PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE ATEMOIA EM PÓ¹

KARLA DOS SANTOS MELO DE SOUSA², ROSSANA MARIA FEITOSA DE FIGUEIRÊDO³,
ALEXANDRE JOSÉ DE MELO QUEIROZ³, TÂMILA KASSIMURA DA SILVA FERNANDES⁴

RESUMO – A atemoia desperta cada vez mais interesse devido ao seu aroma, sabor e valor de mercado. Porém, como a maioria das frutas, é bastante perecível, fazendo-se necessária a aplicação de métodos de conservação, a exemplo da secagem por aspersão, que prolonga a vida de prateleira, reduz a atividade de água e obtém como produto final o alimento em pó. Com isso, o objetivo deste trabalho foi desidratar a formulação elaborada com 50% de polpa de atemoia + 50% de água destilada, adicionada de 25% de maltodextrina em secador por aspersão, com temperatura de entrada do ar de 180 °C, vazão de alimentação da bomba de 0,5 L h⁻¹, pressão do ar de 30 kgf cm⁻² e bico aspersor de 1,2 mm de diâmetro. Como produto final, foram obtidas duas amostras em pó, uma coletada na câmara de secagem e outra no ciclone, sendo estas caracterizadas física, físico-quimicamente e morfologicamente. Os dados experimentais foram analisados por delineamento inteiramente casualizado. Avaliando-se os resultados, observa-se que a cor da amostra em pó coletada na câmara de secagem foi mais escura do que a do ciclone; as amostras de atemoia em pó, coletadas na câmara de secagem, apresentaram maior teor de água, pH, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores e proteínas em relação às amostras em pó coletadas no ciclone e menor atividade de água, densidade absoluta e aparente; além disso, o pó da câmara de secagem é mais solúvel, apresenta maior porosidade e partículas maiores do que o pó do ciclone, e ambas formaram aglomerados.

Termos para indexação – *Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L., secagem por aspersão, propriedades físico-químicas e morfologia.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ATEMOYA PULP POWDER

ABSTRACT - The atemoya has attracted increasing interest due to its aroma, flavor and market value. But like most fruits is quite perishable, making necessary the application of preservation methods, such as drying spray, which prolongs the shelf life, reduces the water activity and gets as final product the food powder. The objective this study was dehydrated the formulation prepared with 50% atemoya pulp + 50% distilled water, added 25% maltodextrin, in a spray dryer with inlet air temperature of 180°C, the feeding flow rate of 0.5 L h⁻¹, air pressure of 30 kgf cm⁻² and the nozzle diameter of 1.2 mm. As the final product, it was obtained two powder samples, one collected in the drying chamber and another in the cyclone, been these characterized physic, physico-chemically and morphologically. The experimental data on physico-chemical analyzes were analyzed by completely randomized design. Evaluating the results it is observed that the color of the sample powder collected in the drying chamber was darker than that of the cyclone; samples of atemoya powder collected in the drying chamber had a higher moisture content, pH, ascorbic acid, ash, sugars and proteins in relation to the powder samples collected in the cyclone and lower water activity, absolute density and apparent, moreover, the powder of the drying chamber is more soluble, has a higher porosity and large particles than that of the cyclone and in both sticky aggregates are formed.

Index terms – *Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L., spray drying, physico-chemical properties and morphology.

¹(Trabalho 135-14). Recebido em: 09-04-2014. Aceito para publicação em: 09-05-2015.

²UNIVASF – Prof.^ª Dr.^ª. Colegiado de Engenharia Agrônômica, Laboratório de Agroindústria. Rodovia BR 407 - KM 12 - Lote 543 PSNC, s/nº - C1, 56.300-990, Petrolina – PE/Brasil. E-mail: karla.smsousa@univasf.edu.br

³UFCG – Prof. Dr. Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas. Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, 58.429-900, Campina Grande – PB/Brasil. E-mail: rossana@deag.ufcg.edu.br; alex@deag.ufcg.edu.br

⁴IFPB – Prof.^ª Dr.^ª. Instituto Federal de Paraíba. Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Óasis, 58.900-000, Cajazeiras- PB/Brasil. Email: tamilakassimura@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A atemoia, oriunda das Antilhas e pertencente à família *Annonacea*, é um híbrido interespecífico entre uma espécie originária de clima tropical de altitude, a cherimólia (*Annona cherimola* Mill.) e outra de clima tropical seco, a pinha (*Annona squamosa* L.), é constituída de inúmeras variedades, algumas comportando-se melhor sob condições de clima mais parecidas com as de origem de uma das espécies parentais, podendo, portanto, ser cultivadas sob as mais variadas condições climáticas (MEDEIROS et al., 2009; PEREIRA; KAVATI, 2011). Alguns autores afirmam que o primeiro cruzamento, entre a cherimólia e a fruta-do-conde (pinha), foi realizado nos Estados Unidos, para que frutos com a qualidade da cherimólia fossem obtidos em regiões de clima mais quente, onde a pinha apresentava boa adaptação (PINTO et al., 2005).

Das várias espécies destinadas ao consumo *in natura*, os fruticultores são atraídos pela atemoia porque este fruto apresenta, sobre a fruta-do-conde, a vantagem de ser mais saboroso (sabor doce ligeiramente acidulado e aromático), de conter menor número de sementes e de apresentar vida pós-colheita mais prolongada (MOSCA; LIMA, 2003).

Estima-se que sejam cultivados 10.000 hectares de anonáceas no Brasil. O estado que mais produz atemoia é São Paulo, responsável por 43% da produção, seguido por Minas Gerais, Paraná e Bahia, cada um respondendo por 18,8% (CEAGESP, 2010). A introdução da atemoia na região Nordeste é recente, havendo predominância da cultivar Gefner, de origem israelense, inicialmente cultivada nos projetos de irrigação do Vale do São Francisco (SILVA; MUNIZ, 2011). O interesse pela exploração em todo o território nacional tem aumentado em razão do lucrativo retorno comercial que a cultura oferece (SILVA et al., 2009).

Sendo a atemoia um alimento perecível, faz-se necessária a aplicação de métodos de conservação com a finalidade de prolongar sua vida de prateleira, e dentre estes métodos, destaca-se a secagem por aspersão (*spray drying*), como sendo um dos processos mais utilizados na obtenção de produtos em pó.

A secagem por aspersão é a transformação de um produto do estado fluido para o estado sólido em forma de pó (KAJIYAMA; PARK, 2008). Esta alternativa é bastante viável para a conservação de frutas, visto que se obtém um produto com maior valor agregado e de fácil manipulação, apresentando também maior estabilidade devido à redução na atividade de água, inibindo o crescimento de

microrganismos e a atividade enzimática. O estudo da secagem de materiais nestes secadores visa à otimização de processos industriais e à obtenção de produtos com características morfológicas (área superficial, diâmetro médio de partícula, densidade específica) de acordo com as exigências do mercado (ANSELMO et al., 2006).

Segundo Oliveira et al. (2007), considerando as tendências atuais por alimentos nutritivos e de rápido preparo, a desidratação de sucos para utilização em bebidas instantâneas desponta como interessante alternativa em substituição aos similares artificiais existentes no mercado. Além disso, esses produtos, quando bem embalados, têm vida útil superior a 12 meses de estocagem à temperatura ambiente, representando economia nos custos de transporte e armazenamento.

Diante do exposto, objetivou-se produzir e caracterizar a polpa de atemoia desidratada pelo processo de secagem por aspersão, utilizando-se como agente carreador (aditivo) da maltodextrina.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

As matérias-primas utilizadas foram atemoias (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa* L.) cv. “Gefner”, em estágio de maturação meio maduras, adquiridas na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA), no município de Campina Grande – PB, sendo os frutos oriundos do município de Petrolina-PE, e maltodextrina (MOR-REX®), com dextrose equivalente (DE) igual a 10.

Processamento do fruto

Os frutos, ao chegarem ao laboratório, foram selecionados, lavados em água corrente, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) e novamente lavados em água corrente. Logo após, os frutos foram partidos manualmente ao meio para a retirada da polpa com sementes.

A separação da polpa das sementes foi realizada em despoldadeira, utilizando-se de peneira de malha de 2,5 mm, sendo refinada em uma peneira de malha de 1,0 mm de diâmetro. A polpa de atemoia refinada foi acondicionada e congelada em nitrogênio líquido a -196 °C, e armazenada em freezer a -22 °C até o momento da utilização nos experimentos (aproximadamente três meses).

Elaboração da formulação

Elaborou-se uma formulação na proporção de 1:1 (p/p), ou seja, contendo 50% de polpa de atemoia + 50% de água destilada; a seguir, a esta mistura adicionaram-se 25% de maltodextrina (DE-10).

Caracterização da polpa de atemoia e da formulação

A polpa de atemoia e a formulação foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros: pH, pelo método potenciométrico; sólidos solúveis totais (°Brix); teor de água; sólidos totais; acidez total titulável; relação Sólidos Solúveis Totais/Acidez Total titulável (SST/ATT); açúcares redutores; cinzas e proteínas, determinadas de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008); teor de ácido ascórbico, determinado segundo o método da AOAC (1997), modificado por Benassi e Antunes (1988); cor (L^* , a^* e b^*), determinada utilizando-se de espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus; atividade de água, quantificada por medida direta em medidor Aqualab; e massa específica, em picnômetro de inox (polpa) e picnômetro de vidro (formulação), determinada através da relação entre a massa e o volume da amostra.

Secagem por aspersão

A formulação elaborada foi desidratada em secador por aspersão, com temperatura do ar de secagem de 180 °C, vazão de alimentação da bomba de 0,5 L h⁻¹, pressão do ar de 30 kgf cm⁻² e bico aspersor de 1,2 mm de diâmetro. Como produto final do processo de secagem, obtiveram-se duas amostras em pó: uma coletada na câmara de secagem e outra coletada no ciclone.

Caracterização das amostras em pó

As amostras em pó foram caracterizadas de acordo com os mesmos parâmetros analisados para a polpa e para a formulação, incluindo-se a determinação da densidade absoluta, utilizando-se de picnômetro, e hexano como líquido imiscível; densidade aparente, avaliada a partir do método descrito por Tonon (2009), medindo-se o volume de massa em uma proveta; a solubilidade usando-se a metodologia descrita por Goula e Adamopoulos (2005), onde se adicionaram 2 g do material a 50 mL de água destilada, à temperatura ambiente (25 °C), sendo a mistura agitada em um béquer de 100 mL, usando agitador e barra magnética com o tempo requerido para o material ser dissolvido completamente registrado; porosidade e morfologia.

A porosidade foi calculada pela Equação 1, a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta.

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

ε - porosidade;

ρ_{ap} - densidade aparente (kg m⁻³);

ρ_{abs} - densidade absoluta (kg m⁻³).

A morfologia das partículas foi avaliada através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), sendo as amostras fixadas em porta-amostras metálicos (*stubs*), com uma fita adesiva de dupla-face condutora convencional. Em seguida, foram metalizadas com uma liga de ouro/paládio, em um metalizador Quik Coat SC-701. As amostras foram então observadas no microscópio eletrônico de varredura Superscan SSX-550, com a aquisição das imagens realizada pelo software LEO, versão 3.01.

Análise estatística

Para a avaliação estatística dos dados experimentais da caracterização das amostras (polpa, formulação, pó da câmara de secagem e ciclone), foi empregado o delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre médias, pelo teste de Tukey, utilizando-se do programa computacional ASSISTAT, versão 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios e os desvios-padrão da caracterização química, físico-química e física, da polpa de atemoia e da formulação elaborada. Comparando-se os parâmetros da caracterização das duas amostras, observa-se que todos os valores foram diferentes estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para os valores de pH, nota-se que estes foram superiores a 4,5, e segundo Baruffaldi e Oliveira (1998), estas amostras são consideradas como um produto pouco ácido; ainda de acordo com os mesmos autores, estes produtos são suscetíveis ao crescimento de cepas de *Clostridium botulinum*, que podem produzir toxinas, requerendo um tratamento térmico de 115,5°C, ou maior, para obter controle dos microrganismos.

O teor de água encontrado para a formulação foi menor que o da polpa de atemoia, mesmo com a adição de 50% de água destilada, e este comportamento provavelmente ocorreu devido à adição de 25% de maltodextrina, visto que este agente carreador tem como propriedade aumentar o teor de sólidos. A adição de maltodextrina promove várias vantagens ao produto final, tais como aumento da vida de prateleira (devido à redução de atividade de água), e principalmente facilita o processo de

secagem por aspersão, pois a maioria das polpas de frutas apresenta alto teor de açúcares, sendo estas propícias à caramelização, o que inviabiliza o processo. Oliveira et al. (2006), ao compararem o teor de água da polpa integral de pitanga com a polpa formulada, obtiveram resultado semelhante. Observa-se também que o teor de água da polpa de atemoia é inferior à encontrada por Marcellini et al. (2003) para o mesmo fruto, que foi de 75,6%.

Como consequência do maior teor de água, os sólidos totais foram menores na polpa de atemoia, sendo 4,1% inferior ao obtido para a formulação. Galdino (2011) obteve o aumento de 120% no valor dos sólidos totais da formulação em relação à polpa integral de figo-da-índia. Os sólidos totais da polpa de atemoia foram semelhantes ao relatado por Gouveia et al. (2007) para a polpa de pinha, que foi de 29,108 $\pm$ 0,467%.

Os sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) da polpa de atemoia apresentaram o valor de 15,4% menor em relação ao valor da formulação. Carvalho (2008) constatou para formulações elaboradas com 50% de leite de cabra e 50% de polpa de umbu-cajá, adicionadas de diferentes concentrações de maltodextrina DE-10 (5; 10 e 15%), que com o aumento da concentração de maltodextrina houve o aumento dos teores dos sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix). O valor experimental dos sólidos solúveis totais obtidos para a polpa de atemoia foi superior ao relatado por Medeiros et al. (2009), que foi de 23,40 $^{\circ}$ Brix, para o mesmo material.

A acidez total titulável da polpa de atemoia foi 111,8% maior que o valor encontrado para a formulação. A adição de água destilada na formulação reduz a acidez, assim como a incorporação de maltodextrina. Melo (2007) verificou em formulações elaboradas com 80% de leite de cabra e 20% de polpa de umbu-cajá, que com a adição de diferentes concentrações de maltodextrina DE-10 (10 e 15%) há uma diminuição no teor da acidez total titulável.

Observa-se que a relação SST/ATT da formulação foi 140,6% maior que a da polpa de atemoia. Esta diferença entre os valores é previsível, tendo em vista, como já mencionado, que a adição de maltodextrina e água na formulação altera a proporção de ácidos orgânicos e dos sólidos solúveis. O valor da relação SST/ATT obtida por Marcellini et al. (2003) foi de 65,93 para os frutos *in natura* de atemoia, indicando que se tratava de frutos mais maduros do que os utilizados na polpa do presente trabalho.

Com a preparação da formulação, constatou-se que o teor de ácido ascórbico obtido para a formulação reduziu em 40,4%, quando comparado

com o teor encontrado para a polpa de atemoia. Verificou-se também que o teor de ácido ascórbico da polpa de atemoia foi bastante inferior ao relatado por Medeiros et al. (2009), que foi de 15,84 mg 100g⁻¹. Esta diferença pode ter ocorrido devido a uma provável degradação da vitamina C durante o armazenamento da polpa congelada; além disso, às características físico-químicas dos frutos que podem ser influenciadas por fatores como as condições climáticas, solo, localização geográfica, etc.

O conteúdo de cinzas da polpa de atemoia foi 129,3% maior que o da formulação. Além disso, o valor experimental das cinzas da polpa de atemoia foi superior ao apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) para esta fruta, que é de 0,7 g.

Avaliando-se os resultados encontrados para os açúcares redutores, nota-se que a adição de água destilada e maltodextrina reduziram em 47,7% o valor deste parâmetro. Galdino (2011) também constatou a redução de 15%, ao trabalhar com a polpa de figo-da-índia. O valor obtido para os açúcares redutores da polpa de atemoia foi inferior ao apresentado por Gouveia et al. (2007) para a polpa de pinha, que foi de 20,4%.

A formulação apresentou valores de proteínas 68,4% menor em relação à polpa de atemoia, e este comportamento era esperado, visto que houve a adição de 50% de água na formulação. Os teores de proteínas encontrados para a polpa de atemoia foram aproximadamente o dobro do relatado por Teixeira et al. (2006), para a polpa de graviola, que foi de 0,7%.

A massa específica da polpa de atemoia foi 1,8% menor do que a da formulação. O valor experimental encontrado para a massa específica da polpa de atemoia foi menor que o obtido por Guedes et al. (2010), que foi de 1.070,5 kg/m³, para a polpa de melancia na temperatura de 20°C, com concentração de 17 $^{\circ}$ Brix.

Observa-se que o valor encontrado para a atividade de água da formulação foi maior que o valor obtido para a polpa de atemoia, sendo este aumento, em termos percentuais, igual a 1,6%, também justificável pela adição de água na formulação. A polpa de atemoia apresentou um valor de atividade de água inferior ao obtido por Silva et al. (2009) para a mesma variedade, que foi de 0,998, e os mesmos autores obtiveram valor igual (0,954) para o fruto armazenado durante 12 dias sob refrigeração (temperatura de 15°C).

A luminosidade da formulação foi 48,8% superior à polpa de atemoia, significando que a formulação era mais clara que a polpa de atemoia. O valor obtido para a luminosidade da polpa de atemoia

foi inferior aos encontrados por Silva et al. (2014), que foi de 57,83; e Silva et al. (2009), que foi de 85,3 para o mesmo fruto, também variedade 'Genfer', oriundos do Estado de Minas Gerais e do Estado de Sergipe, respectivamente. Esta divergência de valores pode ocorrer devido às condições de plantio e da região na qual foi cultivado o fruto, além do estágio de maturação. Avaliando-se os parâmetros de cor com intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), verifica-se que houve a redução de 17,4% no valor da intensidade de vermelho ($+a^*$) e o aumento de 20,3% na intensidade de amarelo (b^*). Nota-se, para a polpa de atemoia, que houve predominância da intensidade de vermelho em relação à intensidade de amarelo.

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios e os desvios-padrão da caracterização química, física e físico-química das amostras de atemoia em pó, coletadas na câmara de secagem e no ciclone. Observa-se que todos os parâmetros avaliados apresentaram diferença estatística entre si, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com exceção da acidez total titulável e a relação SST/ATT. Estas diferenças, provavelmente, ocorreram em razão de que as partículas que ficam retidas no ciclone são menores e possuem uma área superficial maior do que as partículas da câmara; e as partículas da câmara, por sua vez, ficam expostas por um tempo maior à alta temperatura do ar de secagem do que as partículas do ciclone, uma vez que a temperatura do ar no ciclone já chega reduzida após passar pela câmara de secagem.

Nota-se que o pH das duas amostras em pó, assim como a polpa de atemoia e a formulação foram superiores a 4,5, o que, de acordo com Baruffaldi e Oliveira (1998), estas são consideradas como produto pouco ácido. Sánchez et al. (2011) encontraram valores superiores de pH de 5,7; 5,7 e 5,4 para amostras em pó de suco de melancia em pó. O pH da amostra do pó do ciclone foi inferior ao da câmara, indicando a influência da temperatura do secador no pH e demonstrando maior oxidação dos ácidos orgânicos na câmara, em razão do maior tempo de exposição à alta temperatura de secagem na câmara.

Observa-se que o teor de água do pó da câmara de secagem foi 179,6% maior que o pó do ciclone, e que os valores das duas amostras foram de $1,37 \pm 0,04\%$ e $0,49 \pm 0,01\%$, respectivamente. Este comportamento é devido ao pó do ciclone apresentar partículas de tamanho menores, secando mais rápido do que as partículas acumuladas na câmara, que eram maiores. A redução do teor de água é uma das vantagens da secagem, visto que esta característica influência no processo de conservação dos alimentos,

pois o conteúdo de água de um alimento é o principal fator causador da deterioração por microrganismos, alterações por reações químicas e enzimáticas (CELESTINO, 2010). Angel et al. (2009) obtiveram valores de teor de água na faixa de 2,99 a 9,40%, ao estudarem suco de maracujá em pó; já Tonon et al. (2008) encontraram para o pó de açaí valores de teor de água na faixa de 0,66 a 2,89%. Os sólidos totais do ciclone apresentaram valor maior que o pó da câmara de secagem, consequência do menor teor de água.

O teor de sólidos solúveis totais para as duas amostras foi de 44,69 e 49,63 °Brix para o pó da câmara de secagem e do ciclone, respectivamente. Cavalcanti Mata et al. (2005) encontraram um teor médio de sólidos solúveis totais inferior, de 39,40 °Brix, para o pó de graviola liofilizado.

A acidez total titulável e a relação SST/ATT não diferiram estatisticamente. Oliveira et al. (2006), ao estudarem amostras em pó de pitanga, também verificaram que não houve diferença estatística para a acidez total titulável.

Os resultados dos teores de ácido ascórbico mostram que o pó coletado na câmara de secagem apresentou o valor de 466,5% maior que o do pó do ciclone. Provavelmente, esta diferença deve-se ao tamanho das partículas, que por serem menores no ciclone e com área superficial maior degradou mais o ácido ascórbico. Rajkumar et al. (2007) obtiveram o valor de 23,11 mg 100g⁻¹, para a manga em pó, desidratada pelo método de secagem em camada de espuma.

Observa-se que o conteúdo de cinzas da câmara de secagem foi maior que o do ciclone. Comportamento semelhante ao relatado por Galdino (2011) ao estudar o figo-da-índia em pó.

Os teores de açúcares redutores apresentados mostram que o pó da câmara de secagem foi 9,99% superior ao do ciclone. Melo (2007) não verificou diferença estatística entre os valores encontrados para os pós da câmara de secagem e do ciclone, obtendo valores de 27,52 e 27,47% de glicose, respectivamente, sendo o pó obtido da formulação elaborada com 80% de leite de cabra + 20% de polpa de umbu-cajá + 15% de maltodextrina DE-10.

Nota-se para a proteína que o pó coletado na câmara de secagem apresenta, em termos percentuais, 55,6% mais proteína que o pó do ciclone, e esta diferença pode estar associada ao fato de o pó coletado na câmara apresentar maior percentual de polpa, por isso a mesma apresenta colocação amarela, enquanto o pó coletado no ciclone tem coloração branca. Silva et al. (2008) obtiveram o teor de proteína de 2,20% para o cupuaçu em pó, valor este próximo ao encontrado para a câmara de secagem.

Para a atividade de água, verifica-se que o pó da câmara de secagem tem o valor de 33,2% inferior ao encontrado para o ciclone. Quek et al. (2007) encontraram valores de atividade de água na faixa de 0,20 a 0,29 para a melancia em pó. De acordo com estes autores, a atividade de água é um parâmetro muito importante a ser determinado em produtos obtidos pelo processo de secagem por aspersão, em razão de influenciar na vida de prateleira do pó produzido. Analisando-se os valores apresentados para atividade de água, verifica-se que estes foram inferiores a 0,6; sendo assim, pode-se considerar os pós de atemoia, tanto coletados na câmara de secagem como do ciclone como alimentos microbiologicamente estáveis, resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2015) ao estudarem a secagem por aspersão de polpa do fruto do mandacaru. Segundo Gava (2008), os microrganismos não encontram nos alimentos desidratados condições favoráveis para sua multiplicação, havendo inclusive tendência de redução no número de células viáveis.

Avaliando-se os resultados obtidos para os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*), e comparando-se os resultados do pó da câmara de secagem em relação ao pó do ciclone, que a intensidade de vermelho e a intensidade de amarelo se reduziram em 82,2% e 58,1%, respectivamente; já o valor da luminosidade do pó ciclone é 42,7% maior que o pó da câmara de secagem, indicando que o pó do ciclone é mais claro, ou seja, mais próximo do branco. Carvalho (2008) verificou o mesmo comportamento ao estudar a cor do pó coletado na câmara de secagem e no ciclone, obtido a partir da formulação elaborada com 50% de polpa de umbu-cajá + 50% de leite de cabra, adicionada de 5; 10 e 15% de maltodextrina (DE-10).

Constata-se que os valores médios da densidade absoluta e da densidade aparente foram maiores para o pó do ciclone. Oliveira et al. (2006) obtiveram valores de densidade absoluta para a câmara de secagem e ciclone de 1.192,3 e 1.380,6 kg m⁻³, respectivamente. Tonon (2009) encontrou densidade aparente de 390 kg m⁻³ para o açaí em pó.

Já a câmara de secagem apresenta maior porosidade, indicando que nesta amostra existem mais espaços vazios e maior solubilidade (tempo menor), ou seja, esta amostra é mais solúvel que o pó do ciclone. Souza et al. (2009) encontraram valores de porosidade num intervalo de 50 a 59%, dependendo da condição de secagem, para a tomate em pó. Goula e Adamopoulos (2005), ao estudarem a solubilidade de polpa de tomate em pó desidratada pelo processo de secagem por aspersão, em diferentes condições de secagem, obtiveram valores que variaram entre 2,02

e 4,08 min; já Lee et al. (2013) obtiveram valores de 2,26 e 2,18 min para polpa em pó de pitaiá vermelha e pitaiá branca, respectivamente, desidratadas também por secagem por aspersão.

Morfologia

De acordo com as imagens da Figura 1, verifica-se que as partículas do pó coletado na câmara de secagem são maiores que as do pó do ciclone, e observa-se também que a maioria das partículas das duas amostras formou aglomerados. Desempenho semelhante foi relatado por Berna (2009) ao desidratar em secador por aspersão a polpa de *Opuntia stricta* com adição de maltodextrina (Glucidex DE-6), em diferentes relações agente carreador/suco (0,45; 0,9 e 1,8). O autor relatou que, com a utilização deste agente carreador, só foi possível identificar partículas esféricas quando a relação foi superior a 0,9, ou seja, houve neste caso o aumento da concentração de maltodextrina.

Notam-se, através de toda a discussão, diferenças obtidas entre o pó coletado na câmara de secagem e no ciclone (Figura 2). O produto recolhido no ciclone apresenta menor tempo de retenção em relação ao produto que permanece na câmara, sendo este frequentemente mais denso e propenso a um aquecimento mais prolongado devido ao aumento do tempo de permanência (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010). Outros pesquisadores também obtiveram diferenças entre os dois pós, ao desidratarem leite de cabra com polpa de umbu-cajá (CARVALHO, 2008; MELO, 2007) e polpa de figo-da-índia (GALDINO, 2011; LISBOA et al., 2012).

TABELA 1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa de atemoia e da formulação.

Parâmetro	Polpa de atemoia	Formulação
pH	4,59±0,01	4,83±0,00
Teor de água (% b.u.)	71,19±0,22 a	69,97±0,25 b
Sólidos totais (%)	28,81±0,22 b	30,03±0,25 a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	26,41±0,14 b	30,47±0,14 a
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,36±0,01 a	0,17±0,01 b
SST/ATT	72,51±1,35 b	174,46±5,85 a
Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	1,04±0,06 a	0,62±0,00 b
Cinzas (%)	0,94±0,01 a	0,41±0,01 b
Açúcares redutores (% glicose)	15,59±0,07 a	8,16±0,03 b
Proteína (%)	1,36±0,02 a	0,43±0,04 b
Massa específica (kg/m ³) (25 °C)	1.108,26±1,65 b	1.128,34±1,77 a
Atividade de água (25 °C)	0,954±0,001 b	0,969±0,001 a
Luminosidade (L*)	42,29±0,16 b	62,92±0,05 a
Intensidade de vermelho (+a*)	6,44±0,16 a	5,32±0,04 b
Intensidade de amarelo (+b*)	13,87±0,28 b	16,68±0,06 a

TABELA 2 - Caracterização química, física e físico-química das amostras de atemoia em pó, coletadas na câmara de secagem e no ciclone.

Parâmetro	Câmara	Ciclone
pH	4,94±0,01	4,85±0,01
Teor de água (% b.u.)	1,37±0,04 a	0,49±0,01 b
Sólidos totais (%)	98,63±0,04 b	99,51±0,04 a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	44,69±2,89 b	49,63±0,00 a
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,52±0,03 a	0,57±0,03 a
SST/ATT	86,85±5,28 a	87,45±4,82 a
Ácido ascórbico (mg 100g ⁻¹)	22,15±1,10 a	3,91±0,00 b
Cinzas (%)	0,97±0,01 a	0,74±0,00 b
Açúcares redutores (% glicose)	25,83±0,21 a	23,25±0,27 b
Proteína (%)	2,24±0,01 a	1,44±0,01 b
Atividade de água (25 °C)	0,157±0,013 b	0,209±0,015 a
Luminosidade (L*)	57,42±0,09 b	81,94±0,06 a
Intensidade de vermelho (+a*)	10,50±0,10 a	1,87±0,01 b
Intensidade de amarelo (+b*)	33,30±0,31 a	13,95±0,20 b
Densidade absoluta (kg m ⁻³) (25 °C)	1.262,15±30,83 b	1.419,72±69,19 a
Densidade aparente (kg m ⁻³) (25 °C)	458,15±6,16 b	560,99±9,14 a
Porosidade (%)	63,69±0,58 a	60,45±1,25 b
Solubilidade (min)	2,01±0,07 b	2,38±0,05 a

FIGURA 1 -Imagens das partículas da atemoia resultantes da secagem por aspersão e coletadas na câmara de secagem e no ciclone.

FIGURA 2 – Amostra em pó coletada na câmara de secagem (A) e no ciclone (B).

CONCLUSÕES

A cor da amostra em pó coletada na câmara de secagem foi mais escura do que a do ciclone, sendo recomendável para a escolha do tom mais conveniente para a elaboração de um produto final a realização de análise sensorial.

As amostras de atemoia em pó coletadas na câmara de secagem apresentaram maior teor de água, pH, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores e proteínas em relação às amostras em pó coletadas no ciclone e menor atividade de água, densidades absoluta e aparente.

A amostra de atemoia em pó coletada na câmara de secagem é mais solúvel e apresenta maior porosidade do que a amostra em pó coletada no ciclone.

As partículas do pó coletado na câmara de secagem são maiores que as do pó do ciclone.

Sendo assim, a amostra de atemoia em pó coletada na câmara de secagem é mais indicada para o processamento industrial, por apresentar as melhores características nutricionais e tecnológicas.

AGRADECIMENTO

À Capes e ao CNPq, pelas bolsas concedidas, e à Corn Products Brasil, pela doação da maltodextrina.

REFERÊNCIAS

- ANGEL, R.C.M.; ESPINOSA-MUÑOZ, L.C.; AVILES-AVILES, C.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; MOSCOSA-SANTILLÁN, M.; GRAJALES-LAGUNES, A.; ABUD-ARCHILA, M. Spray-Drying of Passion Fruit Juice Using Lactose-Maltodextrin Blends as the Support Material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.52, n.4, p.1011-1018, 2009.
- ANSELMO, G.C.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; ARRUDA, P.C.; SOUSA, M.C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n.2, p.58-64, 2006.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 14th ed. Arlington, 1997. 1141p.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v.3, 317p.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.31, n.4, p.507-513, 1988.
- BERNA, M. L. **Obtención de microencapsulados funcionales de zumo de *Opuntia stricta* mediante secado por atomización**. 2009. 69f. Monografía (Trabalho de final de curso Ingenieria Técnica Industrial) - Escuela Técnica Superior de Ingenieria Industrial, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/954/1/pfc3022.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2012.
- CARVALHO, C.M. **Secagem e armazenamento do leite de cabra com polpa de umbu-cajá**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; ALSEMO, G.C.S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, M.A.; CAVALCANTI, A.S.R.R.M.; OLIVEIRA, C.C.A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.2, p.165-172, 2005.
- CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Atemoia**. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/produtos/produtos/atemoia>>. Acesso em: 30 nov.2010.
- CELESTINO, S.M.C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows_7/Downloads/Principios-de-Secagem-de-Alimentos.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- GALDINO, P.O. **Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia**. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

- GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 504p.
- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, London, v.66, n.1, p.35–42, 2005.
- GOUVEIA, D.S.; CAVALCANTIMATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; QUEIROZ, A. J. de M.; UGULINO, S. M. P. Avaliação físico-química e aceitação sensorial do suco de pinha e do blend pinha-leite. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.1, p.29-36, 2007.
- GUEDES, D.B.; RAMOS, A.M.; DINIZ, M.D.M.S. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v.13, n.4, p.279-285, 2010.
- Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina grande, v.10, n.1, p.1-8, 2008.
- LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p.216–221, 2012.
- MARCELLINI, P.S.; CORDEIRO, C. E.; FARAONI, A. S.; BATISTA, R.A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. Comparação físico-química e sensorial da atemoia com a pinha e a graviola produzidas e comercializadas no estado de Sergipe. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.2, p.187-189, 2003.
- MEDEIROS, P.V.Q.; MENDONÇA, V.; MARACAJÁ, P.B.; AROUCHA, E. M. M.; PEREIRA, R. G. Physical-chemical characterization of atemoia fruit in different maturation stages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.2, p.87-90, 2009.
- MELO, J. C. S. **Secagem e armazenamento de formulação de leite de cabra e polpa de umbu-cajá**. 2007. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.
- MOSCA, J.L.; LIMA, G.P.P. Atividade respiratória de atemoia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.) cv. Gefner, durante o amadurecimento. **Proceedings of The Interamerican Society For Tropical Horticulture**, Miami, v.47, n.1, p.109-110, 2003.
- OLIVEIRA, A.R.G.; BORGES, S.V.; FARIA, R.K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S.R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*passiflora edullis*) e abacaxi (*ananas comosus*) desidratados. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.3, p.251-256, 2007.
- OLIVEIRA, F.M.N.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.8, n.1, p.25-33, 2006.
- OLIVEIRA, O.W.; PETROVICK, P.R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Brasília, v.20, n.4, p.641-650, 2010.
- PEREIRA, F.M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, p.092-108, 2011. Volume Especial.
- PINTO, A.C.Q.; CORDIERO, M.C.R.; ANDRADE, S.R.M.; FERRIERA, F.R.; FILGUIERAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; KINPARA, D.I. **Annona species**. Southampton: University of Southampton, International Centre for Underutilised Crops, 2005. 284p.
- QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v.46, n.5, p.386–392, 2007.

- RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G.S.V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, London, v.79, n.4, p.1452–1459, 2007.
- SÁNCHEZ, H. M. G.; PALOMARES, S. G.; REYES, T. R. Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). **Investigación y Ciencia**, Aguascalientes, n.51, p.10-15, 2011.
- SILVA, A.E.; SILVA, L.H.M.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.28, n.4, p.895-901, 2008.
- SILVA, A.V.C.; ANDRADE, D.G.; YAGUIU, P.; CARNELOSSI, M.A.G.; MUNIZ, E.N.; NARAIN, N. Uso de embalagens e refrigeração na conservação de atemoia. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.300-304, 2009.
- SILVA, A.V.C.; MUNIZ, E.N. Qualidade de atemoia colhida em dois estádios de maturação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.4, p.9-13, 2011.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno-NV-USA. **Proceedings...** St Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SOUZA, A.S.; BORGES, S.V.; MAGALHÃES, N.F.; RICARDO, H.V.; CEREDA, M.P.; DAIUTO, E. R. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.291-294, 2009.
- TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4.ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. v.2, 164p.
- TEIXEIRA, C. K. B.; NEVES, E. C. A.; PENA, R. S. Estudo da pasteurização da polpa de graviola. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.3, p.251-257, 2006.
- TONON, R.V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, London, v.88, n.3, p.411–418, 2008.