



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p147-153>

Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento¹

Arali da S. Oliveira², Rossana M. F. de Figueirêdo³, Alexandre J. de M. Queiroz⁴ & Juliana G. de Brito⁵

Palavras-chave:

Cereus jamacaru
maltodextrina
dextrose equivalente
embalagem
vida de prateleira

RESUMO

Neste trabalho se avaliou a estabilidade do fruto do mandacaru em pó formulado com 10% de maltodextrina nas dextroses equivalentes (DE) de 10 e 14, acondicionado em embalagens laminadas durante 50 dias de armazenamento em condições controladas (25 °C e umidade relativa de 57,7%). Durante o armazenamento foram realizadas, a cada 10 dias, as análises do teor de água, atividade de água, acidez total titulável, ácido ascórbico, cor e molhabilidade. Verificou-se que as embalagens laminadas não conseguiram impedir a absorção de água com escurecimento do produto. A atividade de água das amostras é considerada microbiologicamente segura em razão de ter atingido o valor máximo de 0,351. A molhabilidade do fruto em pó foi maior utilizando-se a maltodextrina com DE 14 com redução do teor de ácido ascórbico. Dentro de suas especificidades as dextroses apresentaram comportamentos semelhantes nas amostras em pó.

Key words:

Cereus jamacaru P. DC.
maltodextrin
dextrose equivalent
packaging
shelf life

Stability of the *Cereus jamacaru* powder during storage

ABSTRACT

In this study the stability of the *Cereus jamacaru* pulp fruit powder formulated with 10% maltodextrin, with equivalent dextrose (DE) of 10 and 14, packed in laminated packages during 50 days of storage under controlled conditions (25 °C and relative humidity of 57.7%) was evaluated. During storage at interval of 10 days analysis of moisture content, water activity, titratable acidity, ascorbic acid, color and wettability were performed. It was found that the laminated packaging failed to prevent the absorption of water with darkening of product. The water activity of the samples is considered microbiologically safe, because reached the maximum value of 0.351. The wettability of the fruit powder was higher using maltodextrin with DE 14 with reduction in the ascorbic acid content. The dextroses within their specificities showed similar behavior in powder samples.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor

² Pós-Graduanda em Engenharia de Processos/UFPG. Campina Grande, PB. E-mail: aralisilva@hotmail.com (Autora correspondente)

³ UAEA/UFPG. Campina Grande, PB. E-mail: rossana@deag.ufcg.edu.br

⁴ UAEA/UFPG. Campina Grande, PB. E-mail: alex@deag.ufcg.edu.br

⁵ Pós-Graduanda em Engenharia de Processos/UFPG. Campina Grande, PB. E-mail: juligbrito@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) é um cacto agigantado, colunar, multirramificado provido de espinhos. Os frutos são oblongos, casca grossa e vermelha, polpa branca com inúmeras sementes pequenas e pretas, suculenta, friável e igualmente doce e comestível (Gomes, 2007). Não há relatos estatísticos da cultura anual do mandacaru sendo utilizado como suporte alimentício para herbívoros e na elaboração de doces e geleias embora constitua um potencial biotecnológico para regiões secas.

A composição do fruto do mandacaru depende do estágio de maturação e das condições edafoclimáticas, entre outros fatores; possui proteínas (1,8-2,35%), lipídeos (1,08-1,98%), carboidratos (9,76-9,86%), minerais (0,43-0,64%), sólidos solúveis totais (10,3-12,03 °Brix), pH (4,4-4,93), ácidos orgânicos (0,26-0,32% ácido cítrico) e água (85,82-86,28%) (Nascimento et al., 2011).

O fruto do mandacaru é perecível, frágil, com vida útil curta, representando um obstáculo para sua comercialização in natura. Recomenda-se que seja submetido a um processamento para que possa atingir mercados consumidores mais distantes e fornecer seus produtos o ano todo. O processamento, além de agregar valor, aumenta sua vida útil, pode facilitar o transporte e o desenvolvimento de novos produtos. Uma das alternativas a ser empregadas na conservação dos frutos do mandacaru é a secagem.

A secagem por aspersão é um dos melhores métodos de secagem por converter diretamente os materiais fluidos em partículas sólidas ou semissólidas; conseqüentemente, a diminuição e a dispersão das partículas contidas nos gases de secagem aumentam exponencialmente a área de superfície, ajudando a secar o fluido de alimentação em segundos, através da transferência uniforme de calor e massa durante o processo (Murugesan & Orsat, 2011). A secagem por aspersão é utilizada em produtos alimentícios sensíveis ao calor. Pó de frutas obtido no secador por aspersão tem elevado potencial econômico devido ao seu reduzido peso, volume e vida útil prolongada, o que facilita o manuseio, o transporte e a armazenagem (Ferrari et al., 2012a).

Neste tipo de secagem geralmente são utilizados aditivos para facilitar a secagem e evitar adesão das partículas no secador. As maltodextrinas são altamente solúveis em água, pouco higroscópicas, relativamente baratas, facilmente disponíveis e têm boa relação entre custo e eficácia (Kha et al., 2010). Relata-se que são capazes de proteger os componentes sensíveis dos alimentos como sabor, cor e compostos bioativos e contra as condições desfavoráveis (Ferrari et al., 2012a).

Apesar das garantias propostas pela secagem é através do monitoramento do produto embalado que se permite ao consumidor ter acesso às reais condições do alimento antes do consumo. A embalagem fica em contato com o alimento e pode ser considerada a ferramenta mais simples e viável de fornecer informações sobre a qualidade do alimento embalado, durante o transporte e acondicionamento.

Com base no exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a estabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó durante o armazenamento em embalagens laminadas em condições controladas de temperatura (25 °C) e umidade relativa (57,7%).

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos do mandacaru maduros, oriundos dos municípios circunvizinhos à cidade de Campina Grande, PB, foram selecionados, lavados em água corrente, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (100 ppm), cortados manualmente e assim extraída a polpa com as sementes com auxílio de uma colher; em seguida, a polpa foi separada das sementes por meio de uma prensa hidráulica. Com a polpa, elaboraram-se duas formulações com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), 10 e 14. As formulações foram homogeneizadas e desidratadas em secador por aspersão (LM MSD 1.0, Labmaq) com bico aspersor com diâmetro 1,2 mm, pressão do ar de secagem de 30 L min⁻¹, vazão da bomba peristáltica de 0,5 L h⁻¹ e temperatura do ar de 170 °C. As amostras em pó, coletadas na câmara secagem, foram colocadas em embalagens laminadas flexíveis compostas de uma camada de PET cristal (12 µm), uma camada de PET metal (12 µm) e uma camada de PEBD cristal (50 µm) resultando em uma espessura total de aproximadamente 74 µm. As embalagens possuíam 7,5 cm de comprimento e 6,5 cm de largura, contendo 7 g da amostra em pó em cada embalagem cujo fechamento foi feito em uma seladora mecânica.

As amostras embaladas foram transferidas para recipientes herméticos de vidro contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr) propiciadora de umidade relativa média de 57,7% a 25 °C. Os recipientes com as amostras embaladas foram levados para câmaras do tipo BOD a 25 °C. No início (tempo 0) e a cada 10 dias, durante 50 dias de armazenamento, com o intuito de avaliar o grau de estabilidade das amostras embaladas nessas condições controladas, foram monitorados: o pH; o ácido ascórbico, pelo método da AOAC (2005) modificado por Benassi & Antunes (1988); a acidez total titulável em ácido cítrico e o teor de água, seguindo-se os métodos descritos em Brasil (2005); a atividade de água a 25 °C foi quantificada por leitura direta em Aqualab (Decagon); a cor, determinada em espectrofotômetro portátil da marca Hunter Lab, modelo Mini Scan XE Plus 4500 L, obtendo-se os parâmetros luminosidade (L*) e cromaticidade (+a* vermelho; -a* verde; +b* amarelo; e -b* azul) e a molhabilidade seguiu os métodos descritos por Vissotto et al. (2010).

Obteve-se a análise estatística dos resultados utilizando-se o programa Assistat versão 7.5 Beta. A análise se deu em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (dextroses equivalentes - 10 e 14) x 6 tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias) e 4 repetições em que a comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Também foram feitas regressões lineares das análises, em função do tempo de armazenamento a fim de se estimar a evolução das características com o transcorrer do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados na Tabela 1 constata-se aumento do teor de água à medida que o armazenamento se vai prolongando, passando de 6,07% para 12,30% (DE = 10) e de 6,77% para 13,09% (DE = 14), que representam aumentos de 102,57%, na DE = 10, e 93,33%, na DE = 14. Observa-se

Tabela 1. Valores médios do teor de água e atividade de água (a_w) da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Armazenamento (dias)	Teor de água (%)		Atividade de água (a_w)	
	DE = 10	DE = 14	DE = 10	DE = 14
0	6,07 eB	6,77 fA	0,313 dB	0,319 cA
10	8,17 dB	8,77 eA	0,325 cA	0,325 cA
20	8,98 cB	9,67 dA	0,328 cA	0,328 cA
30	10,05 bB	10,75 cA	0,337 bA	0,337 bA
40	10,15 bB	11,91 bA	0,347 aA	0,349 aA
50	12,30 aB	13,09 aA	0,349 aA	0,351 aA

Teor de água: MG = 9,72; CV = 3,32%; DMS para colunas = 0,67; DMS para linhas = 0,46; Atividade de água (a_w): MG = 0,33; CV = 1,18%; DMS para colunas = 0,008; DMS para linhas = 0,006; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; DMS - Desvio mínimo significativo. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade

que as embalagens laminadas não impediram a absorção de água pela polpa de mandacaru em pó. Rahman et al. (2012) também verificaram aumento significativo no teor de água de fatias de jaca desidratadas osmoticamente e acondicionadas em embalagens de polietileno de alta densidade, armazenadas em um tempo maior, 240 dias. Loureiro et al. (2013) observaram, para o buriti em pó obtido por secagem em estufa a 50, 60 e 70 °C, armazenado em embalagem laminada (uma camada de PET-met com espessura de 12 μ m e uma camada de PEBD com espessura de 78 μ m), que o teor de água permaneceu estatisticamente inalterado até os 75 dias de armazenamento e aumentou estatisticamente entre os 75 e 90 dias, com um aumento percentual de 4,30% no período de zero a 90 dias, nas amostras secadas a 50 °C.

Na DE = 14 observam-se diferenças significativas entre todos os tempos enquanto na DE = 10 as médias nos tempos de 30 e 40 dias foram estatisticamente iguais entre si. Entre dextroses os teores de água registrados na DE = 14 foram estatisticamente maiores que os registrados na DE = 10, em todos os tempos de armazenamento, indicando que quanto menor a dextrose equivalente menor o teor de água. Isto ocorreu provavelmente em razão da estrutura química longa na maltodextrina com DE maior, que possui um grande número de ramificações com grupos hidrofílicos e assim pode facilmente ligar-se a moléculas de água a partir do ar ambiente durante o manuseio do pó, após a secagem por aspersão. Tal fato também foi verificado por Goula & Adamopoulos (2008) ao estudarem o efeito da adição de maltodextrina (DE - 6, 12, 21) sobre as propriedades do tomate em pó percebendo-se que a maltodextrina com maior dextrose equivalente provocou aumento no teor de água. Tonon et al. (2011) investigaram o efeito de agentes carreadores como a maltodextrina, com dextroses equivalentes de 10 e 20 e goma arábica sobre o suco de açaí em pó e revelaram que as partículas produzidas com maltodextrina na DE = 10 mostraram menor velocidade de adsorção de umidade enquanto que as demais amostras tiveram comportamento contrário.

Nota-se o aumento da atividade de água (Tabela 1) durante todo o período do armazenamento ao final do qual a amostra com DE = 10 teve um aumento de 11,50% e na amostra com DE = 14 o aumento foi de 10,03%. O aumento da atividade de água é esperado no armazenamento em embalagens que não sejam totalmente impermeáveis. Resultados similares foram obtidos por Lisboa et al. (2012) avaliando o figo-da-índia em

pó formulado com aditivos (0,5% de Super Liga Neutra, 2% de Emustab e 5% de extrato de soja), secado em camada de espuma em estufa com circulação de ar a 90 °C e armazenado em diferentes temperaturas (25 e 40 °C) e umidades relativas (55 e 83%); os autores observaram um aumento consistente da a_w ao longo dos 100 dias de armazenamento.

A amostra de pó de mandacaru com DE = 10 apresentou diferença significativa nas médias entre os tempos de 0 e 10 dias, entre os tempos 20 e 30 dias e entre os tempos 30 e 40 dias enquanto na amostras com DE = 14 entre os tempos 20 e 30 dias e entre 30 e 40 dias. Comparando as amostras com DE = 10 e DE = 14 a partir de 10 dias até o último tempo de armazenamento, conclui-se que as médias foram estatisticamente iguais a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey indicando que a atividade de água das amostras com as duas dextroses durante o armazenamento permaneceu no mesmo nível. Dos resultados obtidos verifica-se que, completados os 50 dias de armazenamento, nenhuma amostra ultrapassou o valor de 0,351 para a_w , permitindo classificar o produto como estável e seguro. Segundo Melo Filho & Vasconcelos (2011) a velocidade de crescimento dos micro-organismos diminui com a menor atividade de água, podendo até sofrer paralisação completa em atividades de água menor que 0,6, com variação mínima com o tipo de microrganismo. Lee et al. (2013) observaram, avaliando a estabilidade físico-química durante 25 dias de armazenamento sob condições controladas de temperatura (25 °C) e umidade relativa (33%), dos pós de pitaias de polpa vermelha e pitaias de polpa branca secados com a adição de 30% de maltodextrina (DE 9-12) em secador por aspersão, que a migração de umidade entre o meio ambiente e as amostras foi mínima em razão da UR do ambiente e a a_w das amostras serem semelhantes.

Observa-se na Tabela 2 e nas duas dextroses, que o pH assumiu valores oscilantes ao longo do armazenamento sem demonstrar efeitos relacionados ao tempo; comportamento semelhante ao da acidez, na maioria dos tempos, que não apresentou diferenças significativas, sugerindo estabilidade. Ao longo do armazenamento as amostras apresentaram pH em torno de 4,5, faixa considerada restritiva para o desenvolvimento de alguns micro-organismos (*Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, *C. jejuni*, *Vibrio* Spp., *V. cholerae*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus*), sendo consideradas pouco ácidas (pH > 4,5). Entre as dextroses notam-se os valores um pouco superiores nas amostras com DE = 10

Tabela 2. Valores médios do pH e acidez total titulável da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Armazenamento (dias)	pH		Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	DE = 10	DE = 14	DE = 10	DE = 14
0	4,55	4,52	1,40 abB	1,46 abA
10	4,50	4,49	1,43 ab	1,49 aA
20	4,51	4,51	1,41 abB	1,48 abA
30	4,56	4,54	1,39 abB	1,44 abA
40	4,64	4,60	1,35 bB	1,41 bA
50	4,55	4,54	1,37 abB	1,43 abA

Acidez total titulável: MG = 1,42; CV = 2,15%; DMS para colunas = 0,065; DMS para linhas = 0,04. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade

quando comparados com a DE = 14 em todos os tempos de armazenamento. Arlindo et al. (2007) constataram, estudando o pimentão em pó armazenado em temperatura ambiente durante 100 dias em embalagem de polietileno, desidratado em secador de bandejas a 70 °C, oscilações no pH, nos tempos de 20, 40 e 60 com pequeno aumento, 4,86; 4,87 e 4,88, respectivamente. Silva et al. (2010), notaram comportamento contrário nos valores de pH que aumentou com o armazenamento de tomates secados em secador de cabine na temperatura de 65 °C e velocidade do ar em torno de 1,6 m s⁻¹ por 14 h e acondicionados em embalagens de vidro.

Em relação à acidez, as amostras das duas dextroses se mantiveram estáveis com o tempo de armazenamento. Entre as dextroses verifica-se que os valores foram superiores nas amostras com DE = 14 quando comparados com a DE = 10 em todos os tempos de armazenamento, sendo este comportamento, como esperado, inverso ao do pH. Constatase que a média geral da acidez foi de 1,42% de ácido cítrico sendo superior à da polpa in natura determinada por Silva & Alves (2009) que foi de 0,21% de ácido cítrico. Este alto valor se deve ao fato das amostras estarem secas, com baixo teor de água, concentrando o teor de ácidos orgânicos.

Analisando na Tabela 3 o teor de ácido ascórbico na DE = 10, verifica-se que o teor no último tempo apresentou diferença significativa em relação aos demais. Entre os tempos 20 e 30 dias e entre 30 e 40 dias nota-se que os valores são estatisticamente iguais enquanto entre os tempos 0 e 20 dias as médias foram estatisticamente diferentes entre si. Na DE = 14 os dois últimos tempos (40 e 50 dias) foram estatisticamente diferentes em relação aos demais; desta forma, entre os tempos 0 e 10 dias e 20 e 30 dias, não houve diferença estatística. Comparando o comportamento entre as DEs verifica-se que as médias do ácido ascórbico se comportaram da mesma maneira até os 30 dias de armazenamento e nos demais dias foram estatisticamente diferentes, o que pode ser influência das dextroses sobre as amostras, a partir de 40 dias.

De acordo com os resultados, a quantidade de ácido ascórbico apresentou tendência de diminuição com o tempo de armazenamento. A redução entre o tempo inicial e o tempo final atingiu 23,41% (DE = 10) e 26,58% (DE = 14), ou seja, ocorreu uma perda mais consistente na quantidade de ácido ascórbico ao longo do tempo, na maior dextrose equivalente. Essas reduções no teor de ácido ascórbico podem ter ocorrido em razão do tipo de embalagem, pH e teor de água das

Tabela 3. Valores médios do ácido ascórbico e molhabilidade da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE), durante o armazenamento

Armazenamento (dias)	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)		Molhabilidade (g min ⁻¹)	
	DE = 10	DE = 14	DE = 10	DE = 14
0	25,50 aA	25,25 aA	0,0067 eB	0,0090 eA
10	25,00 aA	24,81 aA	0,0070 eB	0,0093 eA
20	23,18 bA	22,67 bA	0,0095 dB	0,0111 dA
30	22,13 bcA	21,94 bA	0,0132 cB	0,0152 cA
40	21,09 cA	20,11 cB	0,0200 bB	0,0243 bA
50	19,53 dA	18,54 dB	0,0247 aB	0,0288 aA

Ácido ascórbico: MG = 22,48; CV = 2,66%; DMS para colunas = 1,27; DMS para linhas = 0,86; Molhabilidade: MG = 0,015; CV = 3,17%; DMS para colunas = 0,0007; DMS para linhas = 0,001. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade

amostras, do oxigênio dentro da embalagem e da temperatura e umidade relativa de armazenamento. Fato similar é relatado por Menezes et al. (2009) ao compararem polpa de acerola em pó desidratada em estufa com circulação de ar a 70 °C e liofilizada, armazenada em embalagens de polietileno de baixa densidade em condições ambientais durante 180 dias, em que foi detectada uma redução da quantidade de ácido ascórbico em todos os tempos, com perdas de 33,47% (pó liofilizado) e 49,52% (pó secado em estufa). Moraga et al. (2012) avaliando a estabilidade dos compostos fitoquímicos do pó de grapefruit (toranja) liofilizado em função da umidade relativa após 3 e 6 meses de armazenamento, também perceberam decréscimo no teor de ácido ascórbico, sendo esta redução maior quanto maior a umidade relativa. Lee et al. (2013) verificaram, comparando os pós de pitaias de polpa vermelha e polpa branca secadas com 30% de maltodextrina após 25 dias de armazenamento, que o conteúdo de ácido ascórbico no pó da polpa branca foi menor do que da polpa vermelha, variando de 10,7-11,2 e 12,7-12,8 mg 100 g⁻¹, respectivamente, nas umidades relativas de 33, 43, 54 e 75%. Para Moreira et al. (2011) os teores de ácido ascórbico são, após o processo de desidratação, dependentes do método empregado, do tempo de estocagem e da embalagem utilizada; tais fatores podem ter contribuído para redução do ácido ascórbico, através de reações de oxidações e químicas.

Percebe-se na Tabela 3 e nas duas dextroses equivalentes, o aumento progressivo da molhabilidade ao longo do armazenamento, passando de 0,0067 a 0,0247 g min⁻¹ na DE = 10 e de 0,0090 a 0,0288 g min⁻¹ na DE = 14, correspondendo a aumentos de 268,66 e 220%, respectivamente, significando que o tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso diminuiu com o tempo de armazenamento. Este comportamento pode estar relacionado com o aumento do teor de água das amostras com o tempo de armazenamento, facilitando a penetração da água e aumentando o poder de reconstituição. Similarmente, Endo et al. (2007) observaram, estudando suco de maracujá em pó obtido por secagem por aspersão durante o armazenamento a 30 e 40 °C por 180 dias, aumento da molhabilidade com o tempo. Ferrari et al. (2012b) apresentaram, avaliando amostras de polpa de amora silvestre secada em secador por aspersão com diferentes aditivos, que a molhabilidade é inversamente proporcional ao tamanho das partículas em razão de partículas maiores apresentarem mais espaços vazios entre elas, sendo mais facilmente penetrada pela água, enquanto as partículas menores são menos porosas, tornando-se mais difícil a penetração de líquidos na matriz do alimento, o que resulta em propriedades pobres de reconstituição. Observando a influência da DE notam-se diferenças significativas em todos os tempos, com valores maiores para as amostras com DE = 14.

Os valores dos parâmetros da cor (L*, +a, +b) da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina, nas dextroses equivalentes de 10 e 14, estão apresentados na Tabela 4 e indicam, de forma geral, que o produto apresentou escurecimento, em razão da diminuição de L* ao longo do tempo de armazenamento. Moura et al. (2007) observaram, estudando o comportamento da maçã-passa, secada a 70 °C por 6 h e armazenada nas temperaturas de 5 °C (UR ≈ 90%) - controle; 25 °C (UR ≈ 70%) - ambiente e 35 °C (UR ≈ 40%) acelerado,

Tabela 4. Valores médios da luminosidade (L*), intensidade de vermelho (+a), intensidade de amarelo (+b) da polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina e diferentes dextroses equivalentes (DE) durante o armazenamento

Armazenamento (dias)	Luminosidade (L*)		Intensidade de vermelho (+a)		Intensidade de amarelo (+b)	
	DE = 10	DE = 14	DE = 10	DE = 14	DE = 10	DE = 14
0	53,79 aA	50,34 aB	16,48 aB	17,96 bA	39,18 cB	40,51 dA
10	48,26 cA	47,45 bB	11,13 eB	11,77 eA	33,17 fB	34,46 fA
20	48,74 bA	42,55 cB	11,21 eB	12,87 dA	34,27 eB	35,45 eA
30	45,42 dA	42,67 cB	14,13 dB	15,53 cA	38,36 dB	42,12 cA
40	44,21 eA	38,90 dB	14,89 cB	18,21 bA	40,86 bB	44,72 bA
50	40,61 fA	38,73 dB	15,44 bB	18,73 aA	42,24 aB	45,47 aA

Luminosidade: DMS para colunas = 0,31; DMS para linhas = 0,21; CV% = 0,32; MG = 45,14; Intensidade de vermelho: DMS para colunas = 0,38; DMS para linhas = 0,26; CV% = 1,21; MG = 14,87; Intensidade de amarelo: DMS para colunas = 0,71; DMS para linhas = 0,48; CV% = 0,84; MG = 39,24; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade

que o produto apresentou escurecimento, ou seja, diminuição de L e que este foi maior quanto maior a temperatura, tendo em vista que os parâmetros a e b permaneceram praticamente os mesmos com o aumento da temperatura, ao longo do tempo, além da diferença total de cor, que aumentou com o tempo e com a temperatura, principalmente na temperatura de 35 °C. O valor de Luminosidade (L*) é um indicador de escurecimento ao longo do armazenamento que pode ser ocasionado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos (Kader, 2010).

A redução da luminosidade no final do armazenamento na DE = 10 foi de 24,50% e na DE = 14 foi 23,06%, em relação ao tempo inicial. Avaliando os resultados de cada DE percebe-se que em todos os tempos a DE = 10 apresentou diferença significativa entre as médias; já na DE = 14 este fato só ocorreu entre os tempos 0 e 10 dias enquanto entre os tempos 20 e 30 dias e entre 40 e 50 dias as médias foram estatisticamente iguais. Caparino et al. (2012) também constataram, ao estudar a cor de mangas em pó (*Philippine 'carabao'* var.) reconstituídas, secadas em tambor rotativo, secador por aspersão e liofilizador, em relação à polpa integral, diminuição de L*, 37,73; 41,59 e 43,74, respectivamente. Ferrari et al. (2012b) também perceberam, estudando a influência de agentes carreadores, que as três amostras em pó de amora silvestre secadas em secador por aspersão com adição de 7% de maltodextrina, de 7% de goma arábica e de 3,5% de maltodextrina com 3,5% de goma arábica, após a secagem, que a amostra com 7% de goma arábica era ligeiramente mais clara. Comparando os resultados entre as dextroses tem-se, em todos os tempos, diferenças significativas, já a partir do tempo 0 dia; por conseguinte, as dextroses equivalentes exerceram influência na luminosidade das amostras em pó.

Também se encontram os valores da intensidade de vermelho (+a) da polpa do fruto de mandacaru em pó com dextroses equivalentes de 10 e 14. Observa-se diminuição aos 10 dias de armazenamento seguida de um aumento constante do tempo 20 dias até o tempo final, em ambas as DEs; na DE = 10 entre os tempos inicial e final ocorreu uma redução de 6,31% e na DE = 14 um aumento 4,29%. Os resultados não apresentam diferença significativa durante os tempos 10 e 20 dias, na DE = 10 e entre os tempos 0 e 40 dias, na DE = 14. Ferrari et al. (2012a) constataram, avaliando as características da amora silvestre em pó secadas com diferentes concentrações de agentes carreadores (7% de maltodextrina; 7% de goma arábica; e 3,5% de maltodextrina + 3,5% de goma arábica) em secador por aspersão, que as amostras secadas com 7%

de maltodextrina mais vermelhas, maior valor de +a, com maior retenção de pigmentos e maior atividade antioxidante propiciados por este agente encapsulante.

Entre as DEs, os valores da DE = 14 foram maiores que os valores da DE = 10, desde o tempo zero até o final do armazenamento, ou seja, as amostras com DE = 14 apresentaram maior deslocamento na direção do vermelho. A taxa de escurecimento em produtos de frutas armazenados depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem e aumenta consideravelmente quando o teor de água do produto é maior que 4 a 5% b.u (Fellows, 2006).

Observa-se, nas duas DEs, decréscimo da intensidade de amarelo (+b) entre 0 e 10 dias; a partir de 10 dias a intensidade de amarelo se eleva entre todos os tempos atingindo, ao final do armazenamento, aumentos percentuais de 7,81% para a DE = 10 e 12,24% para a DE = 14. Comportamento semelhante foi detectado por Caparino et al. (2012) para a manga em pó obtida em tambor rotativo (36,48), secador por aspersão (36,64) e liofilizador (40,99). Endo et al. (2007) verificaram comportamento inverso com redução nos valores de +b para o suco de maracujá desidratado em secador por aspersão e acondicionado em embalagens de polipropileno bi-orientado.

Confrontando os valores entre as DEs observa-se, para a intensidade de amarelo (+b), que os mesmos se diferenciam significativamente no tempo 0 e durante todo o tempo de armazenamento configurando maiores valores da DE = 14 em relação à DE = 10.

Na Tabela 5 estão apresentadas as equações de regressão linear para os parâmetros analisados para a polpa do fruto de mandacaru em pó em função do tempo de armazenamento.

Nota-se que a equação linear para o teor de água da polpa de mandacaru em pó nas duas dextroses equivalentes (10 e 14) resultou em ajuste satisfatório indicada para estimar os dados experimentais do teor de água durante o armazenamento. Ramos et al. (2008) utilizaram equações de regressão linear para representar o comportamento da umidade de fatias de abacaxi desidratadas em secador de bandeja a 60 °C, durante o armazenamento, por 4 dias em temperatura ambiente e com diferentes tipos de embalagens, obtendo $R^2 = 0,92$, para as fatias embaladas com polietileno transparente e $R^2 = 0,96$ para as fatias embaladas com polietileno + folha de alumínio.

Comportamento semelhante teve a atividade de água apesar de na DE = 10 ter apresentado $R^2 = 0,861$ considerado bom ajuste; também se conseguiu, para o ácido ascórbico, estimar os dados experimentais com precisão, com coeficientes de

Tabela 5. Equações de regressão para os parâmetros analisados para a polpa do fruto de mandacaru em pó com 10% de maltodextrina em diferentes dextroses equivalentes (DE) em função do tempo de armazenamento

Equação	R ²
DE = 10	
$X = 6,5613 + 0,1089t^{**}$	0,941
$a_w = 0,3164 + 7,5999 \times 10^{-4}t^{**}$	0,861
$pH = 4,5197 + 1,3928 \times 10^{-3}t^{**}$	0,290
$AA = 25,7843 - 0,1218t^{**}$	0,986
$ATT = 1,4220 - 0,0012t^{**}$	0,595
$L = 52,6552 - 0,2324t^{**}$	0,929
$a = 13,2434 + 2,5678 \times 10^{-2}t^{**}$	0,046
$b = 34,9872 + 0,1211t^{**}$	0,396
$M = 4,0357 \times 10^{-3} + 3,7907 \times 10^{-4}t^{**}$	0,923
DE = 14	
$X = 7,1526 + 0,1203t^{**}$	0,986
$a_w = 0,3180 + 6,8428 \times 10^{-4}t^{**}$	0,957
$pH = 4,5036 + 1,3357 \times 10^{-3}t^{**}$	0,460
$AA = 25,6789 - 0,1383t^{**}$	0,978
$ATT = 1,4851 - 0,0012t^{**}$	0,605
$L = 49,4132 - 0,2387t^{**}$	0,925
$a = 14,0036 + 7,3835 \times 10^{-2}t^{**}$	0,216
$b = 36,0153 + 0,1777t^{**}$	0,516
$M = 5,7071 \times 10^{-3} + 4,2321 \times 10^{-4}t^{**}$	0,893

Em que: X - Teor de água (%); a_w - Atividade de água (a_w); AA - Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹); ATT - Acidez total titulável (% de ácido cítrico); L - Luminosidade (L*); a - Intensidade de vermelho (+a); b - Intensidade de amarelo (+b); M - Molhabilidade (g min⁻¹); t - Tempo de armazenamento (dia); **Significativo a 0,01 de probabilidade ($p < 0,01$); *Significativo a 0,05 de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

determinação (R²) superiores a 0,9; para a luminosidade as equações linear obtiveram R² > 0,9, representando bons ajustes. Moura et al. (2007) obtiveram, para a maçã-passa armazenada durante 189 dias em embalagens de polietileno de 140 µm de espessura nas temperaturas de 5, 25 e 35 °C, coeficientes de determinação de 0,5606; 0,8786 e 0,817, respectivamente, com ajustes por equações lineares aos dados de L*, em função do tempo de armazenamento. No parâmetro molhabilidade a equação linear apontou um R² satisfatório na DE = 10, 0,923 e 0,893 na DE = 14; portanto, menos precisa.

CONCLUSÕES

1. A polpa de mandacaru em pó não manteve a estabilidade nas condições estudadas do trabalho.
2. As embalagens laminadas utilizadas para a polpa de mandacaru em pó não impedem a absorção de água, o escurecimento nem a redução do teor de ácido ascórbico do pó.
3. As amostras são consideradas seguras em razão da atividade de água ter atingido o valor máximo de 0,351 e o pH estar dentro da faixa considerada inibidora de patógenos.
4. A molhabilidade das amostras em pó foi maior na dextrose equivalente (DE) igual a 14, culminando com maior poder de reconstituição em relação à DE = 10.

LITERATURA CITADA

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 18.ed. Maryland: AOAC, 2005. 1141p.
- Arlindo, D. M.; Queiroz, A. J. de M.; Figueirêdo, R. M. F. de. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.9, p.111-118, 2007.
- R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.2, p.147-153, 2015.
- Benassi, M. T.; Antunes, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxilac acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.31, p.507-513, 1988.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos Químicos e físico-químicos para análises de alimentos. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017p.
- Caparino, O. A.; Tang, J.; Nindo, C. I.; Sablani, S. S.; Powers, J. R.; Fellman, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. Journal of Food Engineering, v.111, p.135-148, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>
- Endo, E.; Borges, S. V.; Daiuto, E. R.; Cereda, M. P.; Amorim, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) desidratado. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.27, p.382-386, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000200029>
- Fellows, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.
- Ferrari, C. C.; Germer, S. P. M.; Aguirre, J. M. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. Drying Technology, v.30, p.154-163, 2012a. <http://dx.doi.org/10.1080/07373937.2011.628429>
- Ferrari, C. C.; Germer, S. P. M.; Alvim, I. D.; Vissotto, F. Z.; Aguirre, J. M. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. International Journal of Food Science and Technology, v.47, p.1237-1245, 2012b. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02964.x>
- Gomes, R. P. Fruticultura brasileira. 13.ed. São Paulo: Nobel, 2007. 446p.
- Goula, M. A.; Adamopoulos, G. K. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. Drying Technology, v.26, p.726-737, 2008. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930802046377>
- Kader, A. A. Future of modified atmosphere research. Acta Horticulturae, v.857, p.212-217, 2010.
- Kha, T. C.; Nguyen, M. H.; Rocha, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the gac (*Mormodica cochinchinesis*) fruit aril powder. Journal of Food Engineering, v.98, p.385-392, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.016>
- Lee, K. H.; Wu, T. Y.; Siow, L.F. Spray drying of red (*Hylocereus polyrhizus*) and white (*Hylocereus undatus*) dragon fruit juices: Physicochemical and antioxidant properties of the powder. International Journal of Food Science and Technology, v.48, p.2391-2399, 2013.
- Lisbôa, C. G. C.; Figueirêdo, R. M. F. de; Queiroz, A. J. de M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.216-221, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000200013>
- Loureiro, M. N.; Figueirêdo, R. M. F. de; Queiroz, A. J. de M.; Oliveira, E. N. A. de. Armazenamento de buriti em pó: Efeito da embalagem nas características físicas e químicas. Bioscience Journal, v.29, p.1092-1100, 2013.
- Melo Filho, A. B.; Vasconcelos, M. A. S. Química de alimentos. Recife: UFRPE, 2011. 78p.
- Menezes, A. R. V.; Silva Júnior, A.; Cruz, H. L. L.; Araujo, D. R.; Sampaio, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C.) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.11, p.1-8, 2009.

- Moraga, G.; Igual, M.; García-Martínez, E.; Mosquera, L. H.; Martínez-Navarrete, N. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. *Journal of Food Engineering*, v.112, p.191-199, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.002>
- Moreira, J. S. A.; Souza, M. L.; Araújo Neto, S. E.; Silva, R. F. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. *Revista Caatinga*, v.24, p.26-32, 2011.
- Moura, S. C. S. R.; Berbari, S. A.; Germer, S. P. M.; Almeida, M. E. M.; Fefim, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, p.141-148, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000100025>
- Murugesan, R.; Orsat, V. Spray drying for the production of nutraceutical ingredients - A review. *Food Bioprocess Technology*, v.8, p.1-12, 2011.
- Nascimento, V. T.; Moura, N. P.; Vasconcelos, M. A. S.; Maciel, M. I. S.; Albuquerque, U. P. Chemical characterization of native wild plants of dry seasonal forests of the semi-arid region of northeastern Brazil. *Food Research International*, v.44, p.2112-2119, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.024>
- Ramos, A. M.; Quintero, A. C. E.; Faraoni, A. S.; Soares, N. F. E.; Pereira, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. *Alimentos e Nutrição*, v.19, p.259-269, 2008.
- Rahman, M. M.; Miaruddin, M.; Chowdhury, M. F.; Khan, M. H. H.; Rahman, M. M. Preservation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by osmotic dehydration. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, v.37, p.67-75, 2012. <http://dx.doi.org/10.3329/bjar.v37i1.11178>
- Silva, L. R.; Alves, R. E. Caracterização físico-química de frutos de mandacaru. *Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais*, v.7, p.199-205, 2009.
- Silva, V. K. L.; Pinheiro, E. S.; Domingues, M. A. F.; Aquino, A. C.; Figueiredo, E. A.; Costa, J. M. C.; Constant, P. B. L. Efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.55-66, 2010. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p55>
- Tonon, V. R.; Brabet, C.; Hubinger, M. Spray drying of açai juice (*Euterpe oleraceae* Mart.): Effect of inlet air temperature and type of carrier agent. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.5, p.691-700, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00518.x>
- Vissotto, F. Z.; Jorge, L. C.; Makita, G. T.; Rodrigues, M. I.; Menegalli, F. C. Influence of the process parameters and sugar granulometry on cocoa beverage powder steam agglomeration. *Journal of Food Engineering*, v.97, p.283-291, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.013>