

**Efeitos da adição de agentes carreadores sobre o pó da polpa de pitaia vermelha (*H. polyrhizus*) liofilizada**

**Effects of the carrier agents addition on the lyophilized red pitaya pulp powder (*H. polyrhizus*)**

**Efectos de la adición de agentes encapsulantes sobre el polvo de pulpa de pitaia roja liofilizada (*H. polyrhizus*)**

Recebido: 28/06/2020 | Revisado: 20/07/2020 | Aceito: 21/07/2020 | Publicado: 02/08/2020

**Thallyne de Brito Alves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0151-1211>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [thallyneba@gmail.com](mailto:thallyneba@gmail.com)

**Marcos Rodrigues Amorim Afonso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8149-6276>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [m.r.a.afonso@gmail.com](mailto:m.r.a.afonso@gmail.com)

**José Maria Correia da Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6266-6778>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: [correiacostaufc@gmail.com](mailto:correiacostaufc@gmail.com)

## **Resumo**

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da maltodextrina, goma arábica e dextrina sobre o pó da polpa de pitaia vermelha liofilizada. A polpa foi caracterizada através das análises de umidade, atividade de água, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, cor, betalaínas e compostos fenólicos. A influência dos agentes carreadores sobre o pó foi avaliada através de um delineamento de misturas do tipo simplex centroide e a higroscopicidade, umidade, índice de Carr (IC) e a relação de Hausner (RH) dos pós foram determinados. A polpa de pitaia mostrou um grande teor de umidade e boas quantidades de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais, baixos teores de acidez e sólidos solúveis. A higroscopicidade dos pós variou de 10,37 a 6,55% e o teor de umidade dos pós variaram de 3,17 a 4,78%. O índice de Carr das amostras variaram de 22,61 a 43,00% e da relação de Housner de 1,29 a 1,75. O aumento da concentração de maltodextrina e diminuição da dextrina e goma arábica na mistura, reduziu os valores de IC e RH. O aumento da concentração de dextrina na mistura contribuiu para redução da umidade dos pós, e o aumento da goma arábica

contribuiu para o aumento da higroscopicidade dos pós. Dentre as agentes carreadores utilizados, a maltodextrina foi a que mais contribuiu para a melhor fluidez do pó da polpa de pitaiá.

**Palavras-chave:** Maltodextrina; Goma arábica; Dextrina; Índice de carr.

### **Abstract**

The aim of this study was to evaluate the influence of maltodextrin, gum arabic and dextrin on the lyophilized red pita pulp powder. The pitaya pulp was characterized by moisture content, water activity, pH, total titratable acidity, total soluble solids, ascorbic acid, color, betalains and phenolic compounds content. The carrier agents influence on the powder was evaluated through a simplex-centroid mixture design and the powder hygroscopicity, humidity, Carr index (CI) and the Hausner ratio (RH) were determined. The pitaya pulp showed a high moisture content, good ascorbic acid and total phenolic compounds content, low acidity and soluble solids. The powder hygroscopicity ranged from 10.37 to 6.55% and powder moisture content ranged from 3.17 to 4.78%. The samples Carr index ranged from 22.61 to 43.00% and Hausner ratio from 1.29 to 1.75. Increasing the concentration of maltodextrin and decreasing dextrin and gum arabic in the mixture reduced the values of IC and RH. The dextrin concentration increase in the mixture contributed to the powders moisture reduction, and gum arabic increase contributed to the powders hygroscopicity increase. Among the carrier agents used, maltodextrin was the one that most contributed to the better fluidity of pitaiá pulp powder.

**Keywords:** Maltodextrin; Gum arabic; Dextrin; Carr index.

### **Resumen**

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la maltodextrina, la goma arábica y la dextrina en el polvo de pulpa de pitaya roja liofilizada. La pulpa de pitaya se caracterizó por el contenido de humedad, actividad del agua, pH, acidez titulable total, sólidos solubles totales, ácido ascórbico, color, betalaínas y contenido de compuestos fenólicos. La influencia de los agentes portadores en el polvo se evaluó mediante un diseño experimental de mezclas del tipo simplex centroide y se determinó la higroscopicidad del polvo, la humedad, el índice Carr (CI) y la relación de Hausner (RH). La pulpa de pitaya mostró un alto contenido de humedad y buenas cantidades de ácido ascórbico y compuestos fenólicos totales, bajos niveles de acidez y sólidos solubles. La higroscopicidad del polvo varió de 10.37 a 6.55% y el contenido de humedad del polvo varió de 3.17 a 4.78%. El índice Carr de las muestras osciló entre 22,61 y 43,00% y la relación de Housner entre 1,29 y 1,75. El aumento de la concentración de maltodextrina y la disminución de la dextrina y la goma arábica en la mezcla redujeron los valores de IC y HR. El aumento de la concentración de dextrina en la mezcla contribuyó a la reducción de la humedad de los polvos y el aumento de la goma arábica contribuyó al aumento de la higroscopicidad de los polvos. Entre los agentes encapsulantes utilizados, la maltodextrina fue la que más contribuyó a la mejor fluidez del polvo de pulpa de pitaya.

**Palabras clave:** Maltodextrina; Goma arábica; Dextrina; Índice carr.

## 1. Introdução

A pitiaia vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) tem sua origem no continente americano, sendo uma planta com casca e polpa vermelha/arrocheada. A palavra “pitaia vermelha” é um termo haitiano que significa “fruto escamoso”. A fruta é conhecida como fruta do Dragão, pitaia e pitahaya (Mizrahi, 2014). García-Cruz et al. (2017) afirmam que a pitaia contém em sua composição compostos bioativos como as betalainas e compostos fenólicos.

O alimento na forma de pó proporciona um ingrediente estável, natural e facilmente dosável que pode ser utilizado para conferir cor e sabor aos produtos alimentares. O pó de um alimento pode apresentar características como pegajosidade, devido a sua higroscopicidade, fazendo-se necessário a utilização de agentes carreadores que melhoram o manuseio do produto, conferindo-lhe maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente e tornando-o menos higroscópico (Tonon, Brabet & Hubinger, 2009). Os pós de frutas possuem características muito diferentes da polpa ou suco, sendo assim, é importante o conhecimento de suas propriedades. Estes produtos são caracterizados por obterem altos teores de sólidos solúveis e açúcares de baixo peso molecular. Estes açúcares têm natureza hidrofílica e, juntamente com um estado amorfo, podem levar a efeitos indesejáveis como alta higroscopicidade e tendência a aglomeração em temperaturas acima da temperatura de transição vítrea.

A adição de substâncias conhecidas como agentes carreadores, encapsulantes ou adjuvantes de secagem influenciam nas propriedades e estabilidade dos pós de frutas (Tze et al., 2012).

As propriedades de escoamento dos pós podem influenciar nas condições de manipulação e armazenamento. A fluidez é um parâmetro importante que determina como o processador ou consumidor vai manusear o produto em pó, de maneira que, pós muito coesos podem ser problemáticos durante sua utilização (Thalberg, Lindholm & Axelsson, 2004).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da maltodextrina, goma arábica e dextrina sobre o pó da polpa de pitaia vermelha liofilizada.

## **2. Metodologia**

A presente pesquisa é de caráter laboratorial e de natureza quantitativa. A importância da interpretação por parte do pesquisador sobre a pesquisa é importante durante o processo de investigação (Pereira, et al. 2018). Fez-se uma pesquisa exploratória na qual buscou-se verificar relações de causa e efeito, a partir de resultados obtidos em laboratório, avaliando a influência de agentes carreadores sobre a qualidade do pó da polpa de pitáia através de análises físicas, físico-químicas e análise estatística.

### **2.1 Obtenção e caracterização das polpas**

A polpa de pitáia vermelha foi adquirida em comércio da cidade de Fortaleza-CE. As polpas foram acondicionadas em sacos de polietileno com 100 g cada e mantidas sob congelamento (-18 °C) até a realização dos experimentos. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal do Ceará.

Na caracterização físico-química da polpa de pitáia todas as análises foram realizadas em triplicata. Nas polpas de pitáia foram determinados o teor de umidade, realizado a 105 °C em determinador de umidade modelo ID50 da empresa Marte. Foram também determinados a acidez total titulável, os sólidos solúveis totais e pH segundo métodos do Instituto Adolfo Lutz (2008). A atividade de água da polpa foi determinada através do medidor modelo AQUALab 4TEV e os teores de ácido ascórbico foram determinados segundo método descrito por Strohecker e Henning (1967). Os teores de betalaínas seguiram metodologia descrita por Lima et al. (2011) e os teores de compostos fenólicos totais foram determinados conforme Owuor & Obanda (1997).

### **2.2 Preparação e secagem das amostras**

Os agentes carreadores utilizados foram a maltodextrina (dextrose equivalente 20), dextrina e goma arábica, adquiridos no comércio local da cidade de Fortaleza-CE. Para a mistura dos agentes às polpas foi utilizado um agitador de soluções modelo TE 120 da empresa TECNAL. Cada amostra continha 400 g, das quais 320 g corresponderam a polpa de pitáia e 80 g aos agentes carreadores em proporções definidas pelo delineamento de misturas. Após a mistura dos agentes carreadores, de acordo com o delineamento de misturas, as amostras foram congeladas e mantidas a -38 °C por 24 h em ultra freezer modelo CL90-40V

da empresa Terroni Equipamentos Científicos. Em seguida transferidas para um liofilizador modelo LS3000 da empresa Terroni Equipamentos Científicos, onde foram liofilizadas por 24 h. As pressões finais no liofilizador atingiram valores entre 20 e 30 Pa e a temperatura final das amostras foi de 25 °C. Após as secagens, as amostras foram trituradas em moinho modelo MA048 da empresa Marconi e acondicionados a vácuo em embalagens laminadas compostas de PET, alumínio e poliamida até início das análises.

### 2.3 Delineamento de misturas

A fim de avaliar a influência da maltodextrina, goma arábica e dextrina sobre o pó da polpa de pitaita foi realizado um delineamento de misturas do tipo simplex centroide com 7 ensaios. As variáveis-respostas avaliadas foram a umidade, higroscopicidade, índice de Carr (IC) e relação de Hausner (RH) das amostras em pó. Modelos matemáticos quadráticos (Eq. 1) e cúbicos (Eq. 2) foram ajustados aos resultados das variáveis-respostas com o auxílio do software Statistica 7.0. Os modelos relacionaram as variáveis-respostas e a concentração dos agentes carreadores na mistura.

$$Y(x_1, x_2, x_3) = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

$$Y(x_1, x_2, x_3) = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (2)$$

Onde, Y é a estimativa de cada variável-resposta avaliada, x refere-se às concentrações de cada agente carreador na mistura e b os coeficientes dos modelos.

A umidade dos pós foi determinada à 105 °C em determinador de umidade modelo ID50 da empresa Marte e a higroscopicidade foi determinada segundo Goula e Adamopoulos (2010). Nas determinações do índice de Carr (IC) e relação de Hausner (RH) foi utilizado o equipamento Powder Flow Tester (PFT) da Brookfield Engineering Laboratories. Amostras dos pós (20 g), em duplicata, obtidas segundo o delineamento de misturas, foram colocadas em bandejas circulares de aço inox e transferidas ao equipamento. Foram então obtidos os ângulos de atrito com parede, densidades aparente e de compactação. A partir das densidades foram determinados o índice de Carr (Eq. 3) e a relação de Hausner (Eq. 4) e os pós foram classificados, quanto sua fluidez, pelas faixas apresentadas na Tabela 1, de acordo com Aziz, et al. (2018).

(3)

$$RH = \frac{\alpha_c}{\alpha_a} \quad (4)$$

Onde, IC = índice de Carr (%); RH = relação de Housner;  $\alpha_c$  = densidade de compactação ( $\text{kg/m}^3$ );  $\alpha_a$  = densidade aparente ( $\text{kg/m}^3$ ).

**Tabela 1.** Classificação da fluidez de pós (Aziz, et al. 2018).

Fluidez	Índice de Carr (%)	Relação de Hausner
Excelente	<10	1,00-1,11
Boa	11-15	1,12-1,18
Adequada	16-20	1,19-1,25
Aceitável	21-25	1,26-1,34
Difícil	26-31	1,35-1,45
Muito difícil	32-37	1,46-1,59
Excessivamente difícil	>38	>1,60

Fonte: Aziz, et al. (2018).

A classificação da fluidez dos pós (Tabela 1) é importante para discussão de sua qualidade, uma vez que, a fluidez interfere no transporte, no acondicionamento e manuseio do mesmo. Espera-se que um alimento em pó possa ter sua fluidez classificada entre excelente a aceitável. A classificação da fluidez permite ainda o estudo do efeito de diferentes agentes carregadores adicionados ao alimento com o objetivo de melhorar a qualidade dos alimentos em pó.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Caracterização da polpa de pitaia vermelha

Na Tabela 2 são apresentados os valores da análises físico-químicas da polpa de pitaia vermelha integral. Cordeiro et al. (2015), analisando frutos maduros da mesma espécie, relataram valores de acidez total titulável de 0,29 mg de ácido málico.100  $\text{mL}^{-1}$ , pH de 5,32 e sólidos solúveis a 13,14 °Brix. Magalhães et al. (2019), estudando pitaia de polpa vermelha, encontraram valores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH de 17,88 °Brix, 0,20 mg de ácido málico.100  $\text{g}^{-1}$  e 4,47, respectivamente. Santos et al., (2016), estudando dois

estádios de maturação da pitáia de polpa branca (*Hylocereus undatus*) encontraram o valor de 12,73 °Brix para fruto maduro sob refrigeração. Moraes et al., (2019) avaliando polpa de pitáia vermelha, obtiveram resultado de sólidos solúveis totais de 15,30 °Brix. Essas diferenças nos valores entre o presente estudo e a literatura podem ser justificadas pelas diferenças de cultivos, colheita em estágios de maturidade diferentes do fruto, tipo de solo, adubação, parte da polpa analisada e diferentes espécies do gênero *Hylocereus spp.*

**Tabela 2.** Caracterização físico-químicas da polpa integral de pitáia vermelha.

Parâmetros	Médias e Desvios-padrão
SST (°Brix)	11,86 ± 0,52
ATT (% ácido málico)	0,42 ± 0,04
pH	4,78 ± 0,15
Umidade (%)	85,40 ± 1,42
L*	26,01 ± 0,19
a*	12,73 ± 3,50
b*	0,51 ± 0,74
C*	12,71 ± 3,54
H*	122,27° ± 204,35
AA (mg/100 g)	107,02 ± 1,17
Fenólicos (mg EAG/100 g)	111,17 ± 15,19
Betalainas (mg/100 g)	11,43 ± 1,94

AA- Ácido ascórbico; ATT- Acidez total titulável; SST- Sólidos solúveis totais; pH- potencial hidrogênico. Fonte: Os autores (2020).

Os valores de umidade para a polpa de pitáia deste trabalho foi de 85,40%. Esse resultado está próximo aos encontrados por Cordeiro et al. (2015) e Santos et al. (2020), que encontraram valor médio de umidade de 87,14% e 89,46%, respectivamente, indicando a grande quantidade de água nas polpas de pitáia.

Quanto à coloração da polpa de pitáia e, de acordo com a escala CieLab\*, a coordenada a\* é o parâmetro que indica a presença de pigmentos vermelhos, indicativos do aumento da maturação da pitáia vermelha). Valores superiores de a\* e b\* ao deste trabalho foram encontrados por Santos et al. (2020), que obtiveram 18,71 para coordenada a\* e 8,67 para b\*, em polpas de pitáia vermelha que foram peneiradas. A diferença provavelmente se deve ao fato de que na amostra desse trabalho, polpa e sementes foram avaliadas juntas, e não separadas por peneiração como no estudo de Santos et al. (2020). Santos et al. (2016), encontraram valores de L\*, C\* e H\* de 51,80; 7,70; 96,40, respectivamente, para pitáias de polpa branca. Cordeiro et al. (2015), obtiveram valores médios de L\*, C\* e H\* de 14,25; 38,89 e 172,00, respectivamente, para pitáias de polpa vermelha. As diferenças observadas

para esses parâmetros podem ser explicadas pela diferença de espécies, porção do fruto avaliada e ainda a homogeneidade da amostra.

O resultado de ácido ascórbico deste trabalho mostrou-se superior aos encontrados por Mahattanatawee et al. (2006), que encontraram teor de ácido ascórbico de 55,8 mg.100g<sup>-1</sup> em pitaia de polpa vermelha. Porém, valores superiores foram encontrados por Liu et al. (2019), para pitaia de polpa vermelha, com conteúdo de ácido ascórbico variando de 467 a 335 mg.100 g<sup>-1</sup>. As diferenças nos teores de ácido ascórbico observadas em vários estudos provavelmente ocorreram devido à utilização de frutos com diferentes origens, cultivar, espécie e grau de maturação.

Valores próximos para o teor de fenólicos totais deste trabalho foram encontrados por Mahattanatawee et al. (2006), que encontraram teor de fenólicos de 107,5 mg EAG.100g<sup>-1</sup> em pitaias de polpa vermelha. Resultado superior foi encontrado por Liu et al. (2019), para pitaia de polpa vermelha, com conteúdo de fenólicos totais variando de 245 a 156 mg EAG.100g<sup>-1</sup> durante 30 dias de armazenamento. As diferenças no teor de fenólicos totais pode ser justificada devido à utilização de frutos com diferentes origens, cultivar e espécie. Além disso, durante o amadurecimento dos frutos pode ocorrer o consumo desses compostos por processos bioquímicos, o que pode explicar a grande variação dos valores encontrados na literatura.

Liao et al. (2020), estudando a estabilidade da cor em sucos de pitaia vermelha, encontraram valor médio de betacianinas de 14,88 mg.100 ml<sup>-1</sup>, próximo ao encontrado nesse trabalho. García-Cruz et al. (2017), ainda reforçam que esses pigmentos fornecem alta capacidade antioxidante e são benéficas para a saúde humana.

Os resultados da caracterização físico-química do presente trabalho estão de acordo com a literatura pesquisada. As diferenças encontradas nos parâmetros analisados com relação a outros trabalhos são normais devido a variações da própria fruta, como os diferentes graus de maturação, condições do cultivar e tratamentos pós-colheita. Na literatura científica que trata da composição da pitaia observa-se uma variação dos resultados entre os autores e, apesar disso, nenhum dos resultados apresentados nesse estudo apresenta diferença relevante.

### **3.2 Delineamento de misturas**

Os resultados das variáveis respostas do delineamento de misturas são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios e desvios-padrão da higroscopicidade, umidade, índice de fluxo, índice de Carr e relação de Hausner dos pós obtidos nos ensaios.

Ensaio	Mistura*	Higroscopicidade	Umidade	IC	RH
1	(100;0;0)	6.83	4.28	22.6	1.29
2	(0;100;0)	10.37	3.80	39.7	1.66
3	(0;0;100)	8.91	3.17	38.3	1.62
4	(50;50;0)	6.55	4.78	27.1	1.37
5	(50;0;50)	7.38	3.17	43.0	1.75
6	(0;50;50)	7.83	3.47	36.7	1.58
7	(33.33;33.33;33.3)	6.81	3.99	26.8	1.37

\*(maltodextrina, goma arábica, dextrina); IC – índice de Carr; RH – relação de Hausner. **Fonte:** Os autores (2020).

A higroscopicidade dos pós variou de 10,37 a 6,55%, onde a máxima higroscopicidade foi obtida na amostra contendo apenas goma arábica como agente carreador (ensaio 2). As menores higroscopicidades foram observadas nas amostras que continham somente maltodextrina como agente carreador, indicando que esse agente foi importante na redução da higroscopicidade. Comportamento semelhante foi observado por Tonon, Brabet & Hubinger (2009), ao estudarem açaí em pó por spray-dryer utilizando diferentes tipos de agentes carreadores, observaram que quanto maior a quantidade de maltodextrina adicionada, menor foi a higroscopicidade dos pós, e que os testes com goma arábica apresentaram maior higroscopicidade entre todos os materiais utilizados. A maltodextrina apresenta este comportamento devido à baixa higroscopicidade do material (Tonon, Brabet & Hubinger 2009). Valor acima deste trabalho foi encontrado por Shaaruddin et al (2017), estudando pó de suco de pitáia contendo maltodextrina obtido por spray-drier, com teor higroscópico de 14,12%. Cavalcante et al (2018), em seu estudo com polpa de graviola em pó com 17% de maltodextrina obtido por spray-dryer, obtiveram higroscopicidade de 10,01%. Essas diferenças nos teores de higroscopicidade podem ser justificadas pelas características de cada produto, como o teor de umidade e tipo de açúcares presentes nos produtos.

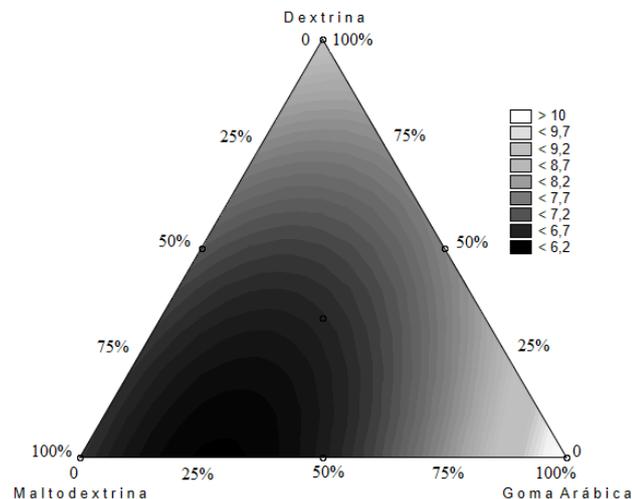
O melhor modelo de ajuste aos resultados da higroscopicidade foi o quadrático (Eq. 5). A análise de variância (ANOVA) para esse modelo foi significativo ( $p < 0,05$ ) pelo teste F, o modelo apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,999 e os coeficientes apresentados na Equação 5 foram significativos ( $p < 0,05$ ).

$$h = 6,84E-02x + 1,04E-01y + 8,91E-02z - 8,21E-04xy - 2,72E-04xz - 7,37E-04yz \quad (5)$$

Onde: h: higroscopicidade (%); x: maltodextrina (%); y: goma arábica (%); z: dextrina (%).

A Figura 1 representa o diagrama ternário obtido pelo modelo de regressão ajustado (Eq. 5).

**Figura 1.** Comportamento da higroscopicidade da mistura em pó de polpa de pitaiá, maltodextrina, goma arábica e dextrina.



Fonte: Os autores (2020).

Observa-se (Figura 1) que os menores valores de higroscopicidade são obtidos com o aumento na concentração de maltodextrina, demonstrando ser um agente redutor da higroscopicidade. Comportamento semelhante foi observado por Dayal, Bhate & Rashid (2018) no pó liofilizado de aloe vera, cujo acréscimo da maltodextrina reduziu a higroscopicidade dos pós. Segundo Tze et al. (2012), os pós de frutas são higroscópicos devido a presença de açúcares amorfos e ácidos orgânicos. Observa-se ainda, na Figura 1, que a higroscopicidade aumenta à medida que maiores proporções de goma arábica são adicionadas na mistura.

Os resultados para o teor de umidade dos pós apresentados na Tabela 3, variaram de 3,17 a 4,78%. Zea et al (2013) obtiveram umidades de 5,09%, 5,31% e 5,56% para pó de pitaiá, pó de goiaba e mistura de pó de pitaiá e goiaba, respectivamente, ambos liofilizados com 10% de maltodextrina. Para Aziz et al (2018), as técnicas de secagem empregadas e seus parâmetros operacionais têm a maior influência para o teor de umidade dos pós. Esses autores citam ainda que a presença de açúcares de baixo peso molecular e ácidos orgânicos influenciam a umidade do pó. O conteúdo de umidade é uma medida de eficiência de secagem, onde o pó para ser microbiologicamente seguro, deve apresentar umidade inferior a

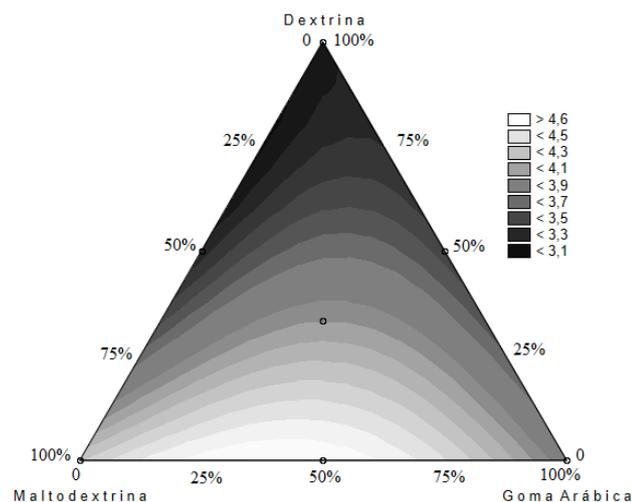
5%, além disso, influencia na fluidez e na estabilidade do pó armazenamento (Aziz et al., 2018).

O modelo cúbico (Eq. 6) foi o que melhor se ajustou ao comportamento de umidade, apresentando pela análise de variância e teste F significância ( $p < 0,05$ ) e coeficiente de determinação de 0,988. Os coeficientes da equação 6 foram significativos ( $p < 0,05$ ) e o diagrama ternário apresentado pela Figura 2.

$$u = 4,28E-02x + 3,8E-02y + 3,17E-02z + 2,6E-04xy - 1,94E-04xz - 1,60E-05yz + 5,16E-06xyz$$

Onde: u: umidade (%); x: maltodextrina (%); y: goma arábica (%); z: dextrina (%).

**Figura 2.** Comportamento da umidade da mistura em pó de polpa de pitaiá, maltodextrina, goma arábica e dextrina.



Fonte: Os autores (2020).

Observa-se (Figura 2) que o aumento na concentração de maltodextrina e goma arábica aumentaram o teor de umidade dos pós deste trabalho, e que a adição de dextrina nos ensaios teve efeito contrário. Saifullah et al. (2016), obtiveram teor de umidade de 3,60% para o pó de pitaiá obtido por spray-dryer e contendo 10% de maltodextrina. Tze et al. (2012), obtiveram teor de umidade de 4,07% nos pós de pitaiá obtidos por spray-dryer contendo 20% de maltodextrina, valor próximo ao observado no ensaio 1, com a mesma proporção de maltodextrina (20% sobre a polpa).

Os valores do índice de Carr dos ensaios variaram de 22,61 a 43,00%, sendo que os menores valores foram observados nas amostras contendo maltodextrina. Zea et al (2013), estudando pós liofilizados de pitáia, de goiaba e para a mistura de pó de pitáia e goiaba, ambos com 10% de maltodextrina, observaram IC de 34,87%, 27,19% e 37,29%, respectivamente. Saifullah et al. (2016), obtiveram IC de 20,73% para pitáia em pó obtida por spray-dryer contendo 10% de maltodextrina. Estudos específicos sobre como as diferentes técnicas de secagem e seus parâmetros influenciam na fluidez e na coesão dos pós de frutas ainda são limitados, mas de acordo com Tze et al. (2012), o formato e o tamanho das partículas têm influência na fluidez do pó e, conseqüentemente, nos valores de IC. O uso de agentes carreadores altera o formato das partículas, podendo melhorar a fluidez do pó.

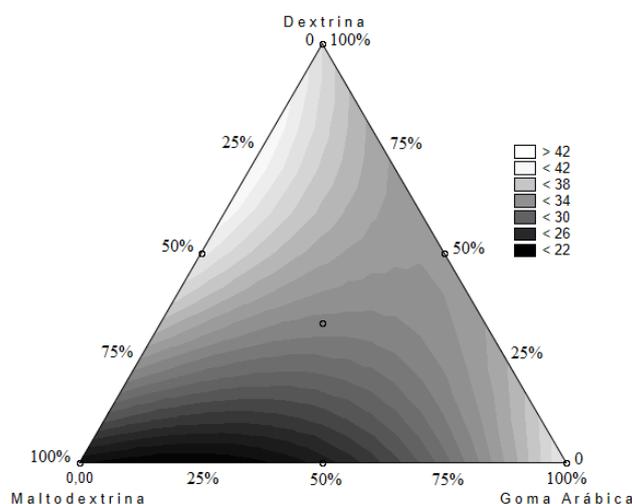
De acordo com classificação para o escoamento de pós (Tabela 1), o pó com a melhor fluidez é aquele com menor índice de Carr. O IC é um valor adimensional que indica a compressibilidade de um material particulado (em pó) e a tendência ao escoamento. Aziz et al, (2018) relatam que IC maiores que 26% indicam muita compressibilidade das partículas, sendo pouco fluidas quando empacotadas e armazenadas. Dentre os ensaios realizados, a amostra contendo somente a maltodextrina como agente carreador (ensaio 1), foi a que apresentou melhor fluidez, sendo classificado como aceitável.

Na análise dos resultados do IC, o modelo quadrático (Eq. 7) foi o que melhor se ajustou, apresentando significância ( $p < 0,05$ ) na análise de variância e teste F, e apresentou coeficiente de determinação de 0,851. Os coeficientes presentes no modelo (Eq. 7) foram significativos ( $p < 0,05$ ) e o diagrama ternário apresentado na Figura 3.

$$IC = 2,33E-01x + 4,03E-01y + 3,90E-01z - 2,92E-03xy + 3,72E-03xz - 2,21E-03yz \quad (7)$$

Onde: IC: índice de Carr (%); x: maltodextrina (%); y: goma arábica (%); z: dextrina (%).

**Figura 3.** Diagrama ternário da mistura entre polpa de pitaiá, maltodextrina, goma arábica e dextrina para o índice de Carr.



Fonte: Os autores (2020).

De acordo com a Figura 3, os pós com melhor fluidez são aqueles com maiores concentrações de maltodextrina, apresentando uma tendência a redução dos valores de IC. Já o aumento da concentração de goma arábica e dextrina à polpa resultaram em aumento do IC, e pós com menor fluidez. Caliskan & Dirim (2016) avaliando o efeito da concentração de maltodextrina sobre o extrato de sumagre liofilizado em pó, observaram valores de 25,02 e 15,89 de IC nas concentrações de 20 e 30%, respectivamente. Resultados similares foram reportados por Dayal, Bhat & Rashid (2018) ao avaliarem o efeito da maltodextrina no pó de aloe vera obtido por liofilização, obtendo os menores valores de IC na amostra com maior concentração desse agente.

Os valores da relação de Hausner (RH) dos ensaios variaram de 1,29 a 1,75 (Tabela 3) e, assim como observado no comportamento do IC, seus menores valores encontram-se nas amostras contendo maior concentração de maltodextrina. Esses valores são próximos aos de Zea et al. (2013), que obtiveram valor de 1,53 para o pó de pitaiá liofilizada contendo 10% de maltodextrina. Saifullah et al. (2016), obtiveram valor de 1,26 para o pó da mesma fruta e com mesmo agente carreador obtido em spray-dryer. A relação de Hausner é usada para classificar a coesão do pó, que é uma boa medida da consistência do pó e fluidez (Aziz et al, 2018).

De acordo com a classificação para o escoamento de pós (Tabela 1), os pós com melhor fluidez são aqueles com menores valores de RH. Semelhante ao comportamento do IC, a amostra contendo somente a maltodextrina como agente carreador (ensaio 1), foi o que

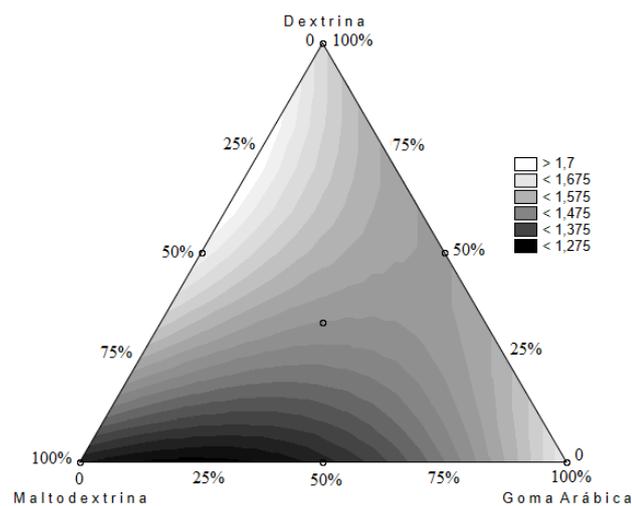
apresentou o menor valor de RH, sendo classificado como aceitável. Tze et al. (2012), avaliando pós de pitaia obtidos em spray-dryer contendo 20 e 30% de maltodextrina classificaram ambos como de baixa fluidez e alta coesão. Zea et al (2013) classificaram o pó de pitaia liofilizado e contendo 10% de maltodextrina como de fluidez aceitável e alta coesão. Ainda segundo Aziz et al. (2018), relatam que o tipo de secagem adotado influencia na fluidez e na coesão dos pós, assim como o formato das partículas, podendo assim explicar a variação das classificações de um pó da mesma fruta.

A fim de descrever o comportamento da RH, o modelo quadrático (Eq. 8) obteve melhor ajuste. A análise de variância e o teste F apresentaram significância ( $p < 0,05$ ) e o coeficiente de determinação foi 0,851. Os coeficientes da equação 8 foram significativos ( $p < 0,05$ ) e o diagrama ternário, que apresenta a interação entre os agentes carreadores e a RH pode ser visto na Figura 4.

$$RH = 1,30E-02x + 1,67E-02y + 1,63E-02z - 7,08E-05xy + 8,92E-05xz - 5,28E-05yz \quad (8)$$

Onde: RH: relação de Hausner; x: maltodextrina (%); y: goma arábica (%); z: dextrina (%).

**Figura 4.** Diagrama ternário da mistura entre polpa de pitaia, maltodextrina, goma arábica e dextrina para a relação de Hausner.



Fonte: Os autores (2020).

Na Figura 4 observa-se que a região com aumento da concentração de maltodextrina resulta em menor valor da RH e que o aumento da goma arábica e dextrina na polpa tende a

augmentar os valores da RH. Caliskan & Dirim (2016) observaram o mesmo efeito da concentração de maltodextrina no extrato de sumagre liofilizado em pó, com valores de 1,333 e 1,189 da RH nas concentrações de 20 e 30%, respectivamente. Tze et al. (2012) estudando o pó do suco de pitaita obtido em spray dryer também observaram diminuição dos valores da RH com o aumento da concentração de maltodextrina, encontrando valores de 1,641 a 1,929.

Os resultados do planejamento de misturas desse trabalho mostraram que a variação da higroscopicidade observada entre as amostras está de acordo com a literatura citada, que destaca a maltodextrina como importante agente redutor da higroscopicidade. Em relação aos resultados dos teores de umidades das amostras, verificou-se que são similares aos encontrados em diversas pesquisas sobre pós de frutas, destacando-se apenas o maior efeito da dextrina na redução da umidade se comparada a maltodextrina e goma arábica. Os resultados de IC e RH das amostras concordam parcialmente com o encontrado na literatura, uma vez que, a maltodextrina é apontada, por diversos autores, como agente eficaz para melhoria da fluidez, porém as classificações encontradas quanto à fluidez variam. Provavelmente essa variação é resultado da utilização de diferentes concentrações desse agente na polpa, do método de secagem adotado, tamanho das partículas e umidade de cada pó.

#### **4. Considerações Finais**

A polpa de pitaita vermelha apresentou grande quantidade de umidade, teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais. Por outro lado, apresentou baixos teores de acidez e sólidos solúveis.

Os agentes carreadores utilizados influenciaram de maneiras distintas sobre a qualidade dos pós da polpa de pitaita. A dextrina adicionada na mistura contribuiu para redução da umidade dos pós, enquanto que a goma arábica resultou em pós com maior higroscopicidade. Já a maltodextrina influenciou na diminuição dos valores do índice de Carr e da relação de Hausner, contribuindo assim, com a melhora da fluidez dos pós.

#### **Referências**

Aziz, M. G., Yusof, Y. A., Blanchard, C., Saifullah, M., Farahnaky, A., & Scheiling, G. (2018). Material properties and tableting of fruit powders. *Food Eng Rev*, 10, 66–80.

- Caliskan, G., & Dirim, S. N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, 287, 308-314.
- Cavalcante, C. E. B., Rodrigues, S., Afonso, M. R. A., & Costa, J. M. C. (2018). Comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, 21, e2017121.
- Cordeiro, M. H. M., Silva, J. M. da, Mizobutsi, G. P., Mizobutsi, E. H. & Mota, W. F. da. (2015). Caracterização física, química e nutricional da pitaia-rosa de polpa vermelha. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 37(1), 020-026.
- Dayal, A., Bhat, A., & Rashid, R. (2018). Effect of maltodextrin on the properties of lyophilized Aloe vera (*Aloe Barbadensis* Mill) powder. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 1604-1608.
- García-Cruz, L., Dueñas, M., Santos-Buelgas, C., Valle-Guadarrama, S. & Salinas-Moreno, Y. (2017). Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. pruinosus* and *S. stellatus*). *Food Chemistry*, 234, 111–118.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 342-351.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Liao, H., Zhu, W., Zhong, K., & Liu, Y. (2020). Evaluation of colour stability of clear red pitaya juice treated by thermosonication. *Food Science and Technology*, 121.
- Lim, S. D., Yusof, Y. A., Chin, N. L., Talib, R. A, Endan, J., & Aziz, M. G. (2011). Effect of extraction parameters on the yield of betacyanins from pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) pulps. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 9(2), 158-162.

- Liu, R., Gao, H., Chen, H., Fang, X., & Wu, W. (2019). Synergistic effect of 1-methylcyclopropene and carvacrol on preservation of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). *Food Chemistry*, 283, 588–595.
- Magalhães, D. S., Silva, D. M., Ramos, J. D., Pio, L. A. S., Pasqual, M., Vilas Boas, E. V. B., Galvão, E. C., & Melo, E. T.. (2019). Changes in the physical and physico-chemical characteristics of red-pulp dragon fruit during its development. *Scientia Horticulturae*, 253, 180–186.
- Mahattanatawee, K., Manthey, J. A., Luzio, G., Talcott, S. T., Goodner, K., & Baldwin, E. A. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal Agric Food Chem*, 54(19), 7355-7363.
- Mizrahi, Y. (2014). Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 124–138, mar.
- Moraes, S. G. G., Borges, G. S. C., Lima, M. S., Martin-Belloso, O., & Magnani, M. (2019). Effects of probiotics on the content and bioaccessibility of phenolic compounds in red pitaya pulp. *Food Research International*, 126.
- Owuor, P. O., & Obanda, M. (1997). The effects of some agronomic and processing practices and clones on the relative composition of the theaflavins in black tea. *Food Science and Technology International*, Tokyo, 3(4), 344-347.
- Pereira, A. S., et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).
- Shaaruddin, S., Ghazali, H. M., Mirhosseini, S. H., & Muhammad, K. (2017). Stability of betanin in pitaya powder and confection as affected by resistant maltodextrin. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 129-134.

Saifullah, M., Yusof, Y. A., Chin, N. L., & Aziz, M. G. (2016). Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. *Powder Technology*, 301, 396–404.

Santos, M. R. P. V. dos, Castro, J. C., Mardigan, L. P., Watanabe, R., & Clemente, E. (2016). Características físico-químicas, compostos bioativos, atividade antioxidante e enzimática de frutos de pitaia (*Hylocereus undatus*). *R. bras. Tecnol. Agroindustr.*, Ponta Grossa, 10(1), 2081-2095, jul./dez.

Santos, G. B. M., Dionísio, A. P., Magalhães, H. C. R., Abreu, F. A. P. de, Lira, S. M., Lima, A. C. V. de, Silva, G. S., Guedes, J. A. C., Araujo, I. M. S., Artur, A. G., Pontes, D. F., & Zocolo, G. J. (2020). Effects of processing on the chemical, physicochemical, enzymatic, and volatile metabolic composition of pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose). *Food Research International*, 127.

Strohecker, R., & Henning, H. M. (1967). *Analisis de vitaminas: métodos comprobados*. Madrid: Paz Montalvo.

Thalberg, K., Lindholm, D., & Axelsson, A. (2004) Comparison of different flowability tests for powders for inhalation. *Powder Technology*, 146, 206-213.

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

Tze, N. L., Han, C. P., Yusof, Y. A., Ling, C. N., Talib, R. A., Taip, F. S., & Aziz, M. G. (2012). Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Food Sci Biotechnol.*, 21(3), 675–682.

Zea, L.P., Yusof, Y. A., Aziz, M. G., Ling, C. N., & Amin, N. A. M. (2013). Compressibility and dissolution characteristics of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders. *Powder Technology*, 247, 112–119.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Thallyne de Brito Alves – 40 %

Marcos Rodrigues Amorim Afonso – 40 %

José Maria Correia da Costa – 20%