



USO DE SECADOR ROTATÓRIO COM RECHEIO DE INERTES NA DESIDRATAÇÃO DO CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia*)

T. C. FONSECA¹, T. C. SILVA¹, N. C. SILVA¹, C. R. DUARTE¹ e M. A. S. BARROZO¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: thabata.carmo.fonseca@hotmail.com

RESUMO – O camu-camu (*Myrciaria dubia*) é um fruto tropical nativo da região Amazônica, que têm despertado interesse pelo seu elevado conteúdo de vitamina C e de compostos antioxidantes. Porém, o mesmo também é caracterizado por apresentar alto teor de umidade, sendo necessária a aplicação de técnicas de desidratação para seu aproveitamento. Dentre as metodologias existentes, o secador rotatório com recheio de inertes tem tido grande relevância uma vez que o equipamento se destaca pela possibilidade de secar materiais pastosos e por possuir um produto pós-secagem pronto para comercialização. Para definição da melhor condição experimental de secagem da polpa, almejando-se a obtenção de um produto com pouca umidade, baixa atividade de água e de um processo com bom rendimento, foram explorados os efeitos de diferentes variáveis de processo como concentrações de agente carreador (maltodextrina), da temperatura do ar, do fator de enchimento e da velocidade de rotação. Os resultados obtidos indicaram a eficiência desse método para um possível aproveitamento do camu-camu desde que a desidratação seja realizada em condições adequadas de suas variáveis.

1. INTRODUÇÃO

O fruto do camu-camu (*Myrciaria dubia*) originário da região amazônica tem se destacado por despertar o interesse de indústrias farmacêuticas internacionais devido seus elevados teores de antioxidantes, em especial a vitamina C. Contudo, essa alta concentração de compostos antioxidantes acarreta um sabor ácido à fruta inibindo o consumo *in natura* (Rodrigues et al., 2004). Juntamente a essa acidez característica, a polpa de camu-camu também tem elevada quantidade de água, que torna o fruto altamente perecível (Fujita *et al.*, 2013) sendo necessário portanto a aplicação de um método para a desidratação do material.

Dentre as variadas técnicas de desidratação, tem-se destacado o secador rotatório que possui como vantagens a eficiência na remoção da umidade e promoção de uma secagem mais homogênea devido ao seu alto grau de mistura de partículas (Krokida *et al.*, 2002). Como a biomassa do camu-camu é pastosa, o uso de inertes dentro do secador rotatório se torna bastante efetivo, uma vez que os mesmos maximizam a troca térmica e evitam perdas do material nas paredes e outras estruturas do secador (Freitas, 2017).

Diante de todos estes fatos, o objetivo deste trabalho foi realizar a desidratação do camu-camu utilizando um secador rotatório com recheio de inertes, analisando o impacto da

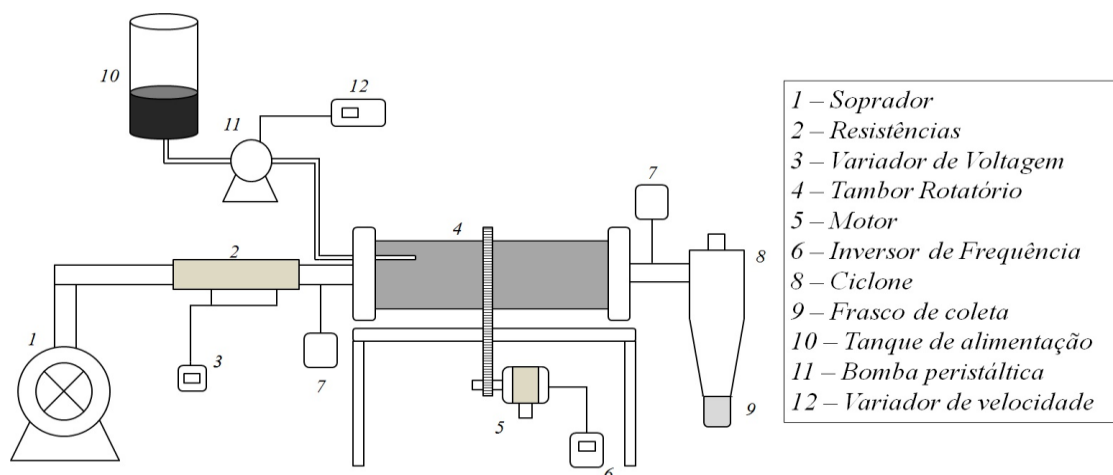
variação das condições de operação sobre o processo de remoção de umidade e do rendimento de secagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O camu-camu utilizado foi fornecido por um sítio localizado em Ibiá-MG. Preparou-se a polpa dos frutos adicionando água destilada na proporção mássica 3:4 (3 g de água para cada 4 g de fruto). A polpa foi armazenada em copos plásticos, envoltos em polietileno e papel alumínio, sendo mantidos em freezer à -18°C , até o momento da realização dos experimentos.

A unidade experimental utilizada, representada na Figura 1, consistia em um soprador, conectado a um sistema de aquecimento e um variador de voltagem para ajustar a temperatura do ar. O tambor foi conectado a um sistema de rotação composto por um motor e inversor de frequência para controle da velocidade de rotação. Um ciclone *Stairmand* de diâmetro 10 cm e com um frasco acoplado em seu *underflow* foi utilizado para coleta do material desidratado. O camu-camu *in natura* foi alimentado por um sistema composto por um tanque de armazenamento, bomba peristáltica e controlador de velocidade. O tambor usado nesse trabalho foi feito de aço inox, com diâmetro interno de 12 cm e comprimento de 36 cm. Os inertes utilizados foram esferas de porcelana, com diâmetro de 1,9 cm e densidade de $2,32\text{ g/cm}^3$.

Figura 1- Figura esquemática do secador rotatório com recheio de inertes.



Utilizou-se cerca de 100 g de polpa de camu-camu em cada experimento, alimentadas na forma de ciclos intermitentes. Analisou-se os impactos das variáveis temperatura, enchimento e rotação no processo de secagem, assim como expresso na Tabela 1. Além dessas variáveis, verificou-se também os efeitos de diferentes concentrações de maltodextrina na polpa durante a secagem, realizando-se uma série de experimentos em concentrações distintas desse agente carreador. Após descongelada, a polpa era misturada com a maltodextrina (Lore malt, DE11). A concentração era calculada da seguinte forma: para 10% de maltodextrina, adicionava-se 10 g do agente carreador à 100 g de polpa, e assim, para as demais concentrações.



Tabela 1- Condições experimentais na desidratação do camu-camu.

Experimento	Temperatura (°C)	Maltodextrina (%)	Enchimento (%)	Rotação (RPM)
1	70	0	28	65
2	70	10	28	65
3	70	15	28	65
4	70	20	28	65
5	70	30	28	65
6	90	15	28	65
7	110	15	28	65
8	90	15	21	65
9	90	15	35	65
10	90	15	28	55
11	90	15	28	75

As análises realizadas, tanto no material *in natura* quanto após a desidratação foram: umidade, determinada através do método da estufa submetendo as amostras à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas (AOAC, 1995); a atividade de água (a_w) através do equipamento Lab-Swift AW, Novasina; a análise de Temperatura de Transição Vítrea (T_g), na qual as amostras foram submetidas à análise por calorimetria diferencial de varredura (DSC) para determinação da T_g utilizando-se um equipamento de DSC da TA Instruments (New Castle - EUA), Modelo Q20 V24.4 Build 116. O rendimento de secagem foi obtido através da relação entre massa de pó produzido (base seca) por massa de polpa alimentada (base seca), sendo expresso em porcentagem (%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Umidade final (UF) e atividade de água (a_w)

A umidade final e a atividade de água da polpa desidratada de cada experimento e também *in natura* estão expressas na Tabela 2.

Tabela 2- Umidade final e atividade de água da polpa de camu-camu desidratada e *in natura*.

Experimento	Temperatura (°C)	Maltodextrina (%)	Enchimento (%)	Rotação (RPM)	Umidade (%)	Atividade água (A_w)
1	70	0	28	65	10,82	0,369
2	70	10	28	65	6,20	0,327
3	70	15	28	65	5,40	0,293
4	70	20	28	65	4,59	0,276
5	70	30	28	65	3,66	0,240
6	90	15	28	65	4,44	0,229
7	110	15	28	65	3,56	0,251
8	90	15	21	65	4,56	0,234



9	90	15	35	65	4,80	0,267
10	90	15	28	55	4,18	0,232
11	90	15	28	75	3,88	0,211
<i>In natura</i>	-	-	-	-	90,40	0,968

Através da análise dos resultados mostrados na tabela 2, observou-se que em todos os experimentos, a polpa do camu-camu desidratada atingiu valores satisfatórios de atividade de água (a_w inferiores a 0,6) e umidade final, visto que em algumas literaturas a faixa de umidade desejável para armazenamento de um alimento desidratado são inferiores a 10% (Angel et al., 2009). O menor valor foi obtido quando as condições operacionais estavam em maior temperatura e em valores intermediários de fator de enchimento, rotação e concentração de maltodextrina. Quando se alterou o valor de uma variável e manteve-se todas as outras constantes, foram observados comportamentos distintos: variando-se a rotação, o menor valor de umidade foi obtido para o maior valor desta variável; o mesmo ocorreu quando variou-se a concentração de maltodextrina e a temperatura, sendo que o aumento destas variáveis impactaram positivamente na remoção de umidade.

Tal impacto é justificado pela cinética de remoção de umidade ser superior com temperatura de ar de secagem maior, bem como o contato gás-sólido ser mais eficiente utilizando maior rotação do tambor de secagem (Limaverde Jr., 2000). Além disso, a adição de maltodextrina aumenta o conteúdo de sólidos totais da polpa, reduzindo a quantidade de água a ser evaporada, o que acarreta a diminuição da umidade dos pós produzidos. No entanto, ao modificar os valores de fator de enchimento notou-se um comportamento diferente, sendo que o menor valor de umidade é observado para um fator de enchimento intermediário.

3.2. Análise do rendimento (%)

Os rendimentos obtidos para o camu-camu desidratado com diferentes concentrações de maltodextrina estão expostos na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3- Rendimentos obtidos para diferentes concentrações de maltodextrina.

Experimento	Temperatura (°C)	Maltodextrina (%)	Enchimento (%)	Rotação (RPM)	Tg (°C)	Rendimento (%)
1	70	0	28	65	-4,27	38,23
2	70	10	28	65	36,05	49,85
3	70	15	28	65	41,43	52,32
4	70	20	28	65	48,79	52,08
5	70	30	28	65	43,86	46,73

Através da Tabela 3 observamos que a justificativa de se utilizar a maltodextrina como agente carreador está demonstrada pelo rendimento do Experimento 1, no qual foi obtido um produto com aspecto pegajoso, com partículas aglomeradas e com grande aderência às paredes internas do secador rotatório e ao material inerte, gerando um baixo rendimento. Com



a adição do agente carreador, ocorreu um aumento da temperatura de transição vítrea do material, estabelecendo uma maior estabilidade à secagem do material.

Visando um maior rendimento, através do aumento da temperatura de transição vítrea, foram utilizadas concentrações de maltodextrina de 10, 15, 20 e 30% para experimentos com temperatura, fator de enchimento e rotação constantes. A partir dos dados experimentais notou-se um aumento no valor do rendimento até uma concentração intermediária do agente carreador e, a partir deste ponto o rendimento decaiu. A partir disso, encontrou-se um ponto ótimo para a concentração de maltodextrina, sendo este o valor de 15%.

A partir dessa concentração de maltodextrina, variou-se a temperatura, mantendo a velocidade de rotação e o fator de enchimento constantes (Tabela 4). Verificou-se que o rendimento aumentou com o acréscimo da temperatura, entretanto, a diferença entre os experimentos 6 e 7 (90°C e 110°C) foi mínima, sendo preferencial neste caso a escolha do experimento de menor temperatura visando um menor gasto energético do processo.

Tabela 4- Rendimentos obtidos para diferentes temperaturas.

Experimento	Temperatura (°C)	Maltodextrina (%)	Enchimento (%)	Rotação (RPM)	Rendimento (%)
3	70	15	28	65	52,32
6	90	15	28	65	55,33
7	110	15	28	65	55,36

Definidos os melhores valores de concentração de maltodextrina e temperatura, avaliou-se o efeito da rotação e do enchimento no rendimento, cujos resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Rendimentos obtidos para diferentes enchimentos e rotações.

Experimento	Temperatura (°C)	Maltodextrina (%)	Enchimento (%)	Rotação (RPM)	Rendimento (%)
6	90	15	28	65	55,33
8	90	15	21	65	50,82
9	90	15	35	65	53,40
10	90	15	28	55	53,86
11	90	15	28	75	49,51

A partir da tabela 5 notou-se que à medida que o fator de enchimento aumentou, o rendimento também elevou-se, muito provavelmente por ampliar a superfície de contato entre o ar de secagem e o material a ser seco. Comparando-se os experimentos 6 e 9, que apresentam diferença apenas na variável enchimento, verificou-se que a diferença entre os rendimentos foi pequena, então optou-se por utilizar um valor intermediário de fator de enchimento (28%). Entretanto quando houve um incremento na rotação, o comportamento foi semelhante ao obtido para concentração de maltodextrina, ou seja, o rendimento decaiu. A partir disso, encontrou-se um ponto ótimo para a rotação também no experimento 6 (65 RPM), no qual o valor de rendimento obtido foi maior que nos experimentos 10 e 11.



Portanto, definiu-se o Experimento 6, no qual utilizou-se 15% de concentração de maltodextrina, temperatura do ar de secagem de 90°C, fator de enchimento de 28% e rotação igual a 65 RPM, como a melhor condição para maximização do rendimento e a mais adequada para processamento da polpa do camu-camu.

4. CONCLUSÃO

Observou-se que o procedimento de desidratação do camu-camu no tambor rotatório com recheio de inertes mostrou-se eficaz, uma vez que foram obtidos excelentes resultados nas análises, com atividades de água menores que 0,4 e umidades menores que 10%. O ponto ótimo do processo deu-se nas condições do experimento 6, ou seja, quando o agente carreador maltodextrina foi utilizado na porcentagem de 15%, diminuindo a pegajosidade do material e sua aderência nas paredes do tambor rotatório, e consequentemente, aumentando o rendimento, associada as variáveis temperatura de 90°C, fator de enchimento de 28%, rotação de 65 RPM.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGEL, R. M. C.; MUNOZ, L. C. E.; AVILES-AVILES, C.; GARCÍA, R.G.; SANTILLÁN, M.M.; LAGUNES, A. G.; ARCHILA, M. A. Spray-drying of passion fruit juice using lactose maltodextrina blends as the support material. *Braz. Arch. Biol. Techn.*, Curitiba-PR, v. 52, n. 4, p. 1011-1018, 2009.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. Gaithersburg, MD: AOAC, 1995.
- FREITAS, L. V. D. Estudo sobre a desidratação de microalgas em secador rotatório. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2017.
- FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, B.; GENOVESE, M. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). *Food Res Int*, v. 54, p. 495-500, 2013
- KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; KREMALIS, C. Process design of rotary dryers for olive cake. *Dry.Technol.*, v. 20, n. 4–5, p. 771–788, 2002.
- LIMAVERDE JR, J. R. Secador Rotatório com Recheio de Inertes Aplicado a Secagem de Materiais Pastosos. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, 78 p., 2000.
- RODRIGUES, R. B.; MENEZES, H. C.; CABRAL, L. M. C.; DORNIER, M., RIOS, G. M.; REYNES, M. Evaluation of reverse osmosis and osmotic evaporation to concentrate camu-camu juice (*Myrciaria dubia*). *J. Food Eng.*, v. 63, p. 97–102, 2004.