transport easy and cutting costs.^[2]

There are several drying techniques available, but lyophilization is one of the most adequate ones, in order to maintain the biological quality of products. In this process, the material is dried by the sublimation of frozen water at low temperatures and vacuum. This method reduces the loss of volatile and antioxidant compounds, which are highly susceptible to methodologies that use high temperatures, and it best preserves the product's sensory characteristics.^[3,4]

Knowing the physical properties of food powders (sorption isotherms, density, hygroscopicity, moisture, caking degree, solubility, rehydration time, and others) is extremely useful to control the processing, storage and quality control of the product.

Given the above, the main purpose of this work was to determine the data related to sorption isotherms of atemoya pulp powder, obtained by lyophilization and assess the effect of the addition of different maltodextrins to their formulation. Moreover, we studied the behavior of water absorption and some physical properties.

MATERIAIS E MÉTODOS

Raw material

We acquired the fruits of atemoya at Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGSP, São Paulo, São Paulo, Brazil, and they were selected as for their ripeness and absence of injuries. Afterwards, we sanitized the fruits, removed their pulp and their seeds manually. In order to preserve the pulp integrity, we stored it at -18°C until the drying moment.

Pulp preparation and drying

Two aqueous solutions with 50% of solids (based on mass) were prepared by maltodextrin dispersion: DE10 (Maltogill 10, Dextrose equivalent –

DE10) and DE20 (Maltogill 20, Dextrose equivalent – DE20) in distilled water at a temperature of 25°C. Afterwards, we added the pulp, which had been previously triturated with the aid of a food processor. The mass ratio between the maltodextrin solutions and the pulp was calculated in order to provide 17% of maltodextrin in a moist basis (that is, 17g of maltodextrin / 100g of total mass) to the final samples, which were to be submitted to the drying process.

The pulps were submitted to three treatments:

- Atemoya pulp without maltodextrin (PA);
- Atemoya pulp with 17% of maltodextrin DE10 (PA + M10);
- Atemoya pulp with 17% of maltodextrin DE20 (PA + M20).

The samples were frozen by immersion in liquid nitrogen and dehydrated in a bench lyophilizer, at a condenser temperature of 40°C, for 21 hours.

Sorption isotherm measurement

The balance moisture in the samples of atemoya pulp powder was determined by the static gravimetric method^[5] at 15°C, 25°C and 35°C. Eight saturated saline solutions were prepared and we obtained a range of water activity, from 0.1 to 0.9 (LiCl, KCH₃CO₂, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaCl, KCl, CuSO₄). The solutions were transferred to vessels hermetically sealed, where approximately 0.2g of samples were conditioned in stainless steel recipients. They remained there until they reached hygroscopic balance. Afterwards, we determined the moisture content in the samples, in a chamber with forced air circulation at 105°C. All measurements were carried out in triplicates.

Six mathematical models (Table 1) were used to determine the best adjustment for the experimental data. We used non-linear regression to estimate the parameters, with the aid of software STATISTICA, version 7.0.^[6] The determination coefficient (R^2) and the relative average deviation (E%) (Equation 1) were used to assess the adjustment quality and the estimation precision, respectively.^[7]

$$E\% = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|m_{exp} - m_{pre}|}{m_{exp}} \quad (1)$$

where $E\%$ = relative average error; n = number of observation, m_{exp} and m_{pre} are the experimental and predicted moisture content, respectively.

Table 1 – Mathematical models used to fit the sorption isotherm data

Models	Mathematical equations
Henderson ^[8]	$m = \left[\frac{-\ln(1 - a_w)}{a} \right]^{1/b}$
Oswin ^[9]	$m = a \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b$
Halsey ^[8]	$m = \left[\frac{-a}{\ln a_w} \right]^{1/b}$
GAB ^[10]	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot k \cdot a_w}{(1 - k a_w)[1 + (c - 1)k a_w]}$
BET ^[11]	$m = \frac{m_0 \cdot c \cdot a_w}{1 - a_w} \cdot \left(\frac{1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}}{1 - (1 - c) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}} \right)$

m = equilibrium moisture content (g H₂O/100g dry basis.); a_w = water activity; m_0 = monolayer moisture content (g H₂O/100g d. b.); C = constant related to heat of sorption of the molecular layer; n = number of molecular layers ; a, b, c and k terms are parameters to be estimated by fitting.

Analysis of the physical properties of the powder

Hygroscopicity

The analysis was determined according to methodology A14a, as described by GEA Niro Research Laboratory.^[12] It is based upon the exposition of the sample to an environment at a temperature of 24°C and 72% of relative humidity, using a saturated solution of sodium chloride, until they reach balance. We carry out the estimation of hygroscopicity by using Equation 2.

$$\%Hygroscopicity = \left(\frac{\%WI + \%FW}{100 + \%WI} \right) * 100 \quad (2)$$

where, $\%FW$ =% of moisture (obtained from the analysis of caking degree);

$$\%WI = ((c - b)/(b - a)) * 100;$$

a = dish weight (g);

b = dish plus powder weight (g);

c = dish plus weight in balance (g).

Degree of Caking

After determining hygroscopicity, we dried the sample in a hothouse, until it reached constant weight. After cooling in a desiccator, the sample was transferred to a 500 μ m sieve, where it was stirred for 5 minutes. The powder remaining on the sieve was weighed and, from this value, we calculated the degree of caking (Equation 3), according to GEA Niro Research Laboratory^[12], methodology A15a.

$$\%Caking\ Degree = \left(\frac{a}{b}\right) * 100 \quad (3)$$

where, a = amount of powder that remained in the sieve after agitation;

b = amount of powder used for sieving.

Rehydration

We determined the time of rehydration of atemoya pulp powders as suggested by Goula and Adamopoulos^[13], in which we dilute 2g of samples in 50mL of distilled water, under stir at 800rpm. Time was measured from the moment water was added until complete rehydration of the powder.

Solubility analysis

In order to determine the solubility of atemoya powders, we used the methodology proposed by Cano-Chauca et al.^[14], with modifications. Approximately 1g of sample were added to 100mL of distilled water. The mixture was stirred for 5 minutes in a magnetic stirrer and then it was left sitting for 12 hours, for residue decantation. 25mL aliquots of the supernatant were collected in petri dishes and submitted to drying in a hothouse at 105°C for 5 hours. The percentage of solubility was calculated by weight difference.

Bulk density

In order to determine sample density, we used the method proposed by Goula and Adamopoulos^[13], in which 2g of sample were inserted in a 50mL graduated burette. The apparent density was calculated by dividing the powder mass by the volume in the cylinder.

Statistical analysis

All analyses were carried out in triplicates and the results were submitted to analysis of variance (ANOVA). In order to compare the averages, we used Tukey test at the level of 5% of significance, with the aid of software Statistica, version 7.0.^[6]

RESULTS AND DISCUSSION

The data for adsorption balance, as obtained in this study for atemoya pulp powders, with and without additives, at the different temperatures, are displayed on Table 2. The balance moisture in each water activity represents the average between three repetitions, in which the deviation remained below 0.004 g/g in a dry basis.

Table 2 – Experimental equilibrium moisture contents (dry basis) for atemoya pulp powders.

Temperature (°C)	Atemoya pulp powder (PA)		Atemoya pulp powder with maltodextrin DE10 (PA+M10)		Atemoya pulp powder with maltodextrin DE20 (PA+M20)	
	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}
	15°C	0.230	0.041	0.230	0.037	0.230
	0.260	0.051	0.260	0.042	0.260	0.041
	0.350	0.064	0.350	0.054	0.350	0.052
	0.440	0.110	0.440	0.093	0.440	0.084
	0.530	0.156	0.530	0.133	0.530	0.112
	0.790	0.319	0.790	0.265	0.790	0.257
	0.850	0.576	0.850	0.465	0.850	0.401
	0.950	1.248	0.950	1.010	0.950	0.901
25°C	0.170	0.019	0.170	0.014	0.170	0.018
	0.220	0.031	0.220	0.019	0.220	0.026
	0.290	0.049	0.290	0.032	0.290	0.041
	0.380	0.078	0.380	0.051	0.380	0.072

35°C	0.460	0.112	0.460	0.103	0.460	0.101
	0.720	0.392	0.720	0.221	0.720	0.292
	0.760	0.581	0.760	0.392	0.760	0.371
	0.890	1.258	0.890	0.834	0.890	0.950
	0.130	0.029	0.130	0.014	0.130	0.020
	0.160	0.053	0.160	0.030	0.160	0.034
	0.260	0.080	0.260	0.043	0.260	0.052
	0.340	0.110	0.340	0.067	0.340	0.080
	0.420	0.136	0.420	0.089	0.420	0.095
	0.690	0.325	0.690	0.237	0.690	0.272
	0.730	0.481	0.730	0.320	0.730	0.341
0.860	1.233	0.860	0.781	0.860	0.856	

In general, the balance moisture in food tends to decrease when they are submitted to an increase in temperature, at a constant level of water activity. However, this behavior may change, according to the structure and composition of the material.^[3] According to the numbers obtained experimentally (Table 2), we observe that this behavior is not pointed out and, in many moments, we even observe the opposite situation. It is also possible to note that, where a_w ranges from 0.1 to 0.4, there a slight increase in X_{eq} , whereas for higher a_w , the balance moisture almost multiplies its value by two.

When compared to other dehydrated foods, such as pineapple pulp^[15], lemon juice^[3], roseship^[16], mango pulp^[17] and strawberries^[18], atemoya pulp showed a lower ability to bind to water, when exposed to environments with low water activity ($a_w < 0.4$), i.e., water steam absorption was more noticeable in places with high a_w averages (> 0.4).

The powder produced with maltodextrin DE10 showed lower water adsorption, followed by pure one and the one produced with maltodextrin DE20. Tonon et al.^[19] also observed this behavior while studying acai pulp powder.

The powder samples PA+M10 were less susceptible to alterations induced in the media, except when at 15°C. On the other hand, PA samples were highly sensitive to alterations in the media where they were stored and

they absorbed a lot more water steam then other treatments under all the analyzed conditions.

The results obtained by non-linear regression for the adjustment of the mathematical models to the experimental data are displayed on Tables 3, 4 and 5.

Table 3 – Estimated parameters for atemoya pulp powder (PA) at different temperatures

Model	Parameter	Temperature		
		15°C	25°C	35°C
Henderson	a	0.5728	0.5223	0.4470
	b	2.6499	1.9573	1.7998
	P (%)	29.9623	17.9015	48.9169
	R ²	0.9951	0.9984	0.9912
Oswin	a	0.1367	0.1614	0.1594
	b	0.7537	0.9878	1.1206
	P (%)	16.0297	23.3641	24.8270
	R ²	0.9964	0.9967	0.9964
Halsey	a	0.0679	0.1448	0.1762
	b	1.1956	0.8785	0.7519
	P (%)	31.2902	61.8657	14.0628
	R ²	0.9941	0.9934	0.9985
GAB	m ₀	0.1086	5.8657	0.1123
	c	1.5101	0.0197	2.5618
	k	0.9662	0.8375	1.0607
	P (%)	8.6424	5.3505	8.9699
	R ²	0.9973	0.9987	0.9986
BET	m ₀	0.1010	0.2335	0.1016
	c	0.4730	0.6171	1.0996
	n	-0.5830	1.1261	0.0990
	P (%)	45.4333	23.1287	26.3477
	R ²	0.9726	0.9968	0.9955

Table 4 – Estimated parameters for atemoya pulp powder with addition of 17% of maltodextrin DE10 (PA + M10) at different temperatures

Model	Parameter	Temperature		
		15°C	25°C	35°C
Henderson	a	0.5831	2.4275	0.4831
	b	2.9939	0.5137	2.2283
	P (%)	29.6519	26.5510	41.6468
	R ²	0.9949	0.9938	0.9947
Oswin	a	0.1139	0.1062	0.1086
	b	0.7435	0.9889	1.0839
	P (%)	14.7123	28.0334	13.4872
	R ²	0.9969	0.9939	0.9989
Halsey	a	0.0527	0.1007	0.1245
	b	1.2108	0.8711	0.7839
	P (%)	29.1891	56.2772	16.5521
	R ²	0.9947	0.9915	0.9994
GAB	m ₀	0.0862	0.3181	0.0896
	C	1.7905	0.2222	1.5504
	K	0.9671	0.9133	1.0390
	P (%)	8.1323	9.2760	9.6442
	R ²	0.9976	0.9947	0.9995
BET	m ₀	25.6519	10.1207	0.0059
	c	0.0042	0.0081	17.1693
	n	1.8618	1.5092	0.0327
	P (%)	7.4100	22.0143	12.7144
	R ²	0.9967	0.9942	0.9986

Table 5 – Estimated parameters for atemoya pulp powder with addition of 17% of maltodextrin DE20 (PA + M20) at different temperatures

Model	Parameter	Temperature		
		15°C	25°C	35°C
Henderson	a	0.5874	0.4942	0.4888
	b	3.2048	2.2743	2.1367
	P (%)	27.9391	31.3949	42.2984
	R ²	0.9965	0.9977	0.9939
Oswin	a	0.0978	0.1075	0.1215
	b	0.7573	1.0442	1.0714
	P (%)	9.9595	6.1024	16.3785
	R ²	0.9985	0.9997	0.9988
Halsey	a	0.0459	0.1122	0.1334
	b	1.215452	0.8514	0.7925
	P (%)	27.2546	32.5756	10.3073
	R ²	0.9965	0.9986	0.9997
GAB	m ₀	0.0765	0.1211	0.0936
	C	1.8870	0.8735	1.8990
	K	0.9673	0.9983	1.0428
	P (%)	6.8414	7.3842	6.0026
	R ²	0.9992	0.9999	0.9998
BET	m ₀	0.1998	0.2945	0.2741
	c	0.7529	0.2906	0.2751
	n	1.7668	1.1241	0.4973
	P (%)	16.7546	4.3584	23.5434
	R ²	0.9971	0.9998	0.9981

GAB model was satisfactorily adjusted to the experimental data $R^2 > 0.9$ and $P < 10\%$, as affirmed by Aguerre et al.^[20] The results in this work were well adjusted to GAB model for the different treatments at all analyzed temperatures, $R^2 > 0.9$ and $P < 10\%$ ^[20] and they are in accordance with the parameters suggested by Brunauer, based on the mathematical analysis of the model ^[21], who suggest a type III classification ($0 < k < 1$ and $0 \leq c \leq 2$), which was not

observed at 35°C. In Figures 1 and 2, we can observe the isothermal experimental behavior of pure atemoya pulp powder, at different temperatures, and also with additives, respectively, with their respective adjustments to GAB model, clearly showing that all curves are type III.

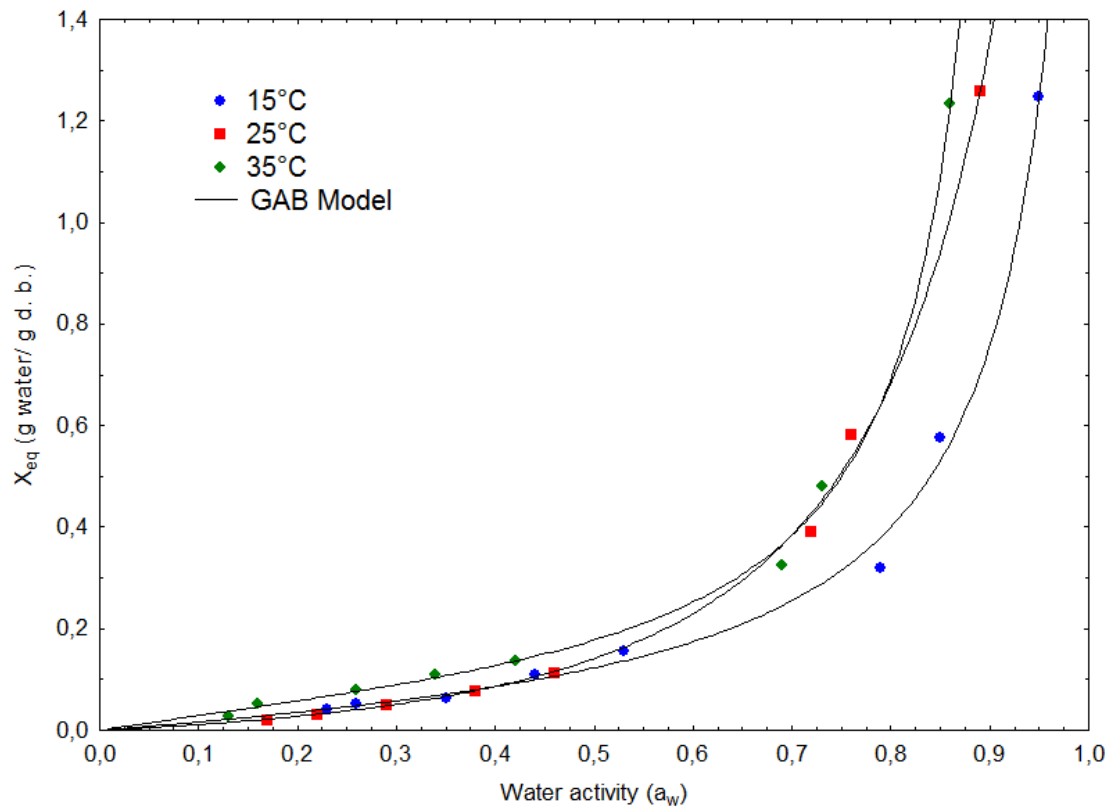


Fig. 1 – Sorption isotherms of atemoya powder at different temperatures.

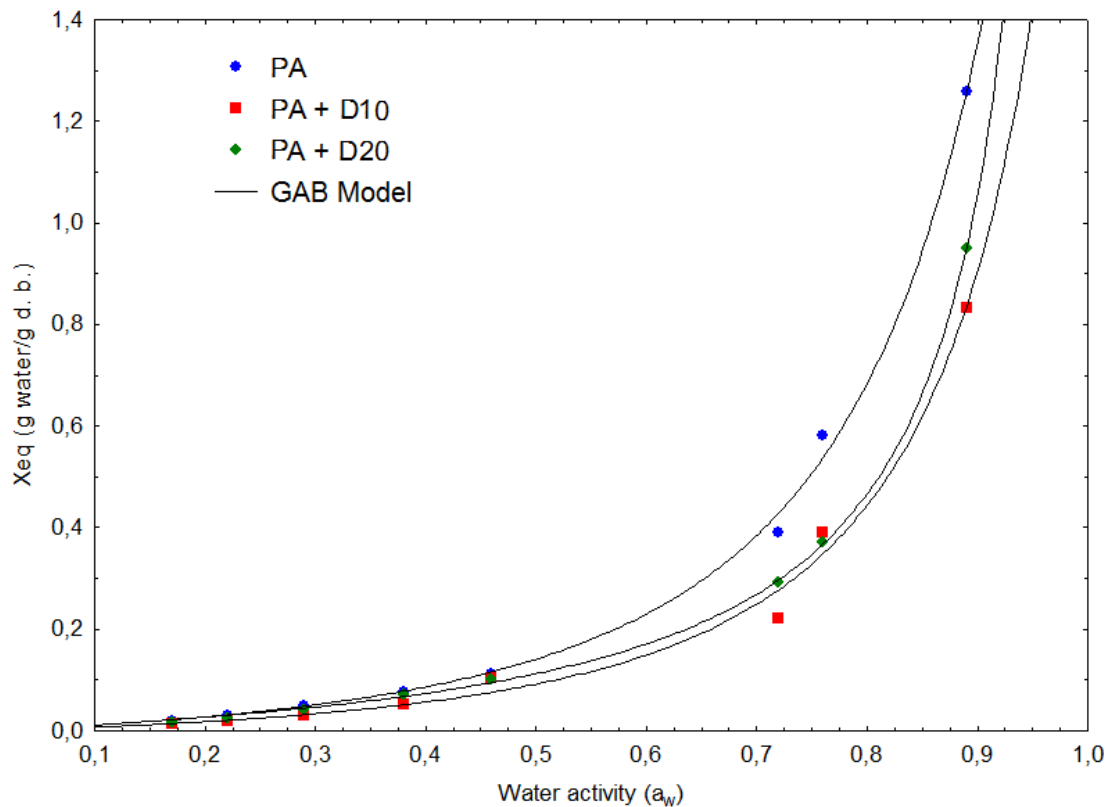


Fig. 2 – Influence of maltodextrins on sorption isotherms of atemoya powder at 25°C.

As described by Demarchi et al.^[16], matrixes with high contents of soluble solids, such as fruits, tend to show curves for isotherms shaped as a “J” (type III), as it can be seen in Figures 1 and 2. Similar results were reported in many studies on foods with high contents of sugar, such as apricot ^[22], nectarine ^[23], acai juice ^[19], pestil ^[24], figs and potatoes ^[25].

The monolayer moisture content (m_0) is a parameter calculated by GAB and BET models and indicates the amount of water that is strongly adsorbed to specific sites in the food surface. It is also considered a critical parameter, since it is considered an optimum value to ensure food stability ^[26]. BET model was more stable as to the exposition to environments with higher relative humidity, since it showed higher levels of monolayer moisture, but since the value E (%), obtained by GAB model, was significantly lower, it continues being the model that best describes the behavior of atemoya pulp powders.

As for the atemoya pulp powder added with maltodextrin DE20, m_0 results varied from 0.07 to 0.12 (dry base). Gomes et al.^[27] found m_0 values

between 0.08 and 28.54 (d.b.) at temperatures of 20°C to 30°C. Studies on lemon juice powder^[3], pineapple pulp powder^[15], acai pulp powder^[19] and persimmon pulp powder^[28] obtained m_0 results ranging from 0.054 to 0.166 (d.b.), which is pursuant to m_0 values calculated in this study.

For PA samples, parameter c of GAB increased from 1.51 at 15°C to 2.56 at 35°C and for PA+M10, this value went from 1.88 at 15°C to 1.89 at 35°C, PA+M20 while samples showed a reduction of this parameter was 1.79 at 15°C to 1.55 at 35°C. A similar behavior was observed in lemon juice powder^[3] and pineapple pulp powder^[15], which was bestowed to the possibility that c may not have any physical significance and its variation towards temperature may be a mathematical compensation between c and k .^[3]

We suppose that the strong interactions adsorbate-adsorbent, which are naturally exothermic, are favored at low temperatures, causing an increase in parameter c .^[29] On the other hand, Iglesias and Chirife^[30] studied more than 30 different types of food and acknowledged that, in 74% of them, the value of c did not decrease upon temperature increase, probably due to irreversible changes caused by temperature increase in the analyzed samples, such as enzymatic reactions and protein denaturation.

Parameter k provides a measurement of interactions between molecules in multilayers with the adsorbent and it tends to be places between the value of molecules in the monolayer and the liquid water ($k=1$)^[28]. The value of k practically did not suffer any alteration by the addition of maltodextrin and it varied from 0.8375 to 1.0607, for pure atemoya, and from 0.9133 to 1.0428 for added pulps. and Righetto^[31] and Benedetti et al.^[28] did not observe a significant variation in values of k related to additive addition either.

Physical properties

The results we obtained for physical properties of atemoya pulp powders with and without additives are displayed on Table 6. It is possible to observe that the addition of maltodextrin to atemoya pulp altered significantly the powder properties.

We can observe a major alteration in the product's degree of caking, which shows that adding maltodextrin has contributed positively, reducing the percentage of agglutination in the product when exposed to high levels of humidity. Furthermore, adding maltodextrin also improved their solubility conditions and reduced their initial moisture content, as it has already been observed from the results of balance moisture versus water activity (Figure 2).

As for hygroscopicity, we did not observe significant differences for apparent density and rehydration time among the treatments.

Table 6 – Analysis of the physical properties of the powder

	PA	PA + D10	PA + D20
Moisture (g/100g)	5.524 ^a ± 0.106	2.272 ^c ± 0.320	3.743 ^b ± 0.463
Higroscopicity (%)	8.103 ^a ± 0.881	6.799 ^a ± 0.593	7.082 ^a ± 0.503
Degree of Caking (%)	72.112 ^a ± 3.204	37.317 ^b ± 2.256	23.796 ^c ± 4.499
Bulk density (g.mL ⁻¹)	0.344 ^a ± 0.030	0.303 ^a ± 0.003	0.323 ^a ± 0.025
Solubility (%)	71.010 ^b ± 0.398	78.899 ^a ± 1.786	80.269 ^a ± 0.829
Rehydration (g.min ⁻¹)	0.890 ^a ± 0.192	1.013 ^a ± 0.001	1.014 ^a ± 0.016

*The following values represent the average between three repetitions ± standard deviation. Lower case letters in the same line represent statistical differences.

CONCLUSION

GAB was the most adequate model to describe the experimental data obtained for atemoya pulp powders with and without maltodextrin (PA, PA+M10 and PA+M20).

Adding maltodextrin to atemoya pulp powder improves their important physical characteristics, such as: moisture, degree of caking and solubility. maltodextrin DE10 showed the best results.

ACKNOWLEDGEMENT

To Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for granting a scholarship to the first author and to the Research Group AgroTec.

REFERENCES

1. Paull, R.E. Postharvest atemoya fruit splitting during ripening. *Postharvest Biology and Technology* **1996**, 8 (4), 329-334, DOI: 10.1016/0925-5214(96)00012-9.
2. Ordoñez, J. A. *Tecnologia de alimentos, V. 1 – Componentes dos Alimentos e Processos*; Atmed: Porto Alegre, RS,. 2005.
3. Martinelli, L.; Gabas, A.L.; Telis-Romero, J. Thermodynamic and quality properties of lemon juice powder as affected by maltodextrin and arabic gum. *Drying Technology* **2007**, 25, 2035-2045, DOI: 10.1080/07373930701728836.
4. Corrêa, S.C.; Clerici, M.T.P.S.; Garcia, J.S.; Ferreira, E.B.; Eberlin, M.N.; Azevedo, L. Evaluation of dehydrated *marolo* (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. *Food Research International* **2011**, 44, 2385-2390.
5. Wolf, W.; Spiess, W.E.L.; Jung, G. Standardization of isotherm measurements. In *Properties of Water in Foods*; Simatos, D., Multon, J.L., Eds.; Martinus Nijhoff: Dordrecht, the Netherlands, 1985; 661-679.
6. Statsoft. *Statistica for Window – Computer programa manual*. Versão 7,0. Statsoft Inc, Tulsa, **2007**.
7. Iglesias, H. A.; Chirife, J. A model for describing the water sorption behaviour of foods. *Journal of Food Science* **1976**, 41(5), 984-992.
8. Chirife, J., Iglesias, H.A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 – a review. *International Journal of Food Science & Technology* **1978**, 13(3), 159–174.
9. Oswin, C.R. The kinetics of packing life. III. The isotherm. *Journal of the Indian Chemical Society* **1946**, 65, 419-423.
10. Van Den Berg, C.; Bruin, S. Water activity and its estimation in food systems: theoreticl aspects. In *Water Activity: Influence on Food Quality*; Rockland, L.B., Stewart, G.E., Eds.; Academic Press: New York, 1981; 45-58.
11. Brunauer, S.; Emmett, P.H.; Teller, E. Adsorption of gases in multimolecular layer. *Journal of the American Chemistry Society* **1938**, 60, 309–319.
12. Gea Niro Research Laboratory. Analytical methods drymilk products. *GEA Niro Analytical Methods*; GNRL: Soeborg, Denmark, 2003.

13. Goula, A.M.; Adamopoulos, K.G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **2010**, 11(2), 342-351.
14. Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C.; Ramos, A.M.; Cal-Vidal, J. Effect of the carries on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **2005**, 6(4), 420-428.
15. Gabas, A.L.; Telis, V.R.N.; Sobral, P.J.A.; Telis-Romero, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering* **2007**, 82, 246-252, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.02.029.
16. Demarchi, S.M.; Ruiz, N.A.Q.; Michelis, A., Giner, S.A. Sorption characteristics of rosehip, Apple and tomato pulp formulations as determined by gravimetric and hygrometric methods. *Food Science and Technology* **2013**, 52(1), 21-26.
17. Moreira, T.B.; Rocha, E.M.F.F.; Afonso, M. R. A.; Costa, J.M.C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2013**, 17(10), 1093-1098.
18. Moraga, G.; Martínez-Navarrete, N.; Chiralt, A. Water sorption isotherms and glass transition in strawberries: influence of pretreatment. *Journal of Food Engineering* **2004**, 62(4), 315-321.
19. 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* **2009**, 94(3-4), 215-221.
20. Aguerre, R.J.; Suarez, C.; Viollaz, P.E. New BET type multilayer sorption isotherms Part II: Modelling water sorption in foods. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* **1989**, 22(04), 192-195.
21. Blahovec, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. *Journal of Food Engineering* **2004**, 65(4), 489-495.

22. Mrad, N.D.; Bonazzi, C.; Boudhrioua, N.; Kechaou, N.; Courtois, F. Influence of sugar composition on water sorption and glass transition in apricots. *Journal of Food Engineering* **2012**, 111(2), 403-411.
23. Fabra, M.J.; Talens, P.; Moraga, G.; Martínez-Navarrete, N. Sorption isotherm and state diagram of grapefruit as tool to improve product processing and stability. *Journal of Food Engineering* **2009**, 93(1), 52-58.
24. Kaya, S.; Kahyaoglu, T. Thermodynamic properties and sorption equilibrium of pestil (grape leather). *Journal of Food Engineering* **2005**, 71(2), 200-207.
25. Yanniotis, S.; Blahovec, J. Model analysis of sorption isotherms. *Food Science and Technology* **2009**, 42(10), 1688-1695.
26. Molina, R.; Clemente, E.; Scapim, M.R.S.; Vagula, J.M. Physical evaluation and hygroscopic behavior of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) lyophilized pulp powder. *Drying Technology* **2014**, 32(16), 2005-2011, DOI: 10.1080/07373937.2014.929587
27. Gomes, P.M.A.; Figueirêdo, R.M.F.; Queiroz, A.J.M. Caracterização e Isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* **2002**, 4(2), 157-165.
28. Benedetti, P.C.D.; Pedro, M.A.M.; Telis-Romero, J.; Telis, V.R.N. Influence of encapsulating materials on water sorption isotherms of vacuum-dried persimmon pulp powder. *Journal of Food Processing and Preservation* **2011**, 35(4), 423-431.
29. Nicoletti, J.F.; Telis-Romero, J.; Telis, V.R.N. Air-drying of fresh and osmotically pre-treated pineapple slices: fixed air temperature versus fixed slice temperature drying kinetics. *Drying Technology* **2001**, 19(9), 2175-2191.
30. Iglesias, H.A.; Chirife, J. *Handbook of Food Isotherms*, Academic Press: New York, **1982**.
31. Righetto, A.M.; Netto, F.M. Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. *International Journal of Food Properties* **2005**, 8(2), 337-346.

Artigo 2 – INFLUENCIA DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOATIVAS DA POLPA E POLPA LIOFILIZADA DE ATEMOIA (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*, L.)

Influence of Freeze-Dryin Process in Bioactive Compounds and Physicochemical Parameters of Atemoya (*Annona squamosa* x *Annona cherimola*) pulp and powder

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a polpa de atemoia *in natura* e liofilizada integral e com adição de maltodextrinas quanto à composição físico-química. Os pós de polpa foram obtidos por liofilização da polpa *in natura* com adição de 17% de maltodextrinas (DE10 e DE20). A adição de maltodextrinas influenciou diretamente na obtenção de pós com teor adequado de umidade, além de auxiliar na preservação dos flavonóides amarelos.

Palavras-chaves: *Annona squamosa* x *Annona cherimola*, atemoia, alimento em pó, liofilizado

ABSTRACT

This study aimed characterize the pulp atemoya and pulp powder and with added maltodextrins as the physicalchemical composition. The pulp powder were obtained by freeze-drying process of the fresh pulp with addition of 17% maltodextrins (DE10 and DE20). The addition of maltodextrins influenced directly to obtain powder with adequate moisture content, besides contribute in the preservation of yellow flavonoids.

Key words: *Annona squamosa* x *Annona cherimola*; atemoya, food powder; freeze drying.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente como grande produtor de frutas, não só pelo volume, mas também pela diversidade de frutos produzidos, estando entre os três maiores produtores mundiais de frutas, entretanto o país

apresenta altas taxas de perdas pós-colheita, que atingem em média 50% do total colhido, o que demonstra as dificuldades na conservação desses produtos (Vigneault et al., 2002).

O cultivo comercial de frutos exóticos vem crescendo gradativamente com o passar dos anos. Muitas espécies do gênero *Annona* são cultivadas comercialmente no país, sendo a graviola a mais importante para indústrias de processamento, e a fruta do conde, cherimoia e atemoia para o consumo *in natura* (Benedetti et al., 2011).

A atemoia (*Annona squamosa* x *Annona cherimola*) é um híbrido derivado do cruzamento entre a fruta do conde (*Annona squamosa*) – um fruto de clima tropical – e a cherimóia (*Annona cherimola*) – um fruto de clima subtropical. O híbrido apresenta maior amplitude térmica, menor número de sementes e maior quantidade de polpa, além de ter herdado o apreciado sabor da cherimóia. Porém, a atemoia é um fruto de curta vida de prateleira devido a sua rápida deterioração fisiológica, que leva ao amolecimento e escurecimento do fruto.

Nesse sentido, a desidratação por liofilização mostra-se uma boa técnica para aproveitar o excedente da produção, disponibilizando no mercado consumidor produtos mais estáveis e seguros. A desidratação por liofilização causa, em geral, poucas alterações, sendo algumas destas desejáveis, como a perda de água, mas pode também levar a perda de compostos de interesse nutricional como os compostos antioxidantes (Oliveira et al., 2011).

Portanto este trabalho teve como objetivo caracterizar a polpa de atemoia *in natura* e liofilizada integral e com adição de maltodextrinas quanto a composição físico-química e compostos bioativos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matéria prima

Os frutos de atemoia foram adquiridos na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGSP), São Paulo, São Paulo, Brasil. Os frutos foram selecionados quanto ao grau de maturação e ausência de injúrias.

Em seguida foram sanitizados, despulpados e tiveram as sementes e núcleos removidos. Uma parcela da polpa foi separada para análise imediata e o restante foi armazenada sob temperatura de -18°C , afim de preservar a integridade da polpa, até o momento da secagem.

Preparação da polpa e secagem

Duas soluções aquosas com 50% de sólidos (com base em massa) foram preparadas por dispersão de maltodextrinas: DE10 (Maltogill 10, Dextrose equivalente – DE10) e DE20 (Maltogill 20, Dextrose equivalente – DE20) em água destilada à temperatura de 25°C , em seguida foram adicionada as polpas previamente trituradas com o auxílio de um processador de alimentos. A razão de massa entre as soluções de maltodextrina e a polpa foi calculada de modo a proporcionar 17% de maltodextrina em base úmida (ou seja, 17g de maltodextrina / 100g de massa total) nas amostras finais a serem submetidas ao processo de secagem.

As amostras foram congeladas por imersão em nitrogênio líquido e desidratadas em um liofilizador de bancada, com temperatura de condensador de -40°C por 21 horas. As condições de processamento (concentração de maltodextrina e tempo de liofilização) foram determinadas por meio de estudos preliminares.

As polpas receberam quatro tratamentos:

- Polpa de atemoia *in natura* (PA)
- Polpa de atemoia liofilizada sem adição de maltodextrina (PAL);
- Polpa de atemoia liofilizada com adição de 17% de maltodextrina DE10 (PAL+M10);
- Polpa de atemoia liofilizada com adição de 17% de maltodextrina DE20 (PAL+M20).

As amostras foram analisadas logo após a obtenção das mesmas.

Cor

Os dados referentes à cor foram obtidos com o auxílio de um colorímetro (Minolta modelo CR 400), trabalhando com D65 (luz do dia), com determinação de luminosidade (L^*). De acordo com metodologia descrita por McGuire (1992), a determinação da cor consiste na percepção visual que resulta da detecção da luz após interação com um objeto.

Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico à 105°C em estufa com circulação de ar até peso constante, técnica descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em percentual de umidade.

Atividade de água (a_w)

O teor de atividade de água foi medido pelo uso de um higrômetro (Etec) portátil à temperatura ambiente, conforme instruções do fabricante.

Sólidos Solúveis Totais (SST)

Para determinar o teor de sólidos solúveis totais utilizou-se um refratômetro digital com escala de 0° a 35° Brix (Carvalho et al., 1990). Os resultados foram apresentados em °Brix.

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado por leitura direta em peagametro, nas amostras *in natura* e, para as amostras em pó, foi feita a reidratação da amostra em água destilada (1:100) antes da leitura (Gomes et al., 2002).

Acidez Total Titulável (ATT)

Para determinação da acidez total titulável foi utilizado o método descrito pela AOAC (1998), utilizando-se o pó de polpa diluída (1:100) ou a polpa *in natura* integral seguida por titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1

M, utilizando como indicador fenolftaleína. O resultado foi expresso percentual de ácido málico.

Obtenção de extrato alcoólico

A extração foi realizada homogeneizando-se cerca de 0,5 g de pó de polpa em 20 mL de metanol, sob agitação por uma hora. Os extratos foram filtrados com auxílio de papel filtro qualitativos e armazenados em frasco âmbar a temperatura de -8°C até o momento da análise.

Compostos fenólicos totais

Utilizou-se o extrato alcoólico, conforme descrito acima, para a quantificação dos compostos fenólicos pelo método colorimétrico com reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando-se uma curva analítica de ácido gálico (0-300 mg.L⁻¹) (Singleton, et al., 1965; Doner, et al., 1993, Pierpoint, 2004).

Flavonóides amarelos

Foi determinado o teor de flavonóides amarelos com a utilização do extrato alcoólico já descrito, seguindo o método descrito por Francis (1982), e o resultado foi expresso em mg de flavonoides por 100g de amostra.

Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA). Para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com auxílio do software Statistica, versão 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados quanto as características físico-químicas e compostos bioativos das polpas de atemoia *in natura* e desidratadas.

Em relação à umidade, a atemoia *in natura* apresentou 73,54% de água nas amostras analisadas, já os produtos da desidratação PAL, PAL+M10 e

PAL+M20 apresentaram 5,52%, 2,72% e 3,55% respectivamente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos liofilizados, porém o pó sem adição de maltodextrina apresentou teor mais elevado de umidade. O mesmo comportamento foi observado para atividade de água.

Grande parte dos processos de deterioração que ocorrem em alimentos estão diretamente relacionado ao teor de umidade e atividade de água dos alimentos, logo o controle dessas variáveis leva ao aumento da vida de prateleira destes produtos (Corrêa et al., 2011).

Tabela 1 – Características físico-químicas e compostos bioativos das polpas *in natura* e liofilizadas de atemoia.

	PA ± δ	PAL ± δ	PAL+M10 ± δ	PAL+M20 ± δ
Luminosidade (L*)	49,46 ^b ±0,80	55,03 ^{ab} ±0,58	59,16 ^a ±0,39	56,76 ^a ±0,54
Ângulo Hue (h*)	83,43 ^c ±0,32	92,26 ^b ±0,42	98,13 ^a ±1,27	94,96 ^b ±0,76
pH	5,43 ^a ±0,01	5,13 ^c ±0,01	5,19 ^b ±0,00	5,13 ^c ±0,02
SST (°Brix)	46,67 ^c ±0,56	66,67 ^b ±0,89	96,66 ^a ±0,91	96,66 ^a ±0,91
ATT (% ác. málico)	0,62 ^b ±0,03	1,05 ^a ±0,03	0,62 ^b ±0,03	0,67 ^b ±0,06
A_w	0,92 ^a ±0,01	0,24 ^b ±0,01	0,23 ^b ±0,01	0,26 ^b ±0,01
Umidade (%)	72,54 ^a ±1,14	5,52 ^b ±1,10	2,72 ^b ±2,32	3,55 ^b ±1,34
Flavonoides amarelos (µg.g⁻¹)	23,64 ^a ±0,54	4,94 ^c ±0,59	15,93 ^b ±0,82	16,04 ^b ±0,45
Fenólicos totais (mg GAE¹ /100g)	1,64 ^a ±0,02	1,27 ^b ±0,01	0,81 ^c ±0,01	1,21 ^b ±0,01

*Os valores são a média ± erro padrão de três determinações independentes. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de diferença de Tuckey à 5% de probabilidade. ¹Equivalente em ácido gálico.

A diminuição da umidade e da atividade de água com a adição de maltodextrinas também foi observada em pó de polpa de pitanga (Oliveira et al., 2006), pó de açaí (Tonon et al., 2009) e pó de cajá (Oliveira et al., 2014).

O pH das amostras processadas apresentaram variação quando comparadas a amostra. Este comportamento também foi relatado em diversas

pesquisas como em polpa de cajá liofilizada (Oliveira et al., 2014), sapoti liofilizado (Oliveira et al., 2011) e marolo liofilizado (Corrêa et al., 2011).

Na polpa *in natura* de atemoia foi observado 46°Brix, no pó de polpa integral 66°Brix, e nos pós de polpa com adição de maltodextrinas (DE10 e DE20) 96°Brix. O teor de sólidos solúveis totais é um importante parâmetro de qualidade quanto ao sabor dos alimentos (Chitarra e Chitarra, 2005), sendo usado como medida indireta do teor de açúcares em alimentos, pois o teor de sólidos solúveis aumentou à medida que os teores de açúcares vão se acumulando no fruto.

A adição de maltodextrina não modificou a acidez, enquanto que o pó obtido sem adição de maltodextrina apresentou elevação significativa do percentual de acidez, o mesmo foi observado por Oliveira et al. (2011). Isso ocorreu pela concentração dos ácidos orgânicos na amostra. A adição de agentes coadjuvantes auxilia na redução da acidez em amostras de frutos desidratados (Oliveira et al., 2014).

Os pós de polpa de atemoia (PAL, PAL+M10 e PAL+M20) apresentaram quantidades de fenólicos totais inferiores quando comparados ao valor encontrado na polpa integral, mas não foi possível relacionar o comportamento ao tipo de agente utilizado.

A polpa de atemoia *in natura* apresentou 23 µg de flavonóides por grama de amostra, o pó de polpa integral liofilizada 5µg/g e os pós com adição de maltodextrina, seja DE10 ou DE20, apresentaram aproximadamente 16µg/g. O que mostra que a utilização de maltodextrinas auxiliou na preservação dos flavonóides amarelos.

A luminosidade (L*) do pó com adição de maltodextrinas apresentou valor superior que da polpa integral e a polpa integral liofilizada, por influencia provavelmente da coloração da maltodextrina (pó branco).

CONCLUSÃO

A adição de maltodextrinas na elaboração de pós de polpa de atemoia mostra-se bastante promissora, visto que auxiliou na manutenção da umidade e atividade de água das amostras, além de preservar compostos bioativos.

REFERENCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official method of analysis of AOAC international* **1998**. 16. ed. Arlington, v. 1.

Benedetti, P.C.D.; Pedro, M.A.M.; Telis-Romero, J.; Telis, V.R.N. Influence of encapsulating materials on water sorption isotherms of vacuum-dried persimmon pulp powder. *Journal of Food Processing and Preservation* **2011**, 35(4), 423-431.

Carvalho, C.R.L., Mantovan, D.M.B., Carvalho, P.R.N., Moraes, R.M. *Análises químicas de alimentos* **1990**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas.

Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. **2005**, 2. Ed. Lavras: UFLA.

Corrêa, S.C.; Clerici, M.T.P.S.; Garcia, J.S.; Ferreira, E.B.; Eberlin, M.N.; Azevedo, L. Evaluation of dehydrated *marolo* (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. *Food Research International* **2011**, 44, 2385-2390.

Doner, L.W.; Becard, G.; Irwin, P.L. Binding of flavonoids by polyvinylpyrrolidone. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **1993**, 41, 753-757.

Francis, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.), *Anthocyanins as food colors* **1982**. New York: Academic Press, 181-207.

Gomes, P.M.A.A.; Figueirêdo, R.M.F.; Queiroz, A.J.M. Caracterização e isothermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* **2002**,4(2), 157-165.

Instituto Adolfo Lutz. *Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos*/ Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária **2005**. Brasília: Ministério da Saúde.

McGuire, R.G. Reporting of objective color measurements. *HortScience* **1992**, 27 (12), 1254-1255

Oliveira, F.M.N.; Figueirredo, R.M.F.; Queiroz, A.J.M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* **2006**, 8(1), 25-33.

Oliveira, V.S.; Afonso, M.R.A.; Costa, J.M.C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. *Revista Ciência Agronômica* **2011**, 42(2), 342-348.

Oliveira, G.S.; Costa, J.M.C.; Afonso, M.R.A. Caracterização e comportamento higroscópicos da polpa de cajá liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2014**, 18(10), 1059-1064.

Pierpoint, W. S. The extraction of enzymes from plant tissue rich in phenolic compounds. In: *Methods in Molecular Biology* **2004**, Ed. Humana Press, 244, 65-74.

Singleton, V.L.; Rossi, J.A., Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viniculture* **1965**, 16(3), 144-158.

Tonon, R.V.; Brabet, C.; Hubinger, M.D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2009**, 29(2), 444-450.

Vigneault, C.; Bordint, M.R.; Abrahão, R.F. Embalagem para hortaliça e frutas. In: Cortez, L.A.B.; Honório, S.L.; Moretti, C.L. *Resfriamento de frutas e Hortaliças* **2002**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 98-121.